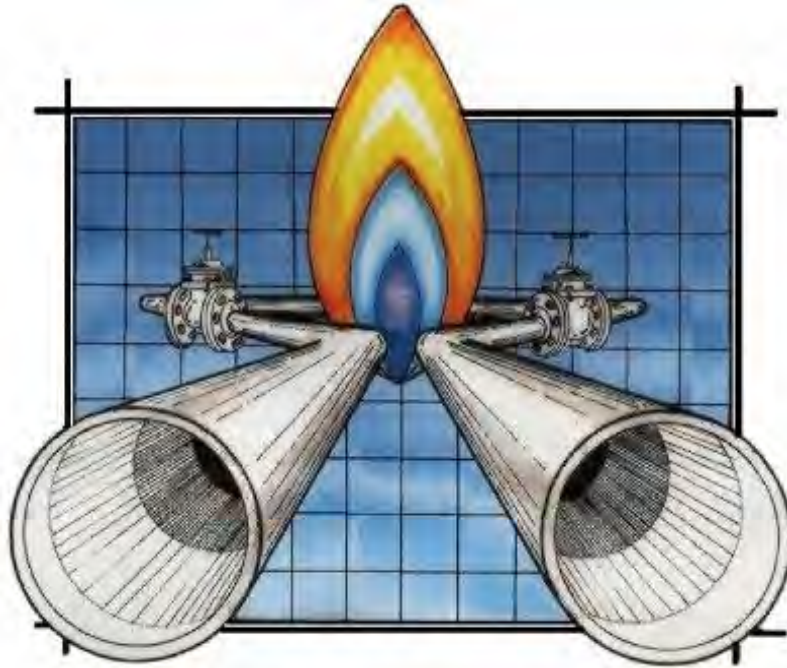


ANÁLISIS DE RIESGO SECTOR HIDROCARBUROS

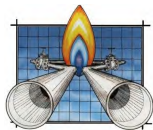
GNC HIDROCARBUROS, S.A. DE C.V.



Etapas de Diseño
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

Rev.	Fecha	Descripción	Cliente	
			Firma	Fecha
A	19-Oct-2020	Para revisión y comentarios		

Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos	SEGURIDAD	
	No. EYP-ARSH-102020-06	
Elaboró: Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.	Fecha: 19-October-2020	Página: 1 de 2



A. Objetivo

Las actividades de Aprovechamiento de Gas Natural es considerada una de las más importantes en la cadena del Sector Hidrocarburos en virtud de contribuir a mantener la estabilidad en las reservas así como apalancar otras actividades relacionadas; por tal motivo deben llevarse a cabo procedimientos que impidan poner en riesgo la Seguridad Industrial, Operativa y la Protección al Medio Ambiente.

Por lo anterior, el objetivo central es la identificación de los peligros potenciales; la evaluación de los riesgos asociados a factores externos, fallas en los sistemas de control, sistemas mecánicos, factores humanos y fallas en los sistemas de administración en la operación de la Estación de Descompresión (ED). Lo anterior con el fin de estimar la magnitud de los daños y/o efectos sobre los receptores de riesgo e implementar las medidas de prevención, control y/o mitigación efectivas para la protección de las personas, el medio ambiente y las instalaciones del Sector Hidrocarburos.

B. Alcance

El presente Análisis de Riesgos contempla el diseño ejecutivo para la construcción, instalación y operación de la Estación de Descompresión, propiedad de GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V., la cual será utilizada para descomprimir el Gas Natural Comprimido y almacenado en los tanques del contenedor móvil (camiones/tráileres), mismos que llegaran directamente a la Estación de Descompresión. La cual está conformada por un Sistema de Reducción de Presión (PRS) que reducirá la presión del gas natural, siendo conducido hasta la Estación de Medición (EM) para su inventario y posteriormente entregar el combustible al cliente.

Para los alcances descritos, se desarrollan las siguientes actividades:

- Recopilación, verificación, análisis y procesamiento de información, lo que incluye la revisión de la información proporcionada por el cliente y, en caso necesario, las modificaciones y/o actualizaciones correspondientes.
- Análisis preliminar de peligros utilizando la metodología de Lista de Verificación.
- Identificación de los peligros y evaluación de riesgos (análisis cualitativo) utilizando la metodología HazOp.
- Jerarquización de los riesgos identificados de acuerdo con los criterios establecidos en las matrices de riesgos.
- Diferenciación por importancia de los factores que contribuyen a los riesgos identificados.
- Estimación de la frecuencia cuantitativa de los escenarios de accidentes postulados en zonas de riesgo Serio (B) y Alto (A) del análisis cualitativo de riesgos, utilizando la metodología de árboles de fallos (Análisis Cuantitativo).
- Fundamentación de escenarios de accidentes y evaluación de sus consecuencias con el software PHAST Versión 6.7.
- Priorización de las mejoras propuestas y medidas de control de acuerdo con la importancia de los riesgos que previenen o mitigan los Riesgos.
- Elaboración del reporte que integre la información resultante de los puntos anteriores y los documentos recopilados.



ÍNDICE

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	2
I.1. Criterios y Normas Consideradas en las Bases de Diseño del Proyecto.	3
I.2. Proyecto.....	5
I.2.1 Características de Equipos Principales y Auxiliares.	5

TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de localización del Proyecto.	3
Tabla 2. Características de equipos principales y auxiliares del Proyecto.....	6
Tabla 3. Sistema de tuberías de la Estación de Descompresión.	8

FIGURAS

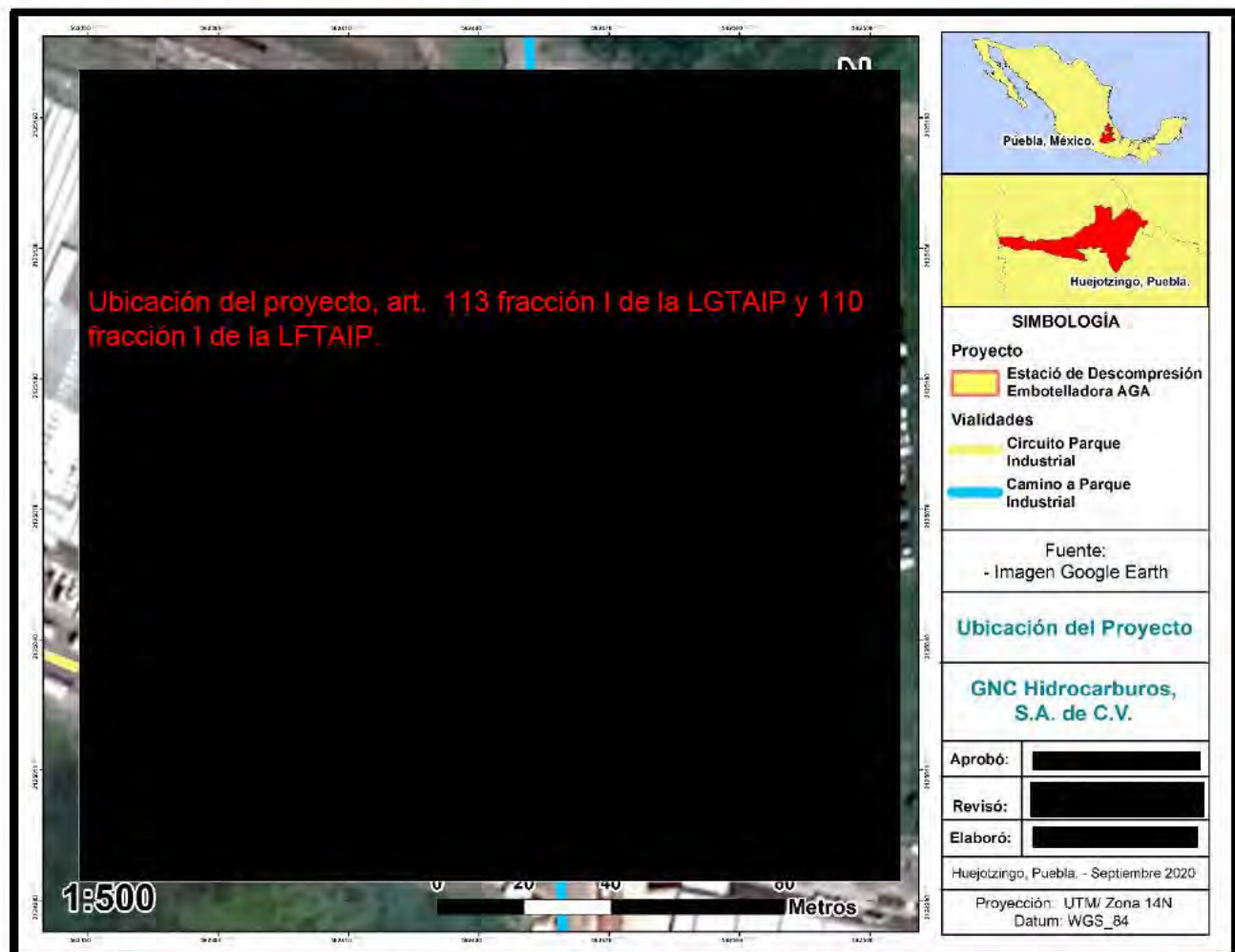
Figura 1. Localización del Proyecto.	2
Figura 2. Plano de Arreglo General de la Estación de Descompresión.	6
Figura 3. Ubicación de la Señalética contemplada en la Estación de Descompresión.....	11
Figura 4. Señalética contemplada en la Estación de Descompresión.	11



I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El presente proyecto consiste en el diseño ejecutivo para la construcción, instalación y operación de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA (**PROYECTO**), propiedad de GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V., será utilizada para descomprimir el Gas Natural Comprimido (GNC) y almacenado en los tanques del contenedor móvil (camiones/tráileres), con el fin de suministrar Gas Natural para uso Industrial. La Estación de Descompresión está ubicada en la Embotelladora AGA ubicada en Calle 2 y 7, manzana H, parque industrial Quetzalcóatl, C.P. 74160 Huejotzingo, Puebla. (Ver Figura 1).

Es importante mencionar que el análisis de riesgo está enfocado a la etapa de Diseño. El Proyecto contempla iniciar operaciones en el mes de marzo de 2022.



Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.
Figura 1. Localización del Proyecto.

La Estación de Descompresión tendrá la capacidad de recibir el Gas Natural Comprimido a través de los Transportes viales con tanques Contenedores de GNC, los cuales son llenados con Gas Natural en la Estación de Compresión (Estación Madre). Los tanques son descargados (Alta presión de aproximadamente 253 kg/cm² (3600 Psi)) a través de mangueras especiales que alimentan al equipo de descompresión de la Estación de Descompresión (Estación Hija). El



equipo de descompresión reduce la Presión y Alto flujo a través de válvulas reguladoras hasta 4.00 kg/cm² (56.89 Psi), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Una vez que la presión es significativamente reducida, se requerirá un equipo de calentamiento que eleve la temperatura del gas, mismo que consiste en una bobina eléctrica sumergida en glicol caliente que calienta un circuito de agua, que por transferencia de calor evita que el gas pueda alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de la unidad de descompresión.

La instalación de la Estación de Descompresión ocupará una superficie de 365.35 m², distribuida de la siguiente manera:

- Área de Equipos: 2.10 m²
- Área de Estación de Medición: 3.92 m²
- Área de descarga: 231.11 m²
- Área de servicios: 50.12 m²
- Área de circulación peatonal: 78.10 m²
- Área Total de la ED: 365.35 m²

Cabe señalar que, el proyecto se desarrollará en una (1) etapa, la cual contará con un (1) sistema de reducción de presión (PRS) que cuenta con una resistencia eléctrica para controlar la temperatura del gas descomprimido.

El diseño, construcción y operación del Proyecto está basada en la NOM-010-ASEA-2016.

En la **Tabla 1** se indican las coordenadas de localización de los vértices que comprenden el polígono donde se instalarán los equipos principales y auxiliares de la Estación de Descompresión:

Tabla 1. Coordenadas UTM de localización del Proyecto.

Vértice	UTM Datum WGS 84 Z 11 N	
	X	Y
1		
2		
3		
4		

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

I.1. Criterios y Normas Consideradas en las Bases de Diseño del Proyecto.

Criterios de Diseño de Equipos

Todos los equipos se diseñarán para una vida mínima de 20 años.

Límites y Conexiones.

Los límites de batería deben estar de acuerdo con los P&ID del proyecto, los planos de disposición general, el alcance del suministro y la ubicación proporcionada por AGA Embotelladora y la ubicación acordada de los puntos de conexión. AGA Embotelladora



proporcionará los puntos de conexión mecánicos, eléctricos y de control antes del inicio del diseño.

Selección de Materiales.

Los materiales para los principales sistemas de tuberías y válvulas de gas de proceso cumplirán con los requisitos de ASME B31.8.

Los ductos de gas en baja presión que se utilizará en el tendido de la línea de la interconexión del Equipo de Descompresión y la EM son en Acero al carbón, Cedula 40, API 5L GRADO B, la cual es fabricada bajo las Normas Oficiales Mexicanas NOM-B-10-1986 y NOM-B-177-1990, sin costura laminada en caliente, superficie barnizada, con extremos biselados de 3” de diámetro como cabezal principal.

Todos los equipos, sistemas, instalaciones y obras complementarias que integran la Estación se diseñaron bajo la siguiente normatividad:

Normas Nacionales

- **Normas Oficiales Mexicanas**

NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del gas natural
NOM-002-SECRE-2010	Instalaciones para el aprovechamiento de gas natural
NOM-003-ASEA-2016	Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de gas natural
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.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad-prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática en los centros de trabajo – condiciones de seguridad.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades y medidas.

- **Normas Mexicanas**

NMX-B-010-1986	Industria siderúrgica tubos de acero al carbono sin costura o soldados, negros o galvanizados por inmersión en caliente para usos comunes.
NMX-B-177-1990	Tubos de acero al carbón con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente.



Códigos, estándares y especificaciones internacionales.

- **ASME - American Society of Mechanical Engineers**

ASME B 31.8 Gas transmission and distribution piping systems

- **API – American Petroleum Institute**

API 5L-2000 Specification for line pipe.

Ver Anexo 2, inciso k. Bases de Diseño.

I.2. Proyecto.

I.2.1 Características de Equipos Principales y Auxiliares.

El alcance de las instalaciones del Proyecto, comprende las siguientes áreas, sistemas y equipos (**Ver Figura 2**):

Áreas:

- Área de Descompresión
- Área de Servicios Propios (Taller de Mantenimiento / Cuarto de Tableros).
- Área de Patio de Maniobras.

Sistemas:

- Sistema de Tubería de Gas Natural en Alta Presión.
- Sistema de Tubería de Gas Natural en Baja Presión.
- Sistema Reductor de Presión (PRS).
- Sistema de Administración de Gas.
- Sistema de Alumbrado y Contactos.
- Sistema de Distribución de Fuerza Eléctrica.
- Sistema de Tierra Física.
- Sistema de Pararrayos.
- Sistema de Voz y Datos.
- Sistema de Monitoreo, Seguridad y Alarmas.
- Sistema de Drenajes de Aguas Negras y Pluviales.
- Sistema de Agua Potable.

Equipos:

- PRS Sistema de Reducción de Presión.
- Tablero de Distribución de Alumbrado y Contactos.

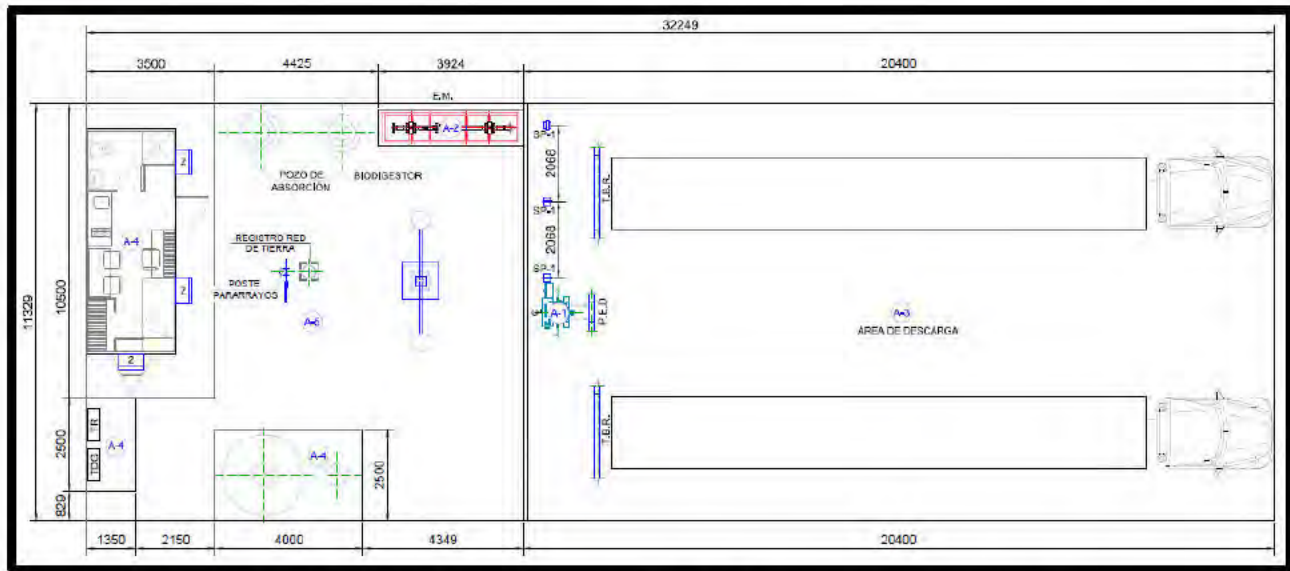


Figura 2. Plano de Arreglo General de la Estación de Descompresión.

Para mayor detalle, Ver Anexo 2, a. Plano de Arreglo General y Ubicación.

A continuación, se presentan las características de los equipos principales y auxiliares que se utilizarán en el proceso, donde se especifica la clave de identificación, dimensiones, condiciones de operación, sistemas de control y seguridad de procesos, entre otros (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Características de equipos principales y auxiliares del Proyecto.

Descripción		Equipo de Descompresión	Estación de Medición
TAG		PRS-500	EM
Año de fabricación*		Nuevo	Nuevo
Capacidad		500 Sm ³ /h	---
Dimensión		1.32 X 1.1 m	---
Código de diseño		---	---
Materiales de construcción		Acero al Carbón	Acero al Carbón
Presión de Operación kg/cm²	Mínima	30 bar	3.92 bar
	Normal	250 bar	---
	Máxima	---	---
Presión de Diseño kg/cm²	Mínima	15 bar	---
	Normal	---	---
	Máxima	310 bar	3.92 bar
Temperatura de Operación °C	Mínima	-15	-15
	Normal	---	---
	Máxima	40	25
Temperatura de Diseño °C	Mínima	10	---
	Normal	---	---
	Máxima	30	25
Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención		Sistema de paro de Emergencia (ESD) Indicadores y Transmisores de Presión (PI y PT) Indicadores y Transmisores	Indicadores de Presión (PI). Transmisores de temperatura (IT y TT).



	de temperatura (IT y TT) Válvulas de seguridad de presión (PSV) Sistema de Venteo Válvulas controladoras de presión (PCV) Alarma audible	
Ubicación	Área de Equipos	Área de la Estación de Medición

Características y diseño.

El equipo de Descompresión (PRS) contará con su propio PLC (Dispositivo Lógico Programable), El PLC se encargará de iniciar y parar el PRS, monitoreando continuamente las condiciones de operación, estado y alarmas asociadas.

La unidad PRS tendrá un sistema de paro de emergencia (ESD Emergency shut down) que incorporará pulsadores tipo “hongo” ubicados en sitios claves. El sistema apagará automáticamente de forma segura y aislando el PRS de la entrada de gas.

La tubería de acero que se utilizará en el tendido de la línea de la interconexión entre el Equipo de Descompresión y la Estación de Medición de gas natural es API 5L GRADO B, la cual es fabricada bajo las Normas Mexicanas NMX-B-10-1986 y NMX-B-177-1990, sin costura laminada en caliente, superficie barnizada, con extremos biselados y con el espesor indicado en el cálculo de tuberías.

La velocidad del flujo del Gas Natural no excede los 25 m/s.

La tubería y/o tubo flexible en equipos dinámicos se instalarán de forma más directa, con las medidas de protección adecuadas para resistir expansión, contracción, vibración, golpes y asentamiento del suelo.

Las tuberías instaladas arriba del nivel del piso estarán protegidas contra daños mecánicos y corrosión atmosférica.

Las uniones y/o conexiones roscadas y/o bridadas deben estar en un lugar accesible para su inspección y mantenimiento.

En la recepción de gas natural, este llegará en remolques de GNC al Equipo de Descompresión, por medio de una manguera especial la cual se conecta con una tubería de acero Inoxidable sin costura, también conocida como “seamless”, el cual es un tubo de acero inoxidable extruido que no tiene cordón de soldadura en su interior y se fabrica generalmente en tipo 316 o 316L, bajo en carbón.

El equipo de Descompresión tiene una capacidad de 500 Sm³/h y cuenta con sensores para monitorear presión y temperatura en cada etapa de la descompresión.

Las obras mecánicas se iniciarán en la Estación de Medición (EM), la cual será construida, suministrada e instalada por la empresa distribuidora del gas natural local, cumpliendo con las especificaciones y diseños de su propiedad.



El equipo de Descompresión de GNC reducirá la presión del gas y lo dirigirá a la Estación de Medición, la cual realizará la medición del gas que será entregado al cliente a una presión de 4.00 kg/cm² (56.89 Psi).

La Presión de diseño de las tuberías de alta presión debe ser al menos 10% mayor a la presión máxima de operación.

Se usarán bridas o conexiones de Ac. Inoxidable en líneas de alta presión, compatibles con la presión de operación de la tubería y no se permitirá su uso en líneas que queden enterradas sin ser registrables para su inspección y mantenimiento.

Como medida de seguridad, las instalaciones contemplan el uso de manómetros (indicadores de presión) en los puntos siguientes:

- Estación de Medición
- Equipo de Descompresión

Los manómetros serán capaces de medir por lo menos 1.2 (uno punto dos) veces la presión de disparo del dispositivo de relevo de presión del sistema.

Ver Anexo 2, b. Planos de Equipos.

Es importante aclarar que la Estación de Descompresión no contará con un Área de Almacenamiento como tal, debido a que las áreas de la ED- están diseñadas para la descompresión del Gas Natural Comprimido que se recibe de los tanques de almacenamiento del contenedor móvil (camión), dichos tanques cuentan con una capacidad total de 11,000 m³ (equivalencia aproximada a 6,710 kg de Gas Natural) y con una presión de almacenamiento de 3,600 Psi. El equipo de descompresión (PRS) tiene una capacidad de 500 Sm³/h.

Por lo anterior, y derivado a que el proceso de descompresión incluye solo un sistema de descompresión, no está considerado el almacenamiento del producto, por lo que no se requieren recipientes y/o envases de almacenamiento.

Así mismo, en la **Tabla 3**, se muestra el sistema de tuberías que conforman las áreas de la Estación de Descompresión, así como la cantidad de gas natural (en kilogramos) almacenado en cada línea.

Tabla 3. Sistema de tuberías de la Estación de Descompresión.

ID	Líneas de conducción y/o almacenamiento de GN.	Etiqueta	Longitud de la línea (m)	Diámetro nominal (Pig)	Presión máxima de Trabajo (kg/cm ²)	Velocidad del flujo (m/s)	Cantidad de gas (kg)
1	Gasoducto de descarga a equipo de descompresión	1.5"-GN-102#-AC2-CED40-500 Sm ³ /h	1	1.50	4.00	30.12	4.05
2	Gasoducto de descarga de descompresor a estación de medición	3"-GNC-AC-CED40STD-500 Sm ³ /h	7	3.00	4.00	8.29	79.03
Total							83.08



Para mayor detalle, **Ver Anexo 4, a. Gas Empacado**

Pruebas de tubería:

Se deben realizar pruebas radiográficas en el 100% de las soldaduras, las que por complicación geométrica no puedan ser radiografiadas, se les aplicara la prueba de líquidos penetrantes o partículas magnéticas por un laboratorio acreditado.

La tubería, tubos flexibles, Conectores y Componentes deben ser capaces de soportar una prueba neumática con presión de 1.1 veces la presión de operación como mínimo, sin que se presente fuga.

Todas las tuberías deberán estar identificadas de acuerdo con la NOM-026-STPS-2008, indicando sentido de flujo, presión de trabajo y contenido del fluido.

No se usarán los materiales siguientes en la instalación de la Estación:

- Tubos, conectores y componentes de plástico para servicio de alta presión.
- Tubos y conectores galvanizados.
- Tubo, tubo flexible y conectores de aluminio.
- Aleaciones de cobre con más de 70% de cobre, y conectores, codos y otros componentes de fierro colado.

Las válvulas, empaques de válvulas y material de empaque serán los adecuados para soportar gas natural a las presiones y temperaturas a las cuales estarán sujetas bajo condiciones de operación. Las válvulas supresoras de flujo accionarán a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentren instaladas.

Soldadura.

La Calificación de los Soldadores para tuberías en Estaciones, de acuerdo con establecido en el código ASME B31.8: "Sistemas de Tubería para Transporte y Distribución de Gas", deben realizarse bajo los requerimientos de ensayos mecánicos destructivos indicados en la NORMA API 1104.

Obras Civiles

Área de Plataforma de Descarga de Remolques. Esta área será desarrollada sobre una plancha de concreto ya existente. Los caminos contarán con un ancho mínimo de 6 m y el trazado y radio de las curvas permitirá la maniobra adecuada de remolques.

Área de Equipo de Descompresión. El equipo descansará sobre una base de concreto reforzado y estará 0.20 m arriba del nivel de piso ya existente.

El área cuenta con extintor contra incendios, diversos letreros y señalamientos de seguridad y postes de protección, los cuales estarán diseñados como a continuación se describe:

Deben estar espaciados no más de 1.00 m entre caras interiores, enterrados verticalmente no menos de 0.90 m bajo NPT, con altura mínima de 0.90 m sobre NPT. Deben ser de cualquiera de los siguientes materiales:

- Concreto armado: De al menos 0.20 m de diámetro;
- Tubería de acero al carbono: Cédula 80, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal



- Tubería de acero al carbono: Cédula 40, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal, rellena con concreto.

Las protecciones antes señaladas deben marcarse con franjas diagonales alternas amarillas y negras, y estar ubicadas a cuando menos 1.00 m del sistema expuesto a impacto vehicular.

Área de Cuarto Eléctrico y Control, Baño, almacén de refacciones y Taller.

En el proyecto “embotelladora AGA” será utilizada una caseta móvil, la cual será instalada sobre una plancha de concreto quedando 15 cm como mínimo por arriba del nivel de piso ya existente.

Área de Acometida de Gas o de Estación de Medición (EM). La Estación de Medición estará descansada sobre una base de concreto reforzado con dimensiones y resistencia apropiada para soportar las cargas a las que refiere, quedando a un nivel de 10 cm por arriba del nivel de piso ya existente.

Área de Patio de Maniobras. El proyecto se desarrollará sobre un área, la cual ya cuenta con su plataforma de terracerías trabajadas y una capa de asfalto para circulación, no será necesario realizar estudios y acondicionamientos de terracerías.

En el área por donde se transportarán las tuberías de gas descomprimido se colocarán soportes, con los cuales se dirigirá la tubería hasta la estación de medición de manera aparente.

Ver Anexo 2, e. Planos Civiles de Cimentaciones.

Obras eléctricas.

El equipo de Descompresión, requiere de energía eléctrica, para lo cual se contempla que el usuario final instale una acometida eléctrica de servicio continuo, a 440V, 3F, 3H +T, 60 Hz. Esta acometida quedará cerca del equipo integrado de descompresión, fuera de los límites de áreas clasificadas que genera el propio equipo, es decir a 4.6 m de distancia, para que de ahí se realice una instalación convencional hasta el punto de conexión sobre el equipo, la cual alimenta eléctricamente al Módulo de Control de Temperatura (HCM), quien realiza la distribución de energía de fuerza y control para la operación del sistema de descompresión.

Algunos equipos del sistema de descompresión pueden generar atmósferas explosivas que se representan acorde a la sección cinco de la NOM-001-SEDE-2012. Las instalaciones eléctricas están diseñadas para cumplir los requerimientos de seguridad, para su instalación en áreas clasificadas de acuerdo con lo indicado en las Normas.

Como el equipo de descompresión debe estar conectado a tierra física, se instalará una malla simple para unificar y poder aterrizar los equipos por medio de una varilla cooperweld, la cual deberá considerar en su instalación final el usuario del equipo.

Las instalaciones eléctricas están diseñadas para cumplir los requerimientos de seguridad, para su instalación en áreas clasificadas de acuerdo con lo indicado en las Normas.

**Ver Anexo 2, i. Planos del Sistema de Pararrayos y
j. Planos del Sistema de Tierras Físicas.**



Sistema Contra Incendio.

De acuerdo a la Ingeniería de Diseño, en la Estación de Descompresión se instalarán 3 extintores; 2 de Polvo Químico Seco de 9 kg, distribuidos en las áreas contempladas para la Descompresión de Gas Natural y Área de Medición, y 1 extintor de CO₂ de 9 kg para el área del tablero eléctrico.

Las áreas citadas y a contemplarse para la colocación de los extintores y señalética, se encuentran indicadas en la **Figura 3**.

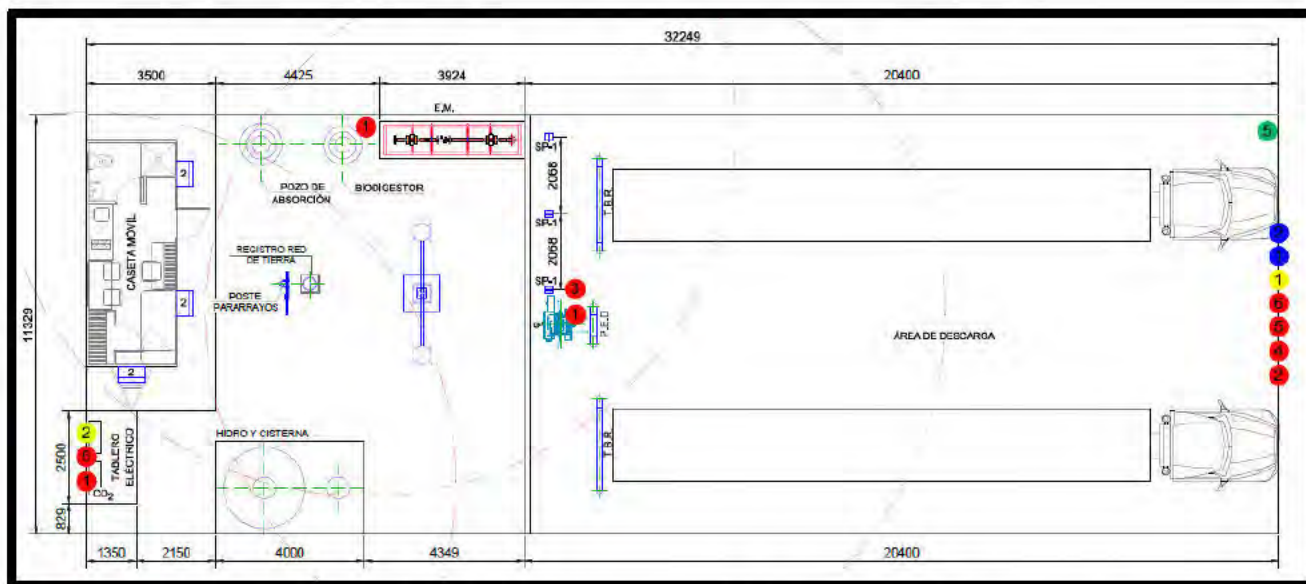


Figura 3. Ubicación de la Señalética contemplada en la Estación de Descompresión.

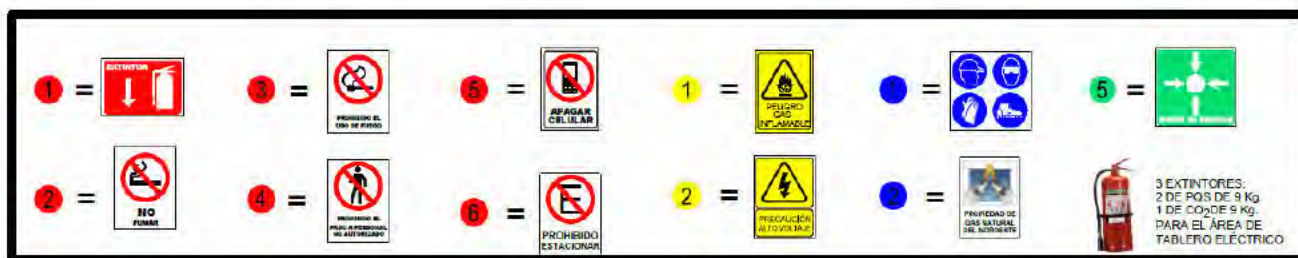


Figura 4. Señalética contemplada en la Estación de Descompresión.

Para mayor detalle, Ver Anexo 2, h. Plano de ubicación de Extintores y Señalética



ÍNDICE

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.	2
II.1. Descripción detallada del Proceso.	2
II.1.1. Diagrama de Flujo del Proceso.	4
II.1.2. Propiedades de las Sustancia involucrada.	5
II.1.3. Condiciones de Operación.	6

TABLAS

Tabla 1. Balance de Materia de la Estación de Descompresión.	4
Tabla 2. Condiciones de Operación y características de las líneas de proceso y servicios auxiliares.	6
Tabla 3. Resumen de la sustancia involucrada.	6

FIGURA

Figura 1. Diagrama de Flujo de Proceso del Proyecto.	4
---	---



II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

El presente proyecto consiste en el diseño ejecutivo para la construcción, instalación y operación de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA (**PROYECTO**), propiedad de GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V., será utilizada para descomprimir el Gas Natural Comprimido (GNC) y almacenado en los tanques del contenedor móvil (camiones / tráileres), con el fin de suministrar Gas Natural para uso Industrial.

La Estación de Descompresión tendrá la capacidad de recibir el Gas Natural Comprimido a través de los Transportes viales con tanques Contenedores de GNC, los cuales son llenados con Gas Natural en la Estación de Compresión (Estación Madre).

II.1. Descripción detallada del Proceso.

La Estación de descompresión inicia su operación con la recepción de los remolques que cuentan con una capacidad de 11,000 m³ y con una presión de almacenamiento de 3,600 Psi.

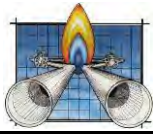
- El Gas Natural es entregado por medio de transportes viales con Tanques Contenedores de GNC, los cuales fueron llenados con GNC en la Estación de Compresión / Estación Madre, la cual puede abastecer a una o varias Estaciones de Descompresión / Estación Hija, estas pueden estar localizadas en diferentes lugares y distancias. Estos contenedores contienen tanques conectados en paralelo, cada tanque cuenta con su válvula de aislamiento y válvula de seguridad. Estos tanques están unidos con una tubería común que termina en una toma de llenado por donde también se hace el vaciado de los mismos. Todos los tanques están confinados dentro de un rack de tal forma que permita su revisión y que evite la fricción o golpeteo entre ellos mismos.

La Estación de Descompresión trabaja en forma continua, para realizar la operación de descarga de los remolques, se conectan a las mangueras de conexión de la unidad PRS-500, el cual consiste en un conjunto de elementos los cuales se encargan de realizar la descarga que va desde los tanques de los módulos a la línea de entrada de la PRS.

Los tanques serán descargados a través de las mangueras de conexión de la unidad PRS-500 donde se descargan en la Estación de Descompresión, a través de una tubería el gas es enviado a alta presión de aproximadamente 253 kg/cm² (3600 Psi), a la unidad PRS-500. En la PRS a través de válvulas reguladoras se reduce la presión del gas hasta 4.0 kg/cm² (56.89 Psi), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Para que el GNC logre llegar a la PRS, tiene que seguir la secuencia descrita a continuación:

- El modulo con GNC es conectado a las mangueras especiales de conexión de la PRS, las cuales son conectadas desde el manifold de los módulos por medio de conectores rápidos hembra / macho y llegan hasta las válvulas reductoras de presión.
- Por medio de estas mangueras fluye el Gas Natural Comprimido desde el contenedor hasta la entrada de la PRS (Sistema Reductor de Presión) y así iniciar el proceso de descompresión. El PRS-500 permite la conexión de 2 contenedores de forma simultánea, lo que permite realizar de forma manual el cambio de contenedores sin necesidad de detener el proceso.



- El equipo de descompresión tiene una capacidad de 500 Sm³/h y cuenta con sensores para monitorear presión y temperatura en cada etapa de la descompresión.
- En el equipo de descompresión a través de válvulas reguladoras reduce la presión del Gas Natural Comprimido hasta 4.00 kg/cm² (56.89 Psi), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Como la diferencia de presión es muy significativa, el gas puede alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de la unidad de descompresión, requiriendo un equipo de calentamiento que eleve la temperatura del gas natural por medio de transferencia térmica, por lo que el equipo cuenta con una bobina eléctrica que se encuentra sumergida en glicol con el fin de que el calor de esta no se pierda, y así poder tener un mayor aumento de temperatura. El equipo utilizado para este propósito se llama control inteligente de temperatura, que es simplemente una bobina sumergida en glicol que calienta y por transferencia de calor, evita el congelamiento de los componentes y tuberías del equipo de despresurización o PRS.

Este enfriamiento en el gas natural es detectado por los sensores de temperatura, los cuales mandan una señal al panel de control para aumentar la temperatura en el calentador y con ello aumentar la transferencia de calor.

Al momento que el panel de control recibe la señal para aumentar la temperatura en el calentador, instantáneamente el gas natural comienza a aumentar la temperatura hasta llegar a una temperatura de 20° C.

Todos los parámetros que se miden son enviados al cuarto de control para verificar el correcto funcionamiento del equipo.

Después de pasar por el equipo de descompresión el gas natural es conducido por una tubería de 3" Ø Ced. 40, a la Estación de Medición (ubicada en las coordenadas geográficas [REDACTED] "N y [REDACTED] "O) la cual cuenta con un medidor de turbina Actaris Itrón Modelo G-100 de 3" de Ø bridado RF en ANSI 150, además de dos indicadores de presión y un transductor de temperatura.

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

- El volumen de gas consumido o suministrado a cada Estación Hija se deberá medir a través de la turbina instalada en la salida del PRM, y la suma de todas las turbinas indicara el volumen consumido si es que se cuenta con varias empresas consumidoras.

La entrega de gas natural al cliente es a una presión de 4.00 kg/cm² (56.89 Psi).

Uno de los puntos más importantes que no se deben olvidar en este tipo de estaciones, es la seguridad, la cual ha sido considerada para que el personal operario tenga acceso a esta de manera inmediata. Es decir, existen botones de paro de emergencia en equipo de descompresión, los cuales, al ser activados, des-energizan totalmente los sistemas de descompresión, cierran válvulas de succión y descarga. Seguido de lo anterior la activación de una alarma audible y sonora indica situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos.

Los sistemas electrónicos de los equipos de descompresión requieren de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y



temperatura, indicadores de presión, temperatura y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc. Dispositivos con los que se monitorea permanentemente los parámetros y condiciones de los equipos y de igual manera condiciones para provocar un paro de emergencia como puede ser detección de una concentración de mezcla de gas explosiva en el ambiente, altas presiones de descarga, etc., lo que significa que el sistema es inteligente y seguro.

Ver anexo 4, b. Filosofía de Operación y c. Descripción General.

II.1.1. Diagrama de Flujo del Proceso.

En la **Figura 1** se muestra el Diagrama de Flujo de Proceso de Recepción – Descompresión - Medición de Gas Natural de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA. Ver Anexo 2, c. Diagrama de Flujo de Proceso.

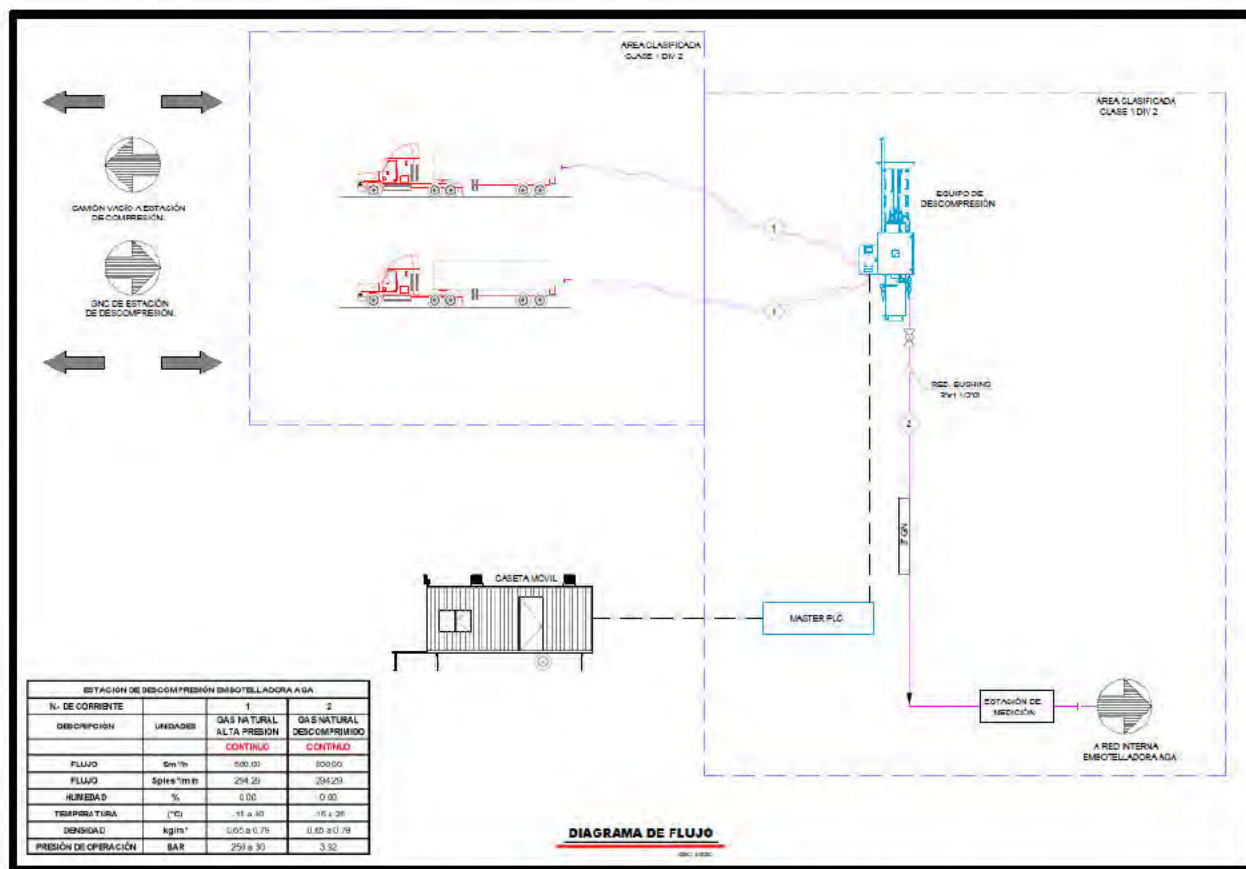


Figura 1. Diagrama de Flujo de Proceso del Proyecto.

Tabla 1. Balance de Materia de la Estación de Descompresión.

N. de Corriente		1	2
Descripción	Unidades	Gas natural alta presión	Gas natural Descomprimido
		continuo	continuo



N. de Corriente		1	2
Descripción	Unidades	Gas natural alta presión	Gas natural Descomprimido
		continuo	continuo
Flujo	Sm ³ /h	500.00	500.00
Flujo	Spies ³ /min	294.29	294.29
Humedad	%	0.00	0.00
Temperatura	(°C)	-15 a 40	-15 a 25
Densidad	Kg/m ³	0.65 a 0.79	0.65 a 0.79
Presión de operación	BAR	250 a 30	3.92

II.1.2. Propiedades de las Sustancia involucrada.

La sustancia química peligrosa involucrada en la etapa de operación del proyecto, es el Gas Natural¹, este se encuentra en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (LAAR). A continuación, se describen los componentes y propiedades Físico-Químicas de estos combustibles:

Nombre común: Gas Natural.

Numero CAS: 8006-14-2

Familia química: Hidrocarburos del petróleo

Peso molecular: 16,042 kg/mol

Estado físico, color y olor: Gas incoloro, inodoro e insípido.

Punto de fusión / punto de congelación: -182 °C

Punto de ebullición o punto de ebullición inicial e intervalo de ebullición: - 165.5°C.

Inflamabilidad: Extremadamente inflamable.

Punto de inflamación: -222°C

Temperatura de ignición espontánea: 525.22°C

Límites de Explosividad: Inferior 4.5 % - Superior 14.5 %

Densidad o densidad relativa: 0.5540 (Agua = 1) @ 0°/4°C

Densidad relativa de vapor: 0.61 @ 15,5°C (más ligero que el aire)

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -160°C. Por razones de seguridad, se le añade mercaptano, un agente químico que le da un olor a huevo podrido (H₂S), con el propósito de detectar fugas de esta sustancia.

Es una mezcla de hidrocarburos ligeros, compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos; además de lo anterior, cuenta con otros componentes tales como el CO₂, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno, su composición nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno

¹ Listado de Actividades Altamente Riesgosas (LAAR), Cantidad de Reporte a partir de 500 kg.



(CH₄). Cabe mencionar, que el metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y emite muy poca contaminación. Por lo anterior, el Gas Natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía; es más ligero que el aire y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Además, presenta ventajas ecológicas, ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

Así mismo, el gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero que actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira; por lo que en altas concentraciones puede producir asfixia.

Ver Hoja de Datos de Seguridad del GN en **Anexo 3, a. HDS Gas Natural.**

II.1.3. Condiciones de Operación.

Las condiciones de operación en el punto de Recepción – Descompresión - Medición de Gas Natural de la Estación de Descompresión son las siguientes:

Tabla 2. Condiciones de Operación y características de las líneas de proceso y servicios auxiliares.

Instalación	Tubería		Condiciones de operación	
	Diámetro	Material	Presión	Temperatura
Mangueras de descarga de GNC del Equipo de Descompresión	1" Ø	Plástica/Malla metálica	248.21 Bar	-15 a 40 °C
PRS a EM	3" Ø	Acero al Carbón	3.92 Bar	-15 a 25 °C
EM a ducto (cliente)	3" Ø	Acero al Carbón	3.92 Bar	-15 a 25 °C

Todo lo anterior se resume en la **Tabla 3** a continuación:

Tabla 3. Resumen de la sustancia involucrada.

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Flujo máximo	Concentración	Presiones de operación	Cantidad de reporte en los LAAR.
		C	R	E	T	I				
Gas Natural (metano)	8006-14-2			X		X	500.00 Sm ³ /h (294.29 Spies ³ /min)	100%	248.21 a 3.92 Bar	500 kg



ÍNDICE.

III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.	3
III.1. Aspectos Abióticos.	4
III.1.1. Clima.	4
III.1.2. Geología.....	7
III.1.3. Geomorfología.	8
III.1.4. Suelo.	10
III.2. Factores Bióticos.	13
III.2.1. Flora.	13
III.2.2. Fauna.	14
III.3. Susceptibilidad del Sitio del Proyecto.	15
III.3.1. Vulcanismo.....	16
III.3.2. Terremotos (sismicidad).....	21
III.3.3. Corrimientos de tierra.....	28
III.3.4. Hundimientos y Subsidiencias.	34
III.3.5. Inundaciones.....	36
III.3.6. Erosión (Pérdida de Suelo).....	38
III.3.7. Contaminación del Agua Superficiales (Contaminación por Escurrimientos y Erosión)	39
III.3.8. Huracanes (Ciclones Tropicales).	39
III.3.9. Otros efectos meteorológicos adversos.	43
III.3.10. Riesgos radiológicos.	53
III.4. Zonas Vulnerables de Población.	53
III.5. Componentes Ambientales.....	53
III.6. Infraestructura vial e industrial.....	54
III.7. Uso de suelo.....	57

TABLAS.

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA.	3
Tabla 2. Normales climatologías históricas (1951-2010).	6
Tabla 3. Registro de erupciones sucedidas en el volcán Popocatepetl.	17
Tabla 4. Regiones Sísmicas Importantes y Existentes en el Municipio de Huejotzingo.	22
Tabla 5. Escala modificada Mercalli de Intensidades de Sismos.....	24



Tabla 6. Afectaciones recientes por deslizamientos en el Municipio de Huejotzingo.	29
Tabla 7. Afectaciones recientes por derrumbes en el Municipio de Huejotzingo.	31
Tabla 8. Afectaciones Recientes por Flujos en el Municipio de Huejotzingo.	34
Tabla 9. Escala Saffir – Simpson.	41
Tabla 10. Parámetros de intensidad considerados para temperaturas máximas y mínimas en base a CENAPRED.	45
Tabla 11. Afectaciones por granizo en el Municipio de Huejotzingo.	49
Tabla 12. Clasificación de los tipos de Tormentas Eléctricas.	52
Tabla 13. Proximidades con Infraestructura Vial en un radio de 500 m.	54
Tabla 14. Proximidades con Infraestructura Industrial para un radio de 500 metros.	55
Tabla 15. Tabla de uso de suelo para un radio de 500 m.	57

FIGURAS.

Figura 1. Ubicación del proyecto Estación de Descompresión Embotelladora AGA.	4
Figura 2. Clima presente en el Sitio del Proyecto.	5
Figura 3. Características Litológicas en el Sitio del Proyecto.	8
Figura 4. Relieve (Curvas de Nivel y Sistema de Topoformas) presente en el Sitio del Proyecto.	10
Figura 5. Edafología presente en el Sitio del Proyecto.	13
Figura 6. Incidencia del Proyecto en la Zonas Sísmicas de la República Mexicana (CFE - 2015).	27
Figura 7. Incidencia del Proyecto en el Índice de Riesgo por Inundaciones, Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.	38
Figura 8. Infraestructura Vial para el sitio del Proyecto en un radio de 500 m.	55
Figura 9. Infraestructura Industrial para el sitio del Proyecto en un radio de 500 m.	57
Figura 10. Uso de Suelo presente en el Sitio del Proyecto.	58



III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

El presente proyecto promovido por GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V., corresponde a la construcción de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA, la cual será utilizada para descargar el Gas Natural, que llegue en los remolques, descomprimir dicho gas, para su distribución y uso industrial en la empresa Embotelladora AGA Planta Puebla.

La construcción para la Estación de Descompresión Embotelladora AGA contará con un (1) Sistema de Reducción de Presión (PRM) que cuenta con una resistencia eléctrica para controlar la temperatura. El proyecto incluye área de panel de decantación, área de descompresión, área de servicios propios (taller de mantenimiento / cuarto de tableros), panel de control, estación de medición y área de patio de maniobras.

El diseño de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA, está basado en la **NOM-010-ASEA-2016**, Gas Natural Comprimido. Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de agosto de 2017.

El proyecto de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA, ocupara una superficie de 365.35 m², ubicada en el Circuito Industrial del Parque Industrial Quetzalcóatl, el cual se encuentra en el Municipio de Huejotzingo, Estado de Puebla, en las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA.

Vértice	UTM Datum WGS 84 Zona 14 N	
	X	Y
1		
2		
3		
4		

Coordenada del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP

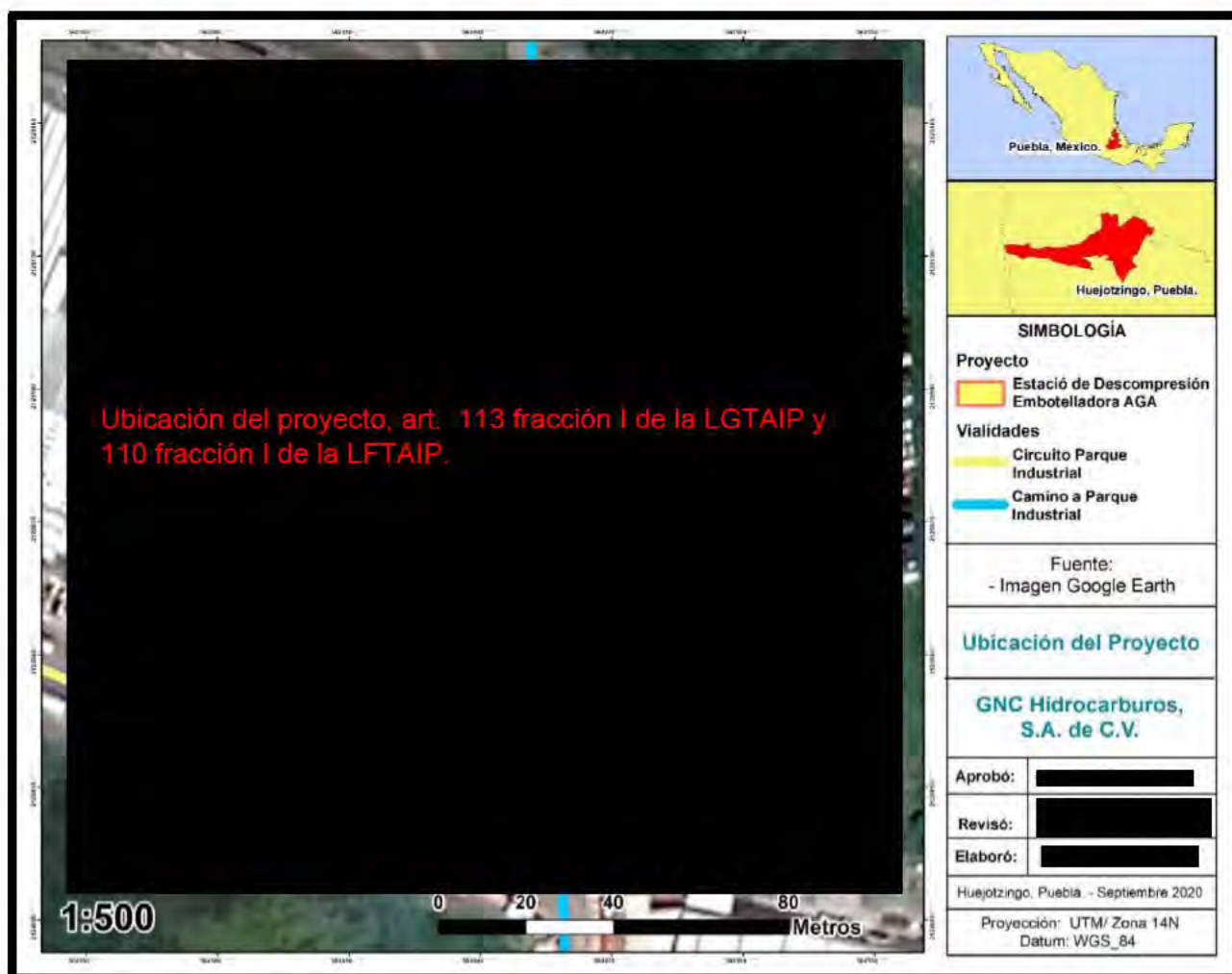


Figura 1. Ubicación del proyecto Estación de Descompresión Embotelladora AGA.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

III.1. Aspectos Abióticos.

III.1.1. Clima.

En el municipio de Huejotzingo, se presenta la transición climática desde los templados del valle de Puebla, hasta los ríos de las cumbres altas de la sierra, pasando por los semifríos. Para el municipio, se identifican tres tipos de climas: el clima Templado Subhúmedo con lluvias en verano, este es el clima predominante sobre todo en la zona correspondiente a la zona del Valle; el clima Semifrío Subhúmedo con lluvias en verano, el cual se presenta en las faldas inferiores de la sierra, al poniente del municipio y el clima Frío, el cual se presenta en las partes más altas del Volcán Iztaccíhuatl.

Para el sitio donde se pretende realizar el proyecto, los tipos de clima existentes según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1981) es C (w1) Templado Subhúmedo y C (w2) Templado Subhúmedo, los cuales son muy similares, diferenciándose por el nivel de precipitación (Ver Figura 2).



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

- **C (w1):** Templado, Subhúmedo, temperatura media anual entre 12° C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C y temperatura del mes más caliente bajo 22° C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
- **C (w2):** Templado, Subhúmedo, temperatura media anual entre 12° C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C y temperatura del mes más caliente bajo 22° C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

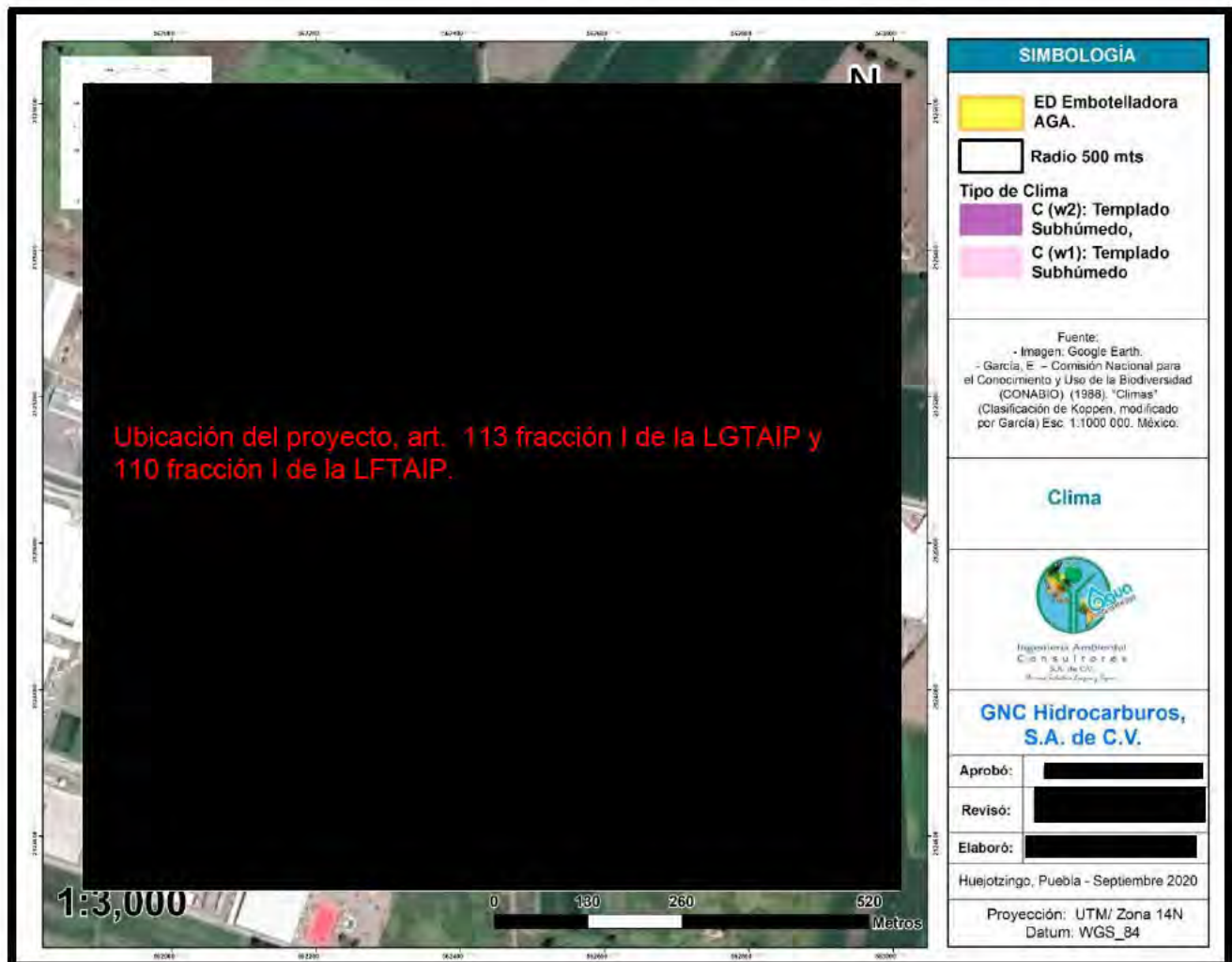


Figura 2. Clima presente en el Sitio del Proyecto.
Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.
 En la **Tabla 2**, se presentan las normales climatológicas de la “ESTACIÓN 00021046 HUEJOTZINGO”.



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
"Estación de Descompresión Embotelladora AGA"
Huejotzingo, Puebla.

Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP.

Tabla 2. Normales climatológicas históricas (1951-2010).

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS (PERIODO 1951 - 2010)													
ESTACIÓN: 00021046 HUEJOTZINGO ESTADO: PUEBLA				LATITUD: [REDACTED]		LONGITUD: [REDACTED]		ALTURA: 2,454.0 MSNM					
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
TEMPERATURA MÁXIMA													
Normal	21.9	23.5	25.9	27.4	27.5	26.1	24.7	24.9	24.0	24.0	23.2	21.7	24.6
Máxima mensual	29.3	30.3	33.1	33.2	33.7	32.4	31.3	30.4	30.1	29.8	28.6	27.8	
Año de máxima	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	1987	1987	1986	
Máxima diaria	33.0	35.0	36.0	39.0	37.0	37.0	35.0	35.0	35.0	35.0	33.0	35.0	
Fecha máxima diaria	07/2007	21/2007	03/2007	30/1961	07/2007	02/2007	09/2007	02/2007	06/2007	21/1990	01/2007	18/1986	
Años con datos	44	44	43	44	44	43	45	46	46	46	46	42	
TEMPERATURA MEDIA													
Normal	12.5	13.7	15.9	17.6	18.5	18.4	17.5	17.5	17.1	16.1	14.4	12.9	16.0
Años con datos	44	44	43	44	44	43	45	46	46	46	46	42	
TEMPERATURA MÍNIMA													
Normal	3.1	3.9	5.9	7.8	9.5	10.8	10.2	10.1	10.1	8.2	5.5	4.0	7.4
Mínima mensual	-0.3	-0.1	3.7	3.3	5.3	5.4	6.4	6.1	6.0	4.7	2.9	1.3	
Año de mínima	1956	1951	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	1966	1953	
Mínima diaria	-5.0	-6.1	-2.1	0.0	0.0	1.0	3.0	2.0	0.0	-2.0	-5.5	-4.0	
Fecha mínima diaria	13/1956	04/1951	08/1951	07/1960	21/1990	07/1990	08/2007	25/2007	26/2007	31/2007	29/1966	28/1955	
Años con datos	44	44	43	44	44	43	45	46	46	46	46	42	
PRECIPITACIÓN													
Normal	8.7	7.8	9.5	22.0	60.0	146.3	164.0	165.3	158.5	70.1	16.4	6.3	834.9
Máxima mensual	82.0	69.7	83.0	70.0	167.0	297.0	339.5	384.5	277.5	178.0	100.5	51.0	
Año de máxima	1997	2010	1978	1968	1986	1981	1955	1969	1955	1954	1958	1958	
Máxima diaria	50.0	25.0	60.0	29.0	59.0	80.0	60.0	85.0	80.0	65.0	40.0	20.0	
Fecha máxima diaria	10/1967	04/2010	16/1981	16/1954	04/1980	17/1988	31/1990	26/1979	29/1998	31/1954	21/1980	14/1958	
Años con datos	43	44	43	44	44	43	45	46	46	46	46	43	
NUMERO DE DÍAS CON													
Evaporación	89.7	92.5	128.0	136.1	147.1	141.3	112.3	133.1	109.5	108.7	110.6	100.4	1,409.3
Años con datos	14	16	18	18	16	15	16	13	15	17	15	15	
Lluvia	1.1	1.2	1.3	3.5	8.3	13.7	16.8	16.1	15.1	7.1	2.2	1.0	87.4
Años con datos	43	44	43	44	44	43	45	46	46	46	46	43	
NIEBLA	0.1	0.0	0.1	0.0	0.5	1.0	0.9	1.7	1.2	0.8	0.3	0.2	6.8
Años con datos	42	44	42	44	44	43	45	45	46	46	46	43	
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	2.4
Años con datos	42	44	42	44	44	43	45	45	46	46	46	43	
TORRENTA E.	0.1	0.2	0.3	1.3	2.3	3.0	3.0	3.7	2.6	1.5	0.2	0.0	18.2



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

Ubicación del proyecto, art. 113 fracción I de la LGTAIP y 110 fracción I de la LFTAIP.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS (PERIODO 1951 - 2010)													
ESTACIÓN: 00021046 HUEJOTZINGO ESTADO: PUEBLA				LATITUD: ██████ N.			LONGITUD: ██████ W.			ALTURA: 2,454.0 MSNM			
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Años con datos	42	44	42	44	44	43	45	45	46	46	46	43	

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

La Estación de Descompresión, se instalará en tierra en una atmósfera no corrosiva sin presencia significativa de humedad. Las condiciones meteorológicas del sitio, son las siguientes de acuerdo a las Bases de Diseño proporcionadas por el regulado:

- Estabilidad pasquil: 1.5 / F.
- Temperatura máxima ambiental: 30°C.
- Humedad relativa: 77 %.
- Velocidad del Viento 50 km/h.
- Dirección del viento: Suroeste - Noreste.

III.1.2. Geología.

Características litológicas y presencia de fallas, fracturas y ejes estructurales.

El sitio donde se pretende realizar el proyecto, se caracteriza por presentar litología Suelo (Q(s)), el cual es netamente natural, sin ningún tipo de roca, el cual no presenta características específicas, como cualquier otro tipo de roca, el sitio del proyecto se encuentra a una altura de 2,250 msnm (**Ver Figura 3**).

Dentro de sitio donde se pretende realizar el proyecto, no existen fallas, fracturas, ni ejes estructurales, por lo tanto no inciden en el predio de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA.

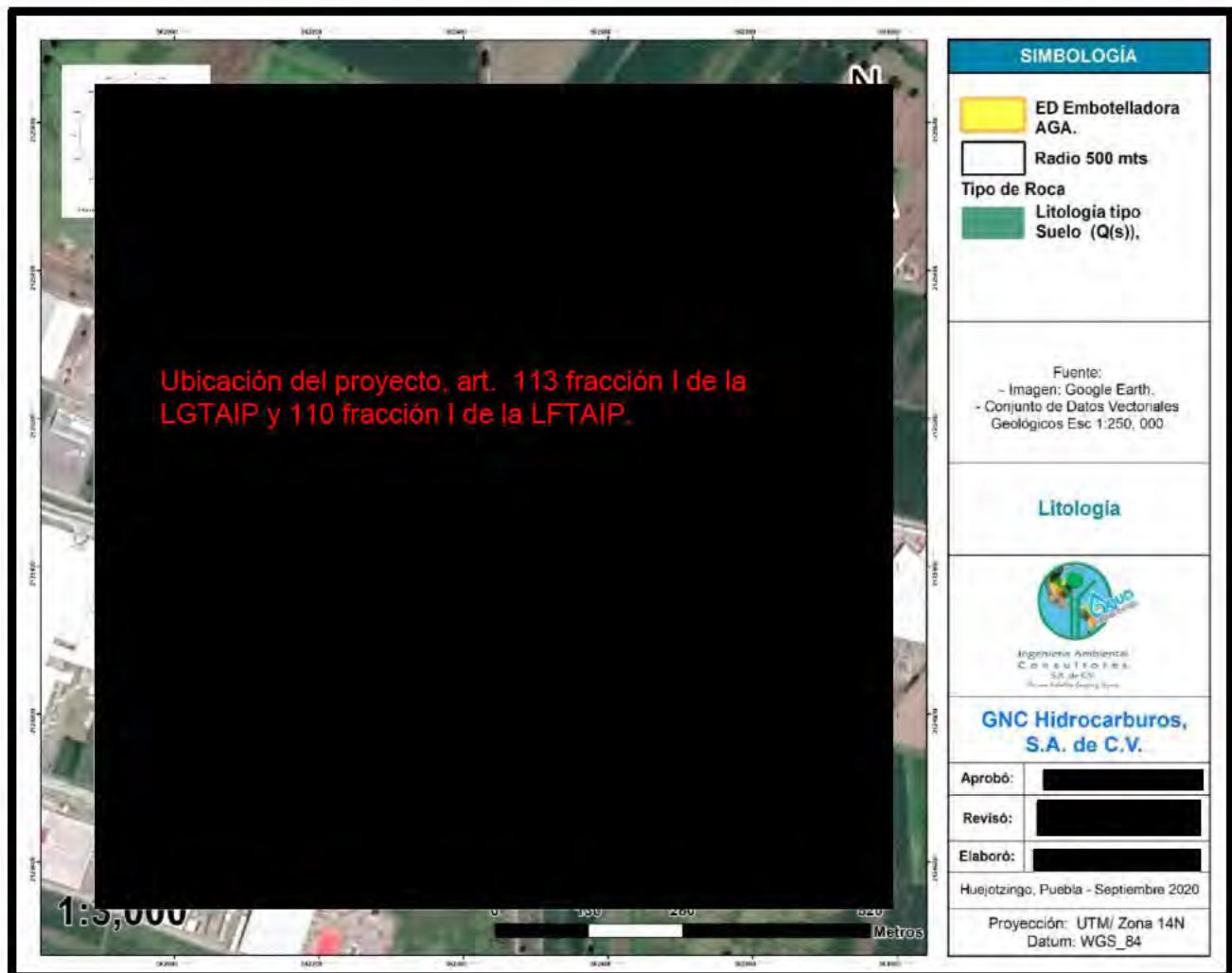


Figura 3. Características Litológicas en el Sitio del Proyecto.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

III.1.3. Geomorfología.

El sitio donde se pretende realizar el proyecto, se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico y la Subprovincia No. 57 Lagos y Volcanes de Anáhuac, donde incide la Topoforma Llanura (*Llanura Aluvial con Lomerío*) como se puede apreciar en la Figura 4.

- **Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico.**

Atraviesa al país casi en línea recta, más o menos sobre el paralelo 19° y se extiende de oeste a este desde la costa del Océano Pacífico hasta la costa del Golfo de México. Colinda al norte con las provincias Llanura Costera del Pacífico, Sierra Madre Occidental, Mesa del Centro, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte; al sur, con las provincias Sierra Madre del Sur y Llanura Costera del Golfo Sur; al oeste, con el Océano Pacífico y al este con el Golfo de México. Abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán de Ocampo, Guanajuato, Querétaro de Arteaga, México, Hidalgo, Tlaxcala (todo el estado), Puebla, Veracruz-Llave y el Distrito Federal.



Se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario (unos 35 millones de años atrás), y que continúan hasta el presente. La integran grandes sierras volcánicas, coladas lávicas, conos dispersos, amplios escudovolcanes de basalto, depósitos de arenas y cenizas, etcétera, dispersos entre extensas llanuras.

- **Subprovincia No. 57 Lagos y Volcanes de Anahuac.**

Esta subprovincia, en cuyo territorio se ubican la capital de la república y cinco capitales estatales (Toluca de Lerdo, Tlaxcala de Xicoténcatl, Pachuca de Soto, Heroica Puebla de Zaragoza y Cuernavaca), está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres.

En ella se localizan algunos de los volcanes más elevados del país, como el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Nevado de Toluca (Xinantécatl) y La Malinche (Matlalcuéyetl), entre otros. Los vasos de antiguos lagos se encuentran distribuidos entre las sierras y demás aparatos volcánicos, de manera que los mayores quedan ubicados en la cuenca de México (conjunto lacustre TexcocoChalco-Zumpango-Xochimilco).

Es la que abarca mayor extensión en el estado, 58.59% de la superficie total. Colinda al norte con la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo; al oriente se extiende hacia los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla; al sur se interna en el Distrito Federal y el estado de Morelos y limita con la subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses; al suroeste colinda con la subprovincia Depresión del Balsas y al oeste con la de Mil Cumbres.

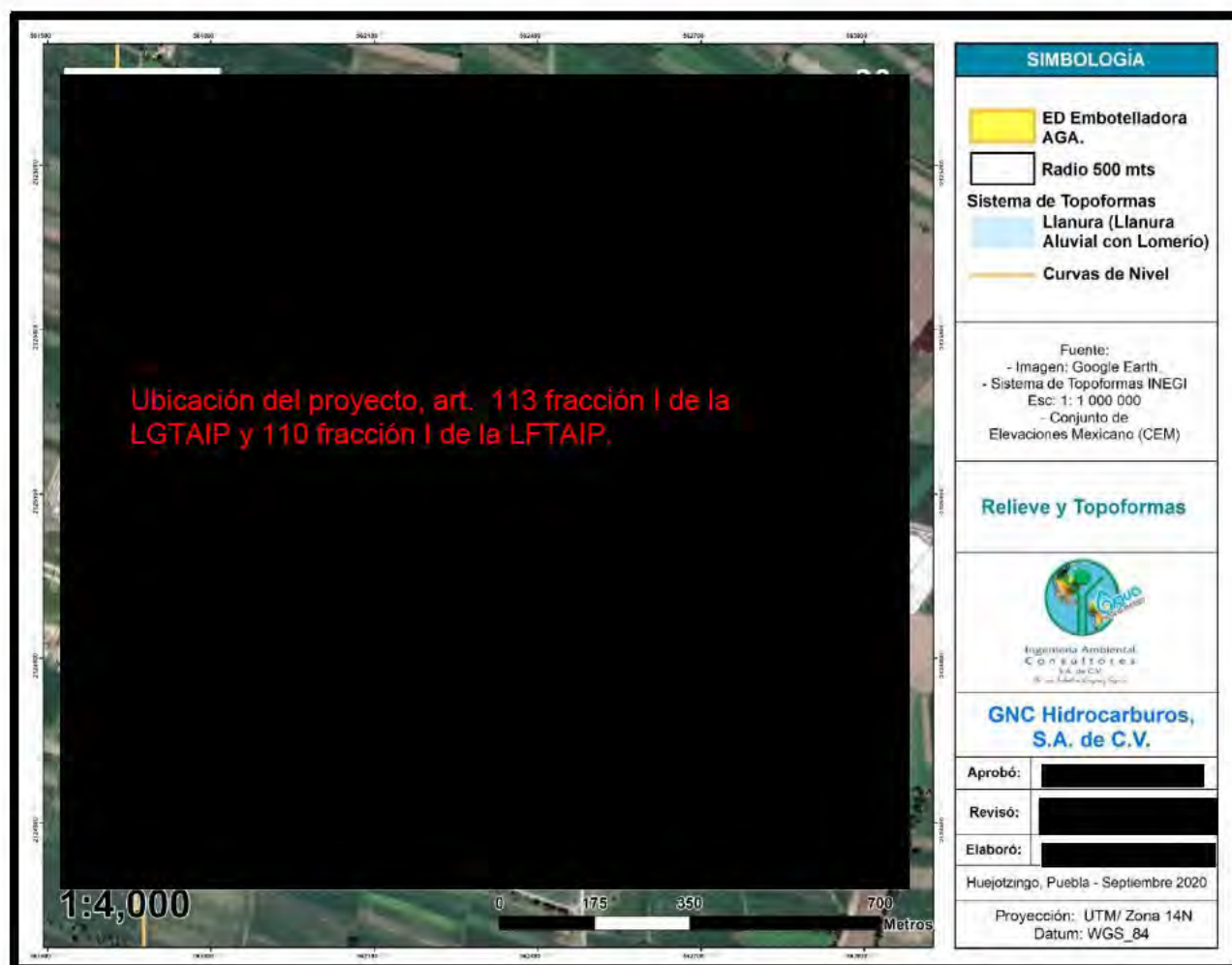


Figura 4. Relieve (Curvas de Nivel y Sistema de Topoformas) presente en el Sitio del Proyecto.
 Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

III.1.4. Suelo.

El suelo se define como la capa más superficial de la corteza terrestre, la cual brinda soporte a la cubierta vegetal natural y a las actividades humanas; el suelo se forma a partir de la interacción de varios factores ambientales como el clima, el tipo de roca que da origen al suelo (material parental), vegetación y uso del suelo, relieve y tiempo. (INEGI, 2006).

Fuente: INEGI. Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología (2006).

En el Municipio de Huejotzingo, el tipo de suelo es de buena calidad, del tipo Feozem, en la mayoría de la superficie del municipio; y es rico en materia orgánica y nutriente. En el sitio donde se pretende realizar el proyecto, inciden los suelos tipo: Cambisol eútrico + Feozem háplico + Fluvisol eútrico, con una Clase Textural Media (Clave: Be+Hh+Je/2) como se puede apreciar en la **Figura 5**.

A continuación, se definen las propiedades fisicoquímicas de los tipos de suelo ya mencionados:



Unidades de Suelo		
Código	Nombre	Definición
B	Cambisol	Del latín cambiare: cambiar. Literalmente, suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.
H	Feozem	Del griego phaeo: pardo; y del ruso zemljá: tierra. Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los Feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobretodo de la disponibilidad de agua para riego.
J	Fluvisol	Del latín fluviu: río. Literalmente, suelo de río. Se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Se encuentran en todos los climas y regiones de México cercanos siempre a lechos de los ríos. Los ahuehuetes, ceibas y sauces son especies típicas que se desarrollan sobre estos suelos. Los Fluvisoles presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos. Sus usos y rendimientos dependen de la subunidad de Fluvisol que se trate. Los más apreciados en la agricultura son los Fluvisoles mólicos y calcáricos por tener mayor disponibilidad de nutrientes a las plantas.

Fuente: INEGI. Guía para la interpretación de cartografía.
 Edafología. Unidades y subunidades de suelo.



Calificadores de las Subunidades de Suelo		
Código	Nombre	Definición
e	eútrico	Del griego eu: bueno. Suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos dístricos. Unidades de suelo: Cambisol, Fluvisol, Gleysol, Histosol, Nitosol, Planosol y Regosol.
h	háplico	Del griego haplos: simple. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Unidades de suelo: Castañozem, Chernozem, Feozem, Xerosol y Yermosol.

Fuente: INEGI. Guía para la interpretación de cartografía.
Edafología. Unidades y subunidades de suelo.

Clase Textural		
Código	Nombre	Definición
2	Media	Suelos con equilibrio de arcilla, limo y arena.

Fuente: Diccionario de datos edafológicos.
Escala 1:250 000 (Vectorial).

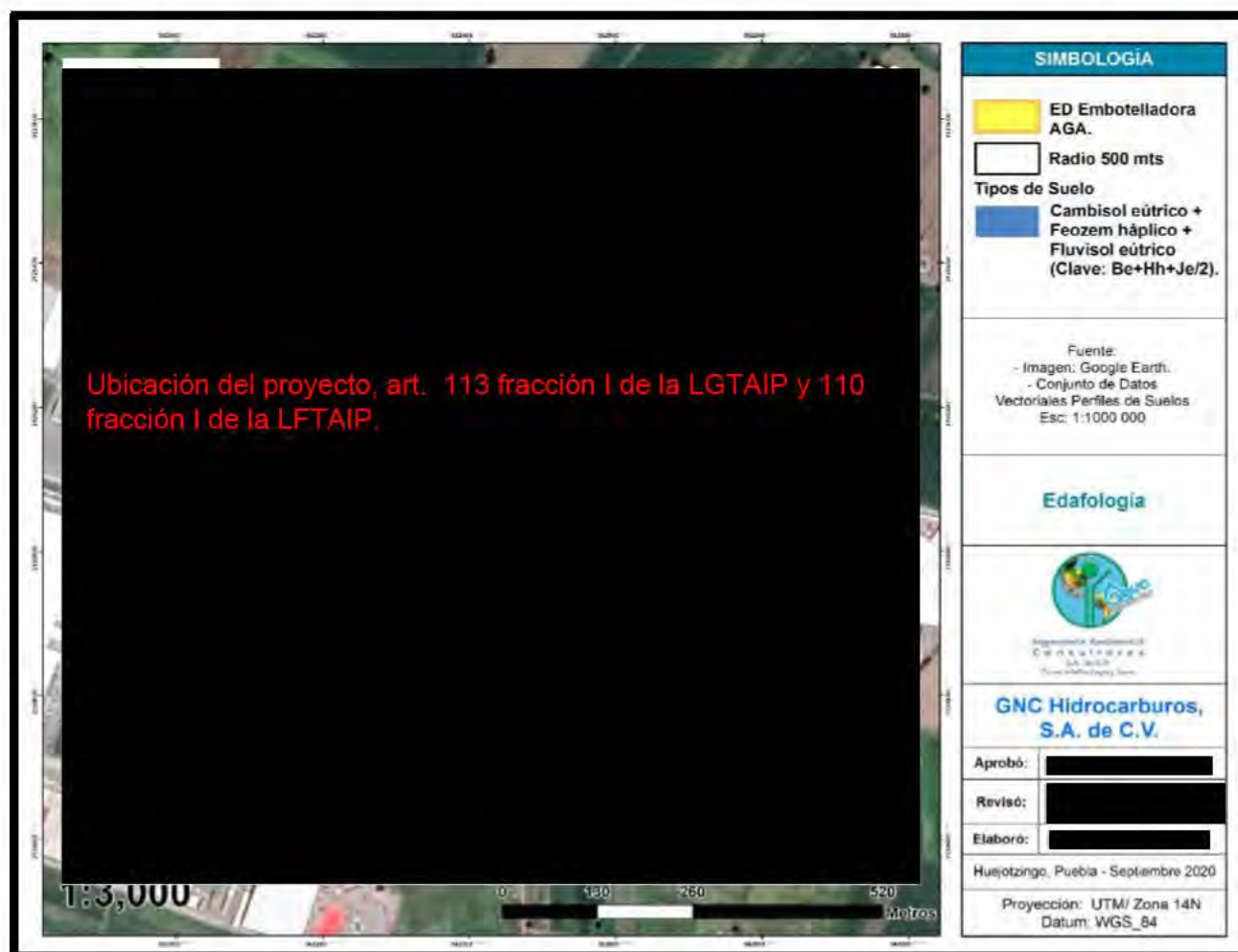


Figura 5. Edafología presente en el Sitio del Proyecto.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

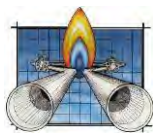
III.2. Factores Bióticos.

III.2.1. Flora.

La superficie del Estado de Puebla, está cubierta en un 45.9% por zonas agrícolas, el 19.4% por selvas, el 17.3% por bosques, el 8.3% por matorral, el 7.4% por pastizales y el 1.7% restante por otros tipos de vegetación, cuerpos de agua y zonas urbanas.

En el Estado, los bosques se ubican sobre los sistemas montañosos dispersos por el estado. Predominan los de coníferas y en menor proporción los de encino y los mesófilos de montaña; las principales especies presentes y el uso que se les da, son: ocote (madera), pino colorado (madera), encino (madera) y oyamel (madera).

En el Estado, Las selvas se ubican especialmente en la región Mixteca al suroeste del estado. Predomina la selva caducifolia y las principales especies presentes y el uso que se les da, son: palo mulato (madera), chote (forraje), capulín (madera), guacima (sombra) y jonote (madera).



En el Estado, los matorrales se ubican principalmente en la región de Tehuacán al sureste del estado. Predomina el matorral xerófilo; las principales especies presentes y el uso que se les da, son: tetetza (hornato), cucharillo (artesanía), isote (forraje), lechuguilla (fibras) y argubuche (forraje).

En el Estado, los pastizales están dispersos por el estado principalmente en las inmediaciones de las ciudades de Puebla, Teziutlán, Ayotoxco de Guerrero, Xicotepec de Juárez y Acatlán de Osorio. Predominan los pastizales cultivados e inducidos; las principales especies presentes y el uso que se les da, son: paral (forraje), kikuyu (forraje), estrella mejorada (forraje) y pangola (forraje).

Para el caso del Municipio de Huejotzingo, presenta las siguientes características vegetales: las zonas más elevadas del volcán Iztaccíhuatl, presentan nieves perpetuas y alrededor de estas áreas, pradera alta montaña; las faldas inferiores de la Sierra Nevada están cubiertas por bosques de pino, pino-encino y oyamel, asociados en ocasiones a vegetación secundaria arbustiva, y muestran una tendencia a disminuir por la deforestación sistemática para usar la madera o para incorporar nuevas zonas de cultivo.

La zona correspondiente al Valle de Puebla, presenta en su mayor parte áreas dedicadas a la agricultura temporal; al oriente se localizan extensas zonas de regadío. Por último, en la ribera de algunos ríos que bañan el Valle, como el Xopanac, Pipinahuac, etc.; se aprecian algunas áreas, aunque reducidas de bosques de pino, pino-encino y pastizales.

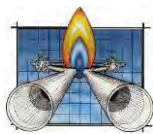
La capa de Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250,000 del INEGI, determina el sitio como suelo destinado a la Agricultura de Riego Semipermanente (RS) **(Ver Figura 10 al final del capítulo)**. En su mayoría los alrededores del sitio si están compuestos por zonas destinadas a la agricultura, sin embargo existe un gran número de zonas con asentamientos humanos y zonas con instalaciones industriales, lo que permite apreciar que hablamos de un sitio alterado por las modificaciones antrópicas que se han realizado a lo largo del tiempo y de un sitio donde las actividades industriales están permitidas, debido a estas modificaciones, en el sitio no se encuentra vegetación natural relevante, ya que esta fue removida tras la realización de las modificaciones antrópicas antes mencionadas

III.2.2. Fauna.

El Estado de Puebla ocupa el puesto 6 entre los 32 estados a nivel nacional en cuanto a biodiversidad de fauna silvestre. El inventario de fauna silvestre de la entidad a abril de 2015 era de 3.193 especies: 2.232 especies de invertebrados y 961 especies de vertebrados (145 especies de mamíferos, 607 de aves, 66 de anfibios, 128 reptiles y 15 de peces).

En esta entidad está representada casi el 55% de la avifauna que habita en México; el 39% de las especies de mamíferos voladores y el 24% de los mamíferos terrestres presentes en el territorio nacional.

De las especies que presentan algún estatus de conservación ya sea por estar probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, hay: 42 mamíferos, 57 anfibios, 61 reptiles y 142 aves.



Dentro de las especies de mamíferos presentes en la entidad están: coyote, murciélago frutero, mapache, cacomixtle norteño, motocle, miotis mexicano, conejo de monte, comadreja cola larga, ardilla voladora sureña, puercoespín mexicano, nutria de río, martucha, temazate rojo, guaunque mexicano, tuza mexicana, murciélago lengüetón, ratón de los volcanes y tlacuache acuático, entre otros.

Dentro de las especies de aves presentes en la entidad están: zanate mayor, urraca californiana, chipe coronado, chinchinero común, carpintero mexicano, zafiro oreja blanca, mielero pata rota, lechuza de campanario, golondrina verdemar, zacua, garza morena, chara crestada, pico gordo pecho rosa, carpintero enmascarado, cacique mexicano, garza ganadera y zacatonero rayado, entre otros.

Dentro de las especies de anfibios presentes en la entidad están: calate jarocho, ranita de pastizal, sapo de los pinos, salamandra de cofre de Perote, tlaconete regordete, ajolote tigre rayado, rana termitera, tritón de manchas negras, ranita oscura de montaña y rana de árbol semiacuática, entre otras.

Dentro de las especies de reptiles presentes en la entidad están: camaleón toro, culebra de agua, víbora de cascabel del altiplano, tortuga de pecho quebrado mexicana, ranera perico, lagartija espinosa esmeralda norteña, eslizón chato de las montañas, serpiente coralillo arlequín, culebra naricilla mexicana y Bloque coronado, entre otras.

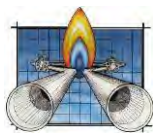
En el sitio donde se pretende realizar el proyecto, no se encuentra fauna natural o silvestre, ya que como se mencionó anteriormente, la realización de modificaciones de origen antrópico, ocasiono la remoción de la vegetación natural a través del tiempo, lo que acabo a su vez con los refugios y sitios de resguardo para las especies animales que ahí se encontraban, propiciando su ahuyentamiento y movilización hacia zonas más lejanas, dejando el sitio sin presencia de fauna.

III.3. Susceptibilidad del Sitio del Proyecto.

Entendemos por susceptibilidad la posibilidad que en un área geográfica se desencadene o se vea afectada por un fenómeno natural. Se consideran como áreas susceptibles tanto las zonas donde se ha generado un fenómeno, así como las zonas que se pueden ver afectadas por su recorrido.

Un fenómeno natural, es un acontecimiento potencialmente perjudicial, que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o la degradación ambiental. Puede tener un origen geológico, hidrometeorológico. Los fenómenos naturales, se caracterizan por su localización o alcance, magnitud o intensidad y frecuencia o probabilidad. Es decir, todo fenómeno natural tiene intrínseca una peligrosidad, que definimos como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructivo en un periodo de tiempo específico y en un área del territorio determinada. La probabilidad de ocurrencia está relacionada con la "frecuencia" del fenómeno y el potencial destructivo con la "magnitud" del fenómeno.

A continuación se presenta la susceptibilidad y en algunos casos el peligro y riesgo que presenta el municipio de Huejotzingo a distintos fenómenos naturales de origen geológico e



hidrometeorológico, según lo estipulado en el Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.

III.3.1. Vulcanismo.

La actividad interna de la tierra se pone de manifiesto en actividades primordiales, el vulcanismo y la sismicidad; el vulcanismo se encuentra ubicado en la porción central del territorio Mexicano, en el denominado Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), el cual está conformado por estratovolcanes, calderas, escudos, campos de vulcanismo monogénico, entre otro tipo de estructuras.

Se dice que un volcán es activo si este presenta algún tipo de actividad interna, como actividad sísmica y explosiones de bajo grado o superficiales como lo son las fumarolas y distritos termales, estas manifestaciones se deben en gran medida a la ocurrencia del magma que se localiza en la parte interior del volcán.

Dentro del sistema del CVTM se encuentran los estratovolcanes activos: Colima, Popocatepetl, Pico de Orizaba y Ceboruco, los cuales constituyen a los sistemas más destructivos para la población y la infraestructura. Ya que de ellos emanan flujos piroclásticos que pueden alcanzar velocidades próximas a los 160 km/hr y temperaturas cerca de los 700 °C. Sin embargo, este no es el único tipo de peligros que suponen ya que dentro de estos sistemas activos se desarrollan inundaciones que contienen una mezcla de fragmentos rocosos, agua, flujos de lava, aludes, emisiones de gas, nubes de roca y ceniza caliente.

➤ Parámetros de Intensidad de Peligro.

De acuerdo a lo establecido, el área de estudio en la cual el desarrollo de fenómenos potenciales de alto impacto con respecto al vulcanismo debe localizarse a menos de 100 kilómetros de distancia. Esta distancia es considerada a partir de la información de peligrosidad establecida para aquellas áreas susceptibles a desastres por dispersión de ceniza, área, pómez y materiales piroclásticos.

De lo anterior se sobreentiende que para evitar posibles impactos de flujos se debe estar en un radio mayor a los 100 kilómetros, independientemente de esto es necesario el hecho de que entre menor sea el grado de explosividad menor será el impacto y mucho mayor el hecho de poder atacar los efectos producidos.

Se reconocen internacionalmente una matriz de ocho índices de explosividad volcánica con los que se mide la magnitud de una erupción volcánica, dicho índice resulta de la combinación de varios factores que pueden ser palpables, como es el caso de los productos expulsados por el volcán como son los piroclastos, la lava, la ceniza, la distancia correspondiente a la nube eruptiva y la duración de la erupción

Por su parte la caída de materiales piroclásticos como producto de las manifestaciones volcánicas alcanzan distancias máximas de 14 kilómetros, que por lo que únicamente se consideran tres grados de peligrosidad, sin embargo de acuerdo a las bases de estandarización, es necesario el establecimiento de una matriz de cinco rangos.



Aquellos volcanes o calderas volcánicas que afectan directamente a una región son las que se localizan a distancias no mayores de los 85 kilómetros con respecto al punto de interés, esta distancia considera a partir de los rangos de peligrosidad modificados con respecto a los valores del CENAPRED. Dichos rangos hacen referencia a la dispersión de ceniza arena, y pómez.

➤ Volcán Popocatepetl.

El Popocatepetl es un volcán activo localizado en el centro de México. Se encuentra en los límites territoriales de los estados de Morelos, Puebla y el estado de México. Se localiza unos 72 km al sureste de la Ciudad de México, a 43 km de Puebla, a 63 km de Cuernavaca, y a 53 km de Tlaxcala. Tiene una forma cónica simétrica, y está unido por la parte norte con el Iztaccíhuatl mediante un paso montañoso conocido como Paso de Cortés. El volcán tiene glaciares perennes cerca de la boca del cono, en la punta de la montaña. Es el segundo volcán más alto de México, con una altitud máxima de 5500 metros sobre el nivel del mar, solo después del Citlaltépetl, de 5747 m.

El Popocatepetl es un estratovolcán, y los estudios paleomagnéticos que se han hecho de él indican que tiene una edad aproximada de 730,000 años. Su altura es de 5,500 msnm, es de forma cónica, tiene un diámetro de 25 km en su base y la cima es el corte elíptico de un cono y tiene una orientación noreste-suroeste. La distancia entre las paredes de su cráter varía entre los 660 y los 840 m.

Popocatepetl significa en lengua Náhuatl la montaña que humea; esto alude al hecho de que durante la época prehispánica, los aztecas lo observaron en diversas ocasiones en actividad. Se estima que en un radio de 40 kilómetros alrededor del volcán habitan un millón de personas, el volcán forma el extremo sur de la Sierra Nevada compuesta por los volcanes Tláloc, Telapón, Teyotl, Iztaccíhuatl y Popocatepetl.

➤ Registros de Erupciones en el Popocatepetl.

Programa Especial para Contingencias del Volcán Popocatepetl.

De acuerdo con el documento Puebla Programa Especial para Contingencias del Volcán Popocatepetl, el volcán, ha registrado una serie explosiones desde tiempos remotos:

Tabla 3. Registro de erupciones sucedidas en el volcán Popocatepetl.

Volcán	Fecha de Erupción	Tipo de Erupción
Popocatepetl	2999 A.C.	Erupción con emisiones nubes ardientes
	751	Erupción con emisiones de nubes ardientes
	1008	Erupción con explosiones violentas
	1347	Erupción con explosiones y lluvia de cenizas
	1354	Erupción con explosiones y lluvia de cenizas
	1519 - 1530	Erupción con emisión de pómez y lapilli y numerosas



Volcán	Fecha de Erupción	Tipo de Erupción
		fumarolas
	1539 - 1540	Erupción explosiva con abundante lluvia de cenizas
	1542 - 1592	Numerosas erupciones
	1664 – 1667	Numerosas erupciones
	1720	Erupción explosiva con abundante lluvia de cenizas
	1802 – 1804	Fumarolas
	1919 – 1927	Emisiones de gases, escorias y cenizas.
	1994	Erupción con abundante lluvia de ceniza Erupción por sismos volcano-tectónicos Exhalaciones explosivas
	1998	Explosión con abundante lluvia de ceniza Erupción por sismos volcano-tectónicos Exhalaciones explosivas
	1999	Erupción por sismos volcano-tectónicos Exhalaciones explosivas Exhalaciones de gas y vapor de agua
	2000	Exhalaciones con escasa ceniza Fumarolas con ceniza Tremor de baja frecuencia y exhalaciones de ceniza Erupción por sismos volcano-tectónicos Exhalaciones moderadas Fumarolas moderadas Tremos armonico Anomalías intensas de radiación.
	2001 - 2011	Erupción por sismos volcano-tectónicos Erupción con explosiones, lanzamiento de fragmentos y flujo de ceniza Exhalaciones con flujo de ceniza



Volcán	Fecha de Erupción	Tipo de Erupción
	2012	Crecimiento y destrucción del domo
	2013	Crecimiento y destrucción del domo
	2014	Crecimiento y destrucción del domo
	2015 - 2017	Crecimiento y destrucción del domo Explosiones con lanzamiento de fragmentos.

Fuente: Programa Especial para Contingencias del Volcán Popocatepetl, 2019.
Secretaría de Gobernación del Estado de Puebla, Coordinación General de Protección Civil

El 3 de junio de 2019, registró dos nuevas explosiones que llevaron al Gobierno Mexicano a declarar alerta amarillo tipo 3, advirtiendo una posible caída de cenizas en los municipios de Ecatzingo y Atlautla, en el estado de México; Ciudad Ayala, Cuautla, Jantetelco, Jonacatepec, Ocuituco, Temoac, Tetela del volcán, Yecapixtla y Zacualpan, en el estado de Morelos, y en Acteopan, Atzizihuacan, Cohuean y Tochimilco, en el estado de Puebla.

➤ **Peligro.**

El municipio de Huejotzingo se encuentra en relación directa con el volcán Popocatepetl siendo este la estructura más cercana con respecto a los 85 km de distancia de acuerdo al CENAPRED.

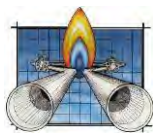
Es de lo anterior que el grado de riesgo corresponde a áreas de baja y muy baja intensidad, sin embargo de acuerdo a la reclasificación con respecto a las bases de estandarización, es posible definir que dicho municipio se encuentra dentro de los niveles medios en la parte más occidental, bajos en la parte centro y muy bajos conforme avanza al Oriente.

La denominada caída de ceniza es producto directo de los materiales volcánicos fragmentados que han sido generados por la actividad explosiva del edificio volcánico activo; dicho material al ser sumamente fino puede ser transportado a grandes distancias por efecto del viento, y puede llegar a elevarse a grandes alturas.

Es importante entender que la distancia de la caída de ceniza está en función del estilo del volcán, la altura de la columna eruptiva y principalmente la dirección del viento. Es importante la mención de que en el caso de que la columna eruptiva alcance la troposfera puede viajar a mayor distancia.

La dirección del viento para el municipio de Huejotzingo, está determinada principalmente por las grandes elevaciones y los cambios abruptos de temperatura que en este medio se suscitan.

Según el CENAPRED, señala como zonas de máxima influencia por dispersión y caída de ceniza, arena y pómez, en donde es posible centrar al municipio de Huejotzingo en una zona de MEDIA AFECTACIÓN por este tipo de evento natural, esto indica que las acumulaciones correspondientes al espesor de este tipo de materiales puede llegar a alcanzar tan solo unos cuantos centímetros, sin embargo esto es solo considerado para explosiones de magnitud moderada puesto que para una gran intensidad estos pueden alcanzar hasta un metro de



espesor. Por lo que el peligro por este tipo de evento pondera al Municipio de Huejotzingo en una zona de Media-Baja peligrosidad con respecto a la caída ceniza, arenas y pómez.

Con respecto a la afectación directa por parte de las avalanchas, mismas que son consideradas como la secuencia de todos los escombros de grandes magnitudes y de alta velocidad que se ven generados a partir del colapso gravitacional de los edificios volcánicos, los cuales cambian la orografía del medio en un tiempo relativamente corto.

Las avalanchas se pueden transformar y generar flujos de escombros gigantescos que tienen la capacidad de alcanzar volúmenes y velocidades aún mayores que el depósito a partir del cual se originaron. La inestabilidad y colapso de un edificio volcánico puede depender directamente de la actividad magmática del volcán, aunque también existen otros factores como lluvias abundantes, saturación por fluidos, pendientes altas, procesos de alteración o factores tectónicos regionales.

Los flujos piroclásticos se encuentran estrechamente asociados a los eventos de las erupciones explosivas, pues son generados por las nubes, las cuales contienen fragmentos de lava, ceniza y gases a muy altas temperaturas que se deslizan cuesta abajo por los flancos del volcán a grandes velocidades, velocidades que llegan a ser muy destructivas. El origen de dichos flujos es a partir del derrumbe y colapso de un domo; desprendimiento de frentes de lava en pendientes fuertes sobre el volcán; explosiones laterales; colapso de columnas eruptivas, etc. Estos flujos piroclásticos y las denominadas oleadas, viajan a velocidades mayores a 10 m s⁻¹ y en algunas ocasiones alcanzan los 100 m s⁻¹.

Estos fenómenos volcánicos están controlados por el tipo de erupción que los produce, por la topografía del terreno, por las características de los materiales. Algunos arrojados durante la erupción, y por la altura a la que se originan, algunos flujos piroclásticos llegan hasta una distancia de 100 kilómetros de su lugar de emisión; debido a la gran masa que los compone.

Los lahares, también conocidos como flujos de lodo, se forman a partir de la mezcla de bloques de ceniza y cualquier otro material volcánico, con agua. Los lahares pueden producir avenidas muy potentes de lodo y rocas, que tienen un poder destructivo o similar o incluso mayor a los flujos piroclásticos.

Este tipo de eventos pueden viajar por varios kilómetros pero raramente alcanzan 30 kilómetros de distancia y se mueven a velocidades que pueden exceder los 100 km/ha, esto dependiendo de la concentración de partículas y material. Los valles angostos y con determinada pendiente, pueden canalizar los lahares a través de grandes distancias, si un lahar llega a un valle de amplio y de poca pendiente se dispersara lateralmente formando un abanico y dadas las condiciones topográficas de las zonas aledañas al volcán, el impacto de estas es prácticamente nulo.

De acuerdo al CENAPRED, es posible puntualizar al municipio de Huejotzingo dentro de una zona de tipo BAJA PELIGROSIDAD con respecto a estos fenómenos, esto es aceptable siempre y cuando se tome en cuenta la morfología y topografía que ha venido modelando esta estructura volcánica en dirección preferencial Suroeste a Sureste. Sin embargo se debe tener en cuenta que la naturaleza es incierta y que si bien esto indica la dirección preferencial de dichos eventos, se debe tener consideración y estar preparados ante cualquier contingencia.



En cuanto al sitio donde se pretende realizar la Estación de Descompresión, como se mencionó anteriormente solo presenta riesgo en categoría Media ante el fenómeno de lluvia de ceniza, arena o pómez, debido a la característica de este fenómeno de afectar a largas distancias, estando a salvo en cuanto a los demás riesgos que se pudieran presentar por Vulcanismo.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

III.3.2. Terremotos (sismicidad).

La tierra se encuentra compuesta por diversas capas internas, las cuales están formadas por diversas materias; entre estas capas se producen cambios químicos del material y cambios estructurales, los cuales provocan zonas de discontinuidad. La parte más superficial, se encuentra conformada por un sistema de placas las cuales por acción de las fuerzas internas de la tierra se ven desplazadas lentamente una con respecto a la otra; es debido a estos movimientos y a la presión sobre los materiales internos que se producen diversos fenómenos como lo pueden ser aquellos de plegamiento, de fallamiento, agrietamiento que lejos de permanecer estables después de su ocurrencia, se van modificando a lo largo del tiempo geológico.

La sismicidad es un fenómeno natural producto de los esfuerzos en la corteza terrestre, debido a diferentes fuerzas, principalmente el movimiento de las placas tectónicas, fenómeno que no puede ser controlado pero que sin embargo las consecuencias generadas por este último pueden llegar a disminuir a partir de la implementación de planes urbanos de construcción en razón de zonificaciones locales.

Los límites de las placas corresponden a tres tipos, el de divergencia, convergencia y transcurrancia. Siendo los dos últimos en los que se presenta la mayor sismicidad. Esta sismicidad se produce en los límites de estas placas, y rara vez en el interior. Es así que los sismos son generados como consecuencia de los movimientos del terreno en donde se desarrolla el desplazamiento de dos unidades rocosas.

Si una falla existe en dimensiones considerables de importancia regional, el movimiento que esta genera causa sismos de tal magnitud que pueden afectar de manera general y puntual la infraestructura en general. De la misma manera en que aquellos lugares en donde la existencia de volcanes de índole activo están emplazados, los movimientos se presentan de manera recurrente por actividad volcánica misma.

De acuerdo a la actividad sísmica que se presenta en la superficie terrestre, esta ha sido dividida en tres regiones importantes:

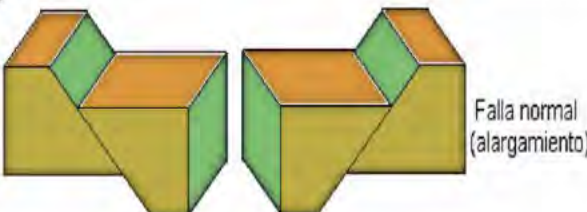
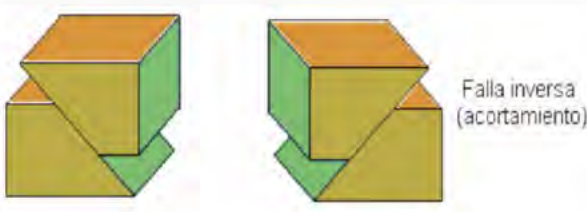
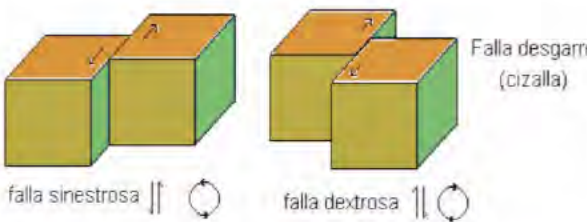


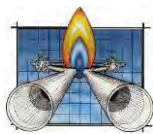
Tabla 4. Regiones Sísmicas Importantes y Existentes en el Municipio de Huejotzingo.

Región Asísmica	Región Penisísmica	Región Sísmica
Corresponde a aquellas regiones estables de la corteza terrestre en la que los movimientos no son registrados.	Incumbe a todas aquellas regiones en las que logran registrar solamente los sismos débiles, los cuales a su vez se presentan con poca frecuencia.	A esta pertenecen todas aquellas regiones de la corteza terrestre que son muy propensas a sufrir los grandes movimientos sísmicos, y por ende son las susceptibles a tener los más altos índices de riesgo.

Por su parte una falla sísmica atañe directamente a un fracturamiento de la corteza terrestre, en la cual ocurre un desplazamiento de mazas rocosas que en términos prácticos se le conoce como bloque. Los temblores ocurren en las fallas sísmicas, en zonas donde se llega a almacenar una gran cantidad de fuerza durante un periodo prolongado de tiempo, fuerza que deforma el medio hasta que llega el momento en que está en cada uno de los bloques es tan grande que concluyen en un movimiento súbito el cual genera ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones.

➤ **Tipos de Fallas.**

Falla Normal. Se caracteriza porque uno de sus bloques cae bajo la acción de la gravedad y de las fuerzas de tensión que actúan en la corteza, las fuerzas tectónicas actúan dilatando o expandiendo el medio en forma perpendicular a la falla.	
Falla Inversa. En este caso uno de sus bloques es empujado hacia arriba, producto de las fuerzas de compresión que actúan en la corteza, las fuerzas tectónicas actúan comprimiendo el medio y en forma perpendicular a la falla.	
Falla Longitudinal. El movimiento se produce cuando las fuerzas tectónicas actúan en dirección opuesta a ambos lados de la falla pero en forma paralela a esta, como consecuencia, los bloques son desplazados horizontalmente.	



➤ **Tipología de los Sismos y Ruptura Sísmica.**

Los sismos se clasifican por su origen (Volcánicos y Tectónicos), por su magnitud e intensidad (Macrosismos y Microsismos), es importante mencionar que existe otra clasificación de sismos, corresponde a los aquellos que son producto del colapso por derrumbamientos del techo de cavernas y minas, por lo que estos sismos se limitan a la superficie y llegan tan solo a afectar áreas reducidas.

Los Sismos Tectónicos, los cuales, los cuales son producidos por la interacción entre las placas tectónicas se clasifican en:

1. **Sismos Interplaca.** Se producen cuando se vence la fuerza de fricción del contacto entre placas.
2. **Sismos Intraplaca.** Ocurren dentro de la placa tectónica, un caso particular son los sismos corticales que se generan en corteza a poca profundidad.

Los Sismos Volcánicos están acompañados de las erupciones volcánicas y son ocasionadas principalmente por el fracturamiento de rocas debido al movimiento del magma, sin embargo este tipo de sismos por lo general no llegan a ser tan grandes como los tectónicos.

La ruptura sísmica corresponde a la energía que estaba almacenada en forma de esfuerzos en la roca deformada la cual crea la falla, rompe la roca y vence la fricción entre ambas caras de la fractura que tratan de frenar el movimiento; al punto donde comienza la ruptura se le llama hipocentro y su proyección en la superficie terrestre se le conoce como epicentro.

En general los sismos se consideran someros si ocurren a profundidades menores a los 30 kilómetros de profundidad intermedia, si están en el rango de 30 a 60 kilómetros y profundos si se generan a profundidades mayores de las indicadas.

Es sustancial mencionar que aquellos movimientos sísmicos que ocurren antes de un temblor grande o principal son conocidos como pre-eventos y tienen el efecto de concentrar los esfuerzos que darán lugar a este. De la misma manera coexisten aquellos movimientos que suceden después del sismo principal y reciben el nombre de réplicas cuyos focos están localizados en el área de ruptura del evento principal o en su periferia, eso se debe a que parte de la energía almacenada en las rocas de la región que rodea la falla alimenta posteriormente; la ocurrencia de réplicas puede durar desde días hasta años, dependiendo de la magnitud del evento principal y del tipo de fuente sísmica.

➤ **Magnitud e Intensidad.**

La magnitud es un índice de la energía que libera un seísmo. Se usan diversas escalas de magnitud según la porción de los registros que se empleen para calcular esta cantidad, sin embargo la aceptación mayor corresponde a la llamada magnitud de momento, la cual se relaciona directamente con la energía liberada y es funcional lineal el logaritmo de esta energía.

La amplitud de las ondas generalmente se atenúa con la distancia, y tanto más rápidamente cuanto mayor sea la frecuencia de vibración, pero puede amplificarse localmente como consecuencia principalmente de la topografía o de las propiedades dinámicas del suelo. Este



último fenómeno se conoce como efecto de sitio. Las amplificaciones locales son selectivas en cuanto a la frecuencia de las ondas.

Las vibraciones del terreno tienen un poder destructivo que depende del conjunto de frecuencias de vibraciones, de sus amplitudes, de la duración del movimiento y de las construcciones que existan en el lugar. Para caracterizar el movimiento se debe hacer uso de un sentido abstracto de las propiedades de las estructuras existentes y por ende refiere al poder destructivo potencial de un sismo.

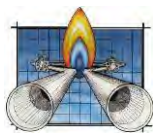
Este poder destructivo, el potencial, de un temblor en un sitio es lo que se mide con el concepto de intensidad. Un mismo temblor tiene por ello una sola magnitud (en una escala dada), pero diversidad de intensidades (aun en una escala dada de intensidad) según el punto de la superficie terrestre al que se refiera. La escala de intensidades más usada en el Continente Americano es la de Mercalli Modificada (MM), la cual va de 0 al grado XII, el grado XII corresponde por definición a destrucción total; no puede excederse.

Tabla 5. Escala modificada Mercalli de Intensidades de Sismos.

Escala	Descripción
I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.
II	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo.
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oír las vibraciones de la vajilla, puertas y ventanas. Se sienten crujir algunos tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que producirá el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V	La mayoría de las personas lo percibe aun en el exterior. En los interiores, durante la noche, muchos despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.
VI	Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los juguetes, libros y otros objetos caen de los armarios. Los cuadros suspendidos de las murallas caen. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien, se les oye crujir. Se siente el tañido de las campanas pequeñas de iglesias y escuelas.



Escala	Descripción
VII	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es percibido por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Sufren daños menores (grietas) las estructuras corrientes de albañilería bien construidas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estuco, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Las chimeneas débiles se quiebran a nivel de la techumbre. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes o taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimientos. Se dañan los canales de hormigón para regadío. Tañen todas las campanas.
VIII	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. En estructuras de albañilería bien proyectadas y construidas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casa e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún se salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.
XIX	Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construidas se destruyen. Las estructuras de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construidas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.
X	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Se producen daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, lagos, etc. sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre las playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.
XI	Muy pocas estructuras de albañilerías quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.
XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.



➤ Zonas Sísmicas de la República Mexicana.

Hipotéticamente la República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas que están diseñadas con fines antisísmicos; esta zonificación emitida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) contempla los datos de cada uno de los sismos que están registrados desde inicios de siglo, los más importantes y los de mayor impacto en la infraestructura (registros históricos) y en los registros de aceleración del subsuelo de los grandes movimientos ocurridos.

Las zonas sísmicas de la República Mexicana son las siguientes:

- **La Zona A:** Representa la región donde no se tienen registros de sismos, no se habían reportado en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10 % de la aceleración de la gravedad.
- **La Zona B y C:** Son zonas intermedias donde se registran sismos no tan frecuentemente, aunque son afectados por altas v aceleraciones que no sobrepasan el 70 % de la aceleración del suelo.
- **La Zona D:** Es la Franja donde se han presentado grandes sismos históricos, en esta región la ocurrencia de los sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelos pueden sobrepasar el 70 % de la aceleración de la gravedad.

Peligro.

La intensidad sísmica es una medida de los efectos causados por un sismo en un lugar determinado de la superficie terrestre, un sismo pequeño pero muy cercano puede causar grandes daños en cuyo caso se dice que su intensidad es grande; en cambio un sismo muy grande pero muy lejano puede apenas ser sentido, su intensidad es BAJA.

La escala de intensidad fue propuesta por primera vez en Italia por el científico Giuseppe Mercalli, la escala original constaba de 10 grados y la que se usa actualmente se llama escala de Mercalli modificada que consta de doce grados. A diferencia de la magnitud de intensidad se relaciona con los efectos sobre las personas y el nivel de daño en las estructuras.

Considerando las características de intensidad de la escala Mercalli modificada, el Municipio de Huejotzingo se encuentra asentado dentro de una región sísmica donde los valores de afectación por intensidad son de orden 0, sin embargo para la parte Sureste (SE) es posible observar que esta incrementa radicalmente un grado de intensidad de X (diez) el cual corresponde a desastres totales.

Por otra parte se considera la zonificación ya establecida por la Comisión Federal de Electricidad, el municipio de Huejotzingo, se encuentra asentado en una zona de media peligrosidad por colocarse dentro de la región sísmica B (**Ver Figura 6**).

Geofísicamente hablando el movimiento del suelo tiene diferente respuesta por las condiciones variables de los materiales que conforman la superficie terrestre; el movimiento del suelo en sitios de terrenos blandos es muy diferente del que llega a ocurrir en un terreno firme, esto debido a la amplificación dinámica que sufren las ondas sísmicas al propagarse a través de los medios deformables. Por otra parte las irregularidades topográficas y geológicas también producen amplificaciones y atenuaciones en el movimiento del terreno.



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
"Estación de Descompresión Embotelladora AGA"
Huejotzingo, Puebla.

Para fines prácticos en el modelamiento de la respuesta del subsuelo a el paso de las ondas sísmicas se recurre a un modelo homogéneo en el cual se supone que los depósitos sedimentarios están meramente horizontales. Esto permite una aproximación que consiste en remplazar el perfil estratigráfico por un manto homogéneo equivalente de igual espesor que se caracteriza por un periodo dominante y una velocidad efectiva de propagación de las ondas sísmicas.

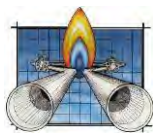
Con todo lo mencionado anteriormente se comprueba que el Municipio de Huejotzingo solo presenta susceptibilidad a la Sismicidad en la para la parte Sureste (SE) un grado de intensidad de X (diez) el cual corresponde a desastres totales según la escala de Mercalli, por otra parte el municipio de Huejotzingo, se encuentra asentado en una zona de media peligrosidad por colocarse dentro de la región sísmica B. después de lo mencionado podemos resumir que el sitio donde se encuentra el proyecto, queda exento de todo riesgo de sismicidad.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)



Figura 6. Incidencia del Proyecto en la Zonas Sísmicas de la República Mexicana (CFE - 2015).
Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

Fuente: Regionalización Sísmica de la Republica Mexicana (CFE 2015)



III.3.3. Corrimientos de tierra.

III.3.3.1. Deslizamientos.

Técnicamente hablando, un deslizamiento es un movimiento de la masa del suelo o roca la cual se desliza, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies.

La masa en este tipo de movimientos se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos por lo que llegan a alcanzar grandes volúmenes (varios millones de metros cúbicos). Estas velocidades con respecto al movimiento de las masas es igual en todos los puntos de deslizamientos y sus componentes siguen trayectorias paralelas.

Sin embargo cuando el material que se está deslizando no alcanza el equilibrio en la parte baja o en los límites del sistema, la masa sigue en movimiento a lo largo de cientos de metros lo que genera, que este alcance velocidades muy elevadas, dando lugar a flujos; las causas de que no se genere un equilibrio están restringidas directamente a la pérdida de resistencias del material base, el contenido de agua del material variable y en gran medida por la pendiente.

Dependiendo del tipo de superficie de ruptura se diferencia entre el deslizamiento rotacional (superficie cóncava o curvilínea) y el traslacional (superficie de rotura plana). En macizos rocosos muy fracturados o materiales homogéneos predominan los deslizamientos rotacionales, se produce un hundimiento del material en la cabecera donde se acumula el agua que induce a nuevas reactivaciones. Por el contrario, en materiales heterogéneos con superficie de discontinuidad bien definida predominan los deslizamientos traslacionales.

A continuación se describen los tipos de deslizamientos.

Deslizamientos Rotacionales. Este es el tipo de deslizamiento más frecuente en aquellos suelos cohesivos homogéneos. La rotura la rotura superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en forma de cucharas. Una vez que este proceso de inestabilidad se desencadena, la masa empieza a rotar, en diferentes bloques que se van deslizando entre si y que dan lugar a denominados escalones con una superficie basculada hacia la ladera y grietas de tracción estriadas. Las dimensiones de este tipo de deslizamientos, varían frecuentemente entre decenas y centenares de metros, tanto de manera longitudinal como latitudinal por lo que pueden ser tanto superficiales a unos cuantos metros, como de profundidad considerable en torno a los 10 metros. En este tipo de movimientos, la parte inferior de la masa deslizada se acumula a pie de ladera formando un depósito lobular con grietas transversales.

Deslizamientos Traslacionales. En este tipo de movimientos la rotura tiene lugar a favor de aquellas partes planas de debilidad preexistentes conocidos geológicamente como superficies de estratificación y contacto entre los diferentes tipos de materiales así como en las superficies estructurales; en este tipo de movimientos, el plano de rotura es una fina capa de material arcilloso entre estratos de mayor competencia, por lo que la profundidad que llegan a alcanzar no es muy grande, pero al ser superficies lisas las que deslizan el material en este tipo de movimientos las distancias laterales son extensas alcanzando grandes trayectorias.



➤ **Susceptibilidad al riesgo por deslizamiento.**

Como se mencionó anteriormente para los fenómenos de inestabilidad, también llamados fenómenos de remoción en masa, es difícil realizar una evaluación del peligro, por lo que solo se llega a evaluar la susceptibilidad del sitio; dicha susceptibilidad es así definida como el grado de propensión que tiene una zona a que en ella se genere o que resulte afectada por un fenómeno de remoción debido a sus condiciones intrínsecas.

El municipio de Huejotzingo de acuerdo a este tipo de fenómeno se encuentra representado por tres zonas de transición totalmente marcadas desde la parte superior en la corona del volcán Iztaccíhuatl hasta la parte baja de Huejotzingo.

La primera zona queda marcada en la parte superior, en la zona conocida como colapso de los pies y rodillas en donde los procesos que corresponden a un evento de deslizamiento están representados por un valor potencial muy alto, valor que es atribuido y correlacionado a todos los materiales volcánicos dispersos en la zona alta.

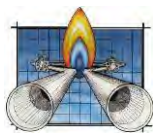
Esta zona esta comprendidas principalmente por una geología advertida por materiales volcánicos, como lo son las arenas y cenizas, las cuales son muy propensas a generar deslizamientos, ya que la superficie de rotura se presenta en la zona de transición entre estas y la roca extrusiva de estructura menos diferenciada.

Estos mismos procesos se ven marcados con menor claridad, esto es decir con valores de susceptibilidad medio alto, son las zonas que se encuentran en la parte escarpada de barrancas localizadas en la parte central de dicho municipio, en aquellas zonas que se encuentran en la parte central de dicho municipio, en aquellas zonas que forman los laterales correspondientes a los cauces naturales de las barrancas que se encuentran en las inmediaciones de las localidades de Santa María Atexcac y Santa María Nepopualco.

Tabla 6. Afectaciones recientes por deslizamientos en el Municipio de Huejotzingo.

Población	Localidad	Fecha	Grado de Afectación
Santa María Tianguistenco	Santa María Tianguistenco	17/02/2014	Bajo
Santa María Atexcac	Santa María Atexcac	24/03/2014	Medio
Santa María Atexcac	Santa María Atexcac	28/05/2014	Muy Alto
San Juan Pancoac	San Juan Pancoac	09/06/2014	Bajo
Huejotzingo	Huejotzingo	11/07/2014	Muy Bajo
Santa María Atexcac	Santa María Atexcac	21/05/2015	Alto
Santa María Atexcac	Santa María Atexcac	22/05/2015	Bajo
Santa Ana Xalmimilulco	Santa Ana Xalmimilulco	22/05/2015	Medio

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)



Referente al sitio del proyecto, como se mencionó anteriormente, queda fuera de todos los riesgos en cuanto a deslizamientos, ya que el proyecto no se encuentra en las zonas mencionadas las cuales son Santa María Atexcac y Santa María Nepopualco quedando exento de este tipo de riesgo.

III.3.3.2. Caídas o Derrumbes (Desprendimientos).

Los desprendimientos considerados como derrumbes, son caídas libres muy rápidas bloques, masas o rocas con un alto grado de intemperización, las cuales presentan en su estructura planos de discontinuidad (preexistentes). La caída comienza con el desprendimiento de suelo, rocas, o ambos, en una pendiente ampliamente pronunciada a lo largo de laguna superficie en donde se ha producido un grado de desplazamiento de rotura.

Este desprendimiento se origina por el desgaste de la masa de roca o suelo de un sistema geomorfológico con pendiente pronunciada (barranca, escarpe, acantilado). El movimiento tiene lugares mediante un fenómeno de caída libre el cual trae como consecuencia rebote o rodadura de los materiales hasta la parte más baja. El rebote que sucede origina que la masa de caída se rompa en fragmentos que a su vez se mezclan con los productos superficiales.

El material caído, una vez desparramado por la ladera, no suele experimentar nuevos movimientos. Cuando las caídas son frecuentes, los bloques se acumulan al pie de los escarpes rocosos formando canchales que ocasionalmente experimentan roturas y originan corrientes de derrubios.

Aunque los bloques desprendidos pueden ser de poco volumen, al ser procesos repentinos suponen un riesgo importante en aquellas partes donde existen vías de comunicación y edificaciones al pie de montaña. En ocasiones, los desprendimientos rocosos son fenómenos precursores de roturas de ladera de grandes proporciones.

La rotura suele producirse por deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura, proporcionando a la masa desplegada una velocidad inicial. La propagación de los desprendimientos en laderas con pendientes superiores a los 76° , se produce preferentemente por caída libre, por debajo de este Angulo los impactos son frecuentes mientras que en laderas de menos de 45° , la propagación se realiza por rotadora, y eventualmente por deslizamiento.

Susceptibilidad al riesgo de Caídas y Derrumbes (Desprendimientos).

Dentro del Municipio de Huejotzingo es posible observar que este tipo de evento es característico de aquellas zonas escarpadas en las regiones que están conformadas por dos factores principales, la pendiente y la consistencia de material rocoso.

A pesar de que estos dos factores condicionan totalmente la generación de este tipo de eventos, es importante mencionar que la vegetación juega un papel muy importante, pues de esta en su gran mayoría depende de que un suelo o una unidad rocosa se encuentren estable y no presente sistemas de desprendimiento.

Es así que de acuerdo a lo anterior se logra determinar que gran parte del territorio del Municipio esta percibido a zonas de media peligrosidad, zonas que se encuentran localizadas en su mayoría en los márgenes correspondientes a las barrancas y a los sistemas de depresión morfológica de la zona.



Algunos valores de mayor intensidad (Altos) se localizan en la parte meridional de las localidades de Santa María Atexcac y Santa María Nepopualco, presentando secuencias geométricas bien definidas con una dirección preferencial Oeste – Este, misma que sigue los lineamientos estructurales de las barrancas. Otra zona de mayor intensidad se localiza en la parte septentrional del municipio en los márgenes correspondientes a la zona de colmatación que alimenta el cauce del Río Xochiac.

Muchas de las zonas en las cuales se identifica el desarrollo de este fenómeno, está asociada directamente a aquellas partes en donde los materiales han sido percolados por los procesos erosivos de tipo hídrico, procesos que han dejado expuestos a los macizos rocosos y que están generando reservas potenciales de riesgos por caídos.

La distribución de los factores de intensidad obtenidos mediante el modelo consensado, identifico todas las zonas en donde se encuentra desarrollando el proceso de caídos y/o derrumbes; de esta manera se han cuantificado los valores porcentuales del territorio municipal para entender el total de la región que se encuentra afectado por dicho fenómeno.

Tabla 7. Afectaciones recientes por derrumbes en el Municipio de Huejotzingo.

Población	Localidad	Fecha	Grado de Afectación
Huejotzingo	Huejotzingo	08/03/2016	Bajo

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.

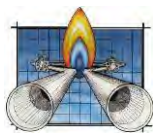
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

Referente al sitio donde se pretende realizar el proyecto, como se menciona anteriormente el riesgo de Caídas o Derrumbes para la mayor parte del municipio está catalogado como MEDIO. Sin embargo para la zona Oeste en las localidades Santa María Atexcac y Santa María Nepopualco, se cataloga como ALTO debido a su ubicación en zonas más elevadas, y en la parte Este del municipio en las zonas cercanas al Cauce del Río Xochiac, aun así el registro más reciente en cuanto a este riesgo se tiene ubicado en la parte centro del municipio en la localidad de Huejotzingo. Mencionando lo anterior el sitio del proyecto se encuentra en la parte Norte quedando fuera de los lugares que presentan algún tipo de riesgo en cuanto a Caídas o Derrumbes.

III.3.3.3. Flujos (Coladas).

Los flujos o colados, son movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o debris flow) o bloques rocosos (coladas con fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material esta disgregado y se comporta como un fluido, lo que ocasiona que sufra deformaciones durante su desplazamiento y por ende no presente superficies de rotura definida.

El agua es el principal agente desencadenante de este tipo de fenómenos, ya que de ella emana que el material no represente resistencia al corte, y que continuamente da lugar a materiales poco cohesivos. Es de lo anterior que este tipo de fenómenos afecten exclusivamente a suelos arcillosos que por condiciones petrofísicas sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados.



Este tipo de movimientos, poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener lugar en laderas de baja pendiente ($>10^\circ$).

Este tipo de movimientos son continuos ya que se comportan como un fluido viscoso por el alto contenido de agua que los conforma, por lo que se van amoldando a la morfología de la vertiente en la que se van desplazando. Existen tres tipos de flujos, los cuales se enlistan continuación.

Las Corrientes de Derrubios (Debris Flow): Corresponde a movimientos complejos que engloban a fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz de arena fina, limos y arcillas. Este tipo de procesos tiene lugar en aquellas laderas que se encuentran recubiertas por material suelto y/o poco consolidado, como es el caso de los depósitos de morrenas glaciares, y especial, entre aquellas donde no existe una cobertura vegetal. Este tipo de procesos se puede desarrollar en pendientes que varían entre los 20° y los 45° las cuales corresponden al área fuente de los flujos, hasta llegar a zonas de acumulación en donde la pendiente varía de 5° a 15° ; lo anterior permite que se puedan obtener velocidades desde menos de 1m/seg., o hasta 12 – 15m/seg.

Las Coladas Fangosas (Earth Flow): Este tipo de fenómeno se da en materiales predominantes finos y homogéneos, su velocidad puede alcanzar varios metros por segundo, dependiendo de la cantidad de agua que contenga; la pérdida de resistencia suele estar motivada por la saturación excesiva de agua. Se clasifican según el tipo de materia, las características resistentes y el contenido de agua. Los flujos de barro generalmente presentan pequeñas magnitudes, pero en ocasiones, sobre todo en condiciones climatológicas de alta precipitación pueden ser de valores muy extensos y de velocidades excesivamente altas, teniendo consecuencias catastróficas en aquellas zonas con presencia de asentamientos humanos. Es importante mencionar que los materiales volcánicos finos, por sus propiedades físicas y geomecánicas, son especialmente susceptibles a este tipo de procesos.

El Fenómeno de Reptación (Creep): El movimiento que en este proceso se exhibe es uno de orden superficial (unos decímetros) muy lento, prácticamente imperceptible, que afecta a suelos y materiales alterados provocando deformaciones continuas que se manifiestan al cabo de un tiempo en la inclinación o falta de alineación de la vegetación. En ocasiones este tipo de movimientos se clasifican como movimientos de tipo Creep, término que hace referencia a una deformación tiempo – dependiente y que define el comportamiento de deformación del material.

➤ **Susceptibilidad al Riesgo por Flujos.**

Se debe entender que estos procesos se desdaran únicamente cuando el total volumétrico de las corrientes hídricas supera el límite de cohesión de los materiales haciendo que estos se vuelvan casi – nulos a las fuerzas de corte y por ende se puedan deslizar como pseudo – fluidos.

El municipio de Huejotzingo se encuentra marcado por épocas de alta precipitación, la cual resulta en inundaciones en la parte llana y baja de su territorio, en donde las pendientes son menores a 3° , sin embargo estas corrientes hídricas tienen su mayor potencial erosivo en la parte Oeste del territorio, pues ahí en donde las corrientes por ayuda de la topografía descienden. Dichas corrientes que viajan a la parte baja del Municipio saturan al medio natural en su viaje y es aquí donde los materiales fallan y llegan a convertirse en flujos netos que llegan



a ser totalmente destructores a su paso, pues la energía que en estos se acumula es demasiada que puede llegar a arrasar con viviendas.

Para el Municipio, se considera como factores primordiales a la edafología, pendiente, densidad de disección horizontal y claramente la precipitación. Dichos factores proporcionan un modelo en el cual la mayor susceptibilidad al riesgo por el fenómeno de flujos se presenta en las corrientes que acontece a las barrancas y ríos; estas corrientes que desembocan en la parte baja del municipio, ponderan valores bajos, lo que se encuentra indicando que el fenómeno puede suceder, no meramente como en las zonas de mayor energía al movimiento, pero si como en zonas en donde los productos acarreados por los flujos se llegaran a depositar y formaran abanicos de dispersión.

Las zonas con mayor desarrollo es la parte superior del municipio, aquella en donde se desarrollaron los procesos de colapso de las estructuras volcánicas conocidas como los Pies y Rodillas; estos, altos valores son interpretados desde el punto de vista geológico, recordando que dichas zonas están constituidas por materiales volcánicos de baja consolidación, los cuales llegan a saturarse de grandes cantidades de agua en sistemas de alta precipitación.

A lo anterior se debe sumar el hecho de que estas zonas son las partes principales en donde se desarrollan las corrientes secundarias, mismas que se encuentran alimentando a las corrientes principales en la parte baja del Municipio, por lo que dichos valores de gran intensidad representa directamente la potencialidad de estas corrientes a desplazar grandes caudales de agua y materiales sueltos hasta desarrollar procesos de flujo.

Las localidades que están sujetas a una mayor afectación por este fenómeno, son las localidades de Santa María Nepopualco y Santa María Atexcac, pues es en ellas en donde las corrientes con el paso del tiempo geológico han desarrollado un proceso de colmatación considerable, proceso que ha dado lugar a una tipografía variable.

Dentro de dichas localidades se encuentran valores de susceptibilidad al riesgo principalmente medio y alto, los cuales se desarrollan con mayor integridad y potencia a la parte del cauce, pudiendo observar que la localidad con mayor afectación es Santa María Atexcac, pues es en su parte austral en donde se desarrolla con mayor intensidad este proceso. Este proceso es posible vislumbrarlo con una dirección preferencial tanto en dirección W - E a la parte baja del municipio como a la parte interna de la localidad en donde se vislumbran valores altos y medios.

La distribución de los factores de intensidad obtenidos mediante el modelo creado, identifico todas las zonas en donde se encuentra desarrollando el proceso de Flujos; de esta manera se han cuantificado los valores porcentuales del territorio municipal para entender el total de región que se encuentra afectado por dicho fenómeno.

Es importante recalcar que el valor de mínima intensidad correspondiente al peso muy bajo, ha sido limitado en razón a la interpretación geológica y recordando que las zonas bajas sufren en ciertas épocas de lluvias grandes inundaciones que desencadenan movimientos de grandes volúmenes de material, los cuales son interpretados como flujos de menor escala.



Tabla 8. Afectaciones Recientes por Flujos en el Municipio de Huejotzingo.

Población	Localidad	Fecha	Grado de Afectación
Santa María Nepopualco	Santa María Nepopualco	25/09/2016	Medio

Dichos flujos que a pesar de ser de escala mínima, están en procesos de erosión y desgaste de la superficie y que en un tiempo geológico diferente, serán zonas en donde se desarrollen causas y en consecuencia puedan desarrollarse flujos.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

En cuanto al sitio donde se pretende instalar la Estación de descompresión, se encuentra fuera de riesgo para Flujos o Coladas, ya que las zonas vulnerables para este riesgo con valores ALTOS y MEDIOS se encuentran al Oeste del municipio en zonas elevadas, en las localidades María Nepopualco y Santa María Atexcac, teniendo en la localidad de Santa María Nepopualco, el registro más reciente en afectación por Flujos o Coladas.

III.3.4. Hundimientos y Subsidiencias.

De acuerdo al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), existen dos tipos de movimientos que se caracterizan por tener un desplazamiento de la componente vertical diferenciándose habitualmente entre hundimientos, o movimientos repentinos y subsidiencias. De lo anterior se pueden distinguir los siguientes tipos.

1. Hundimientos de cavidades subterráneas en roca, con o sin reflejo en la superficie.
2. Hundimientos superficiales, en roca o suelos.
3. Subsidiencias, o descensos lentos y paulatinos de la superficie del terreno.

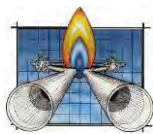
En el primer caso, los movimientos suelen ocurrir por un colapso de los trechos correspondientes a las cavidades del subsuelo, más o menos profundos, al alcanzarse una situación límite en la resistencia de las rocas suprayacentes, sometidas a tensiones que estas no pueden soportar. Es así que los materiales presentan comportamiento frágil con roturas violentas.

El hecho de que estos repercutan o no en la superficie depende de la potencia y características geomecánicas de cada uno de los materiales suprayacentes.

➤ Hundimientos.

Los hundimientos corresponden a movimientos verticales del subsuelo por acción de la gravedad; dichos movimientos se llevan a cabo por la falta de sustrato rocoso en el subsuelo en zonas donde existen huecos o cavidades producidas por excavaciones, obras subterráneas, erosión, interna o karsticidad. Cuando se presenta un colapso de este tipo normalmente es súbito y devastador.

Las lluvias, las fugas de agua y el drenaje que se infiltra en el subsuelo por periodos largos de tiempo son las principales causas que contribuyen a la ocurrencia de hundimientos súbitos, ya que reblandecen los materiales del subsuelo y propician la falla en los techos de las cavidades.



Es de esta manera que los hundimientos pueden tener un origen antropogénico y natural, de aquí que la velocidad con que estos ocurren sea variable, pudiendo presentarse los siguientes casos:

1. Hundimientos lentos y progresivos que son denominados como Subsistencia.
2. Hundimientos rápidos y repentinos considerados como Colapsos.

La ocurrencia de los hundimientos depende de los siguientes factores:

1. Volumen y forma de la cavidad.
2. Espesor de recubrimiento sobre las cavidades (o profundidad de los huecos).
3. Resistencia y comportamiento mecánico de los materiales suprayacentes.

➤ **Subsistencias.**

Las subsidencias son generalmente procesos muy lentos, que con frecuencia se aceleran por acciones antropogénicas. Este tipo de fenómeno afecta todo tipo de suelo y se produce debido a los cambios tensionales inducidos por el terreno; algunas de las causas por las que se genera el fenómeno de subsidencia son:

- Descenso del nivel freático.
- Procesos de minería y túneles.
- Extracción de hidrocarburos.
- Explotación intensiva de acuíferos.
- Procesos de disolución.
- Procesos de colmatación.
- Procesos morfotectónicos y de sedimentación.
- Procesos de consolidación de suelos blandos y orgánicos.

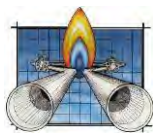
Una de las causas más importantes para que este fenómeno se produzca, es aquella en la que se relacionan las cargas superficiales con el descenso del nivel freático y la sobreexplotación de mantos acuíferos. En este sistema se afectan aquellos materiales no consolidados, que como consecuencia de la pérdida de agua, sufren cambios en el estado tensional, reduciendo su volumen y produciendo un descenso de la cota superficial.

Este tipo de subsidencia es frecuente en suelos arcillosos por sobreexplotación de los acuíferos arenosos intercalados. Su importancia depende del tipo de sedimento, su espesor y de la magnitud del descenso del nivel freático que en ocasiones y gracias a las deformaciones del terreno pueden ser recuperables por nuevos cambios en las condiciones hidrometeorológicas si no se ha superado el límite elástico.

Por su parte la subsidencia producto de los procesos tectónicos y de consolidación de sedimentos arcillosos, se manifiesta en los deltas, donde las tasas de material depositado suponen una carga creciente sobre el sustrato, produciéndose movimientos verticales de reajuste.

➤ **Susceptibilidad al Riesgo por Hundimientos y Subsistencias.**

A pesar de que el Municipio de Huejotzingo se encuentra situado sobre suelos de origen volcánico, debe entenderse que estas rocas únicamente forman la parte más profunda o basal



de la zona y la parte correspondiente a la porción más elevada que corresponde al volcán Iztaccíhuatl; por otra parte la zona baja del municipio está constituida por materiales de origen meramente erosivos y con procesos de sedimentación constante como aluviales.

En la región centro del municipio (localidad Huejotzingo, Huejotzingo), zona donde se localizan doce pozos de los cuales se sabe el nivel de la capa freática. Esta superficie freática es de valores muy variables y contrastantes, puesto que en la parte centro del municipio se denotan profundidades en intervalos de 140 a 180 m, por otra parte las profundidades más someras pueden ser vislumbradas en intervalos de 10 m a 50 m. Es así que los sumideros mínimos de los pozos correspondientes se localizan en las zonas cercanas a los cauces naturales de las corrientes hídricas que atraviesan el municipio, lo que indica que la recarga está siendo de manera directa del río a la zona.

Santa Ana Xalmimilulco (Localidad del municipio), por su parte esta resignada especialmente por niveles freáticos de baja profundidad de 3 a 31 m localizados en los márgenes laterales del cauce correspondiente al Río Xochiac, mientras que más al Sur se localiza la máxima profundidad, a la que corresponden valores en el orden de los 100 a 135 m.

Es posible inferir que en primera instancia que el riesgo por hundimientos y subsidencia en media BAJA a MEDIA, se puede llegar a presentar en todas aquellas áreas en donde los niveles de saturación comienzan a aumentar conforme la profundidad, esto es, que el cono de abatimiento de cada uno de los pozos aumente en proporción considerable y por ende la recarga del mismo sea menor a la explotación que estos están teniendo.

Por lo anterior se recomienda el uso de técnicas geofísicas en su modalidad eléctrica, electromagnética o gravimétrica, así como un seguimiento trimestral o anual de los niveles freáticos en cada pozo, con el fin de poder generar modelos de abatimiento, asentamiento y cambios en la dirección de la corriente hídrica para poder así ponderar riesgos de hundimiento y de subsidencia que puedan irse desarrollándose

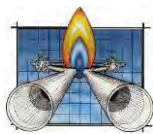
En la región centro del municipio (localidad Huejotzingo, Huejotzingo), zona donde se localizan doce pozos de los cuales se sabe el nivel de la capa freática. Es así que los sumideros mínimos de los pozos correspondientes se localizan en las zonas cercanas a los cauces naturales de las corrientes hídricas que atraviesan el municipio, lo que indica que la recarga está siendo de manera directa del río a la zona.

Después de lo anterior se comprueba que el sitio donde se pretende realizar la Estación de Descompresión, no se encuentra en ninguno de los lugares mencionados anteriormente, por lo que no se encuentra en terrenos vulnerables a hundimientos o subsidencias, ya que estos están identificados al a la parte Centro del Municipio, deslindándose el sitio del Proyecto así de cualquier peligro en estos aspectos.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

III.3.5. Inundaciones.

Las inundaciones se han convertido en uno de los desastres naturales más frecuentes que afectan a la sociedad, a los seres humanos, sus bienes materiales, los recursos culturales y ecológicos.



Se entiende por inundación, aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

➤ **Factores Característicos de la Inundación.**

Las inundaciones se clasifican entre los fenómenos de inicio súbito, aunque su velocidad depende del tipo:

1. Inundaciones repentinas
2. Inundaciones fluviales (en su mayoría estacionales).
3. Inundaciones costeras, en relación con ciclones tropicales, maremotos o mareas de tempestad.

Los factores que influyen en su gravedad son la profundidad del agua, la duración, la velocidad, el ritmo de la subida del agua, la frecuencia con la que se producen y la estación.

➤ **Factores Modificadores de la Vulnerabilidad.**

Factores naturales y de origen humano:

- Asentamientos situados en llanuras aluviales.
 - Edificios y cimientos no resistentes.
 - Ausencia de sistemas de alarma y concientización sobre el peligro de inundación.
 - Escasa capacidad de tierra para absorber la lluvia, por ejemplo, debido a la erosión o al revestimiento con cemento.
- **Riesgo por Inundación.**

Uno de los fenómenos en gran medida que afectan al Municipio de Huejotzingo es el que corresponde directamente al fenómeno de lluvias extremas en el cual como factor secundario se desarrollan las inundaciones, debido principalmente a que el volumen de agua que entra en circulación sobre el cauce topográfico fijo se excede y por ende provoca un desbordamiento del cauce natural.

El principal riesgo por este fenómeno secundario en medida MEDIA y ALTA, se localiza en la parte oriente del Municipio específicamente en la zona baja parte en la que se asienta la Cabecera Municipal (al centro) y la Localidad de Santa Ana Xalmimilulco (al Noreste), así como las poblaciones de Santiago Mexxtla y San Mateo Capultitalan. Se hace mención de estos cuatro centros poblacionales ya que son los más afectados por la crecida de los cauces correspondientes a los Ríos Xochiac y Xopanac.

Esta afectación que reciben dichas localidades se ve reflejada inmediatamente en la pérdida de bienes materiales y productivos (agrícola ganadero), sin embargo esta no es la única repercusión que dicho fenómeno genera, pues al ser un proceso natural que se relaciona directamente con el desgaste paulatino del suelo y/o roca surge otro inquietante proceso geológico conocido como erosión, dicha erosión de tipo hídrico, tiene una mayor presencia en zonas bajas, pues en estas partes donde los materiales detríticos más finos se van asentando con el tiempo geológico hasta convertirse en roca por procesos diagenéticos, sin embargo para



que esto suceda el tiempo geológico debe ser lo suficientemente grande o algún evento orogénico de interactuar.

Después de lo mencionado anteriormente, se comprueba que el sitio del Proyecto, no se encuentra en ninguno de los lugares mencionados anteriormente, por lo que no se encuentra en terrenos vulnerables a hundimientos o subsidencias, deslindándose así de cualquier peligro en estos aspectos, ya que los sitios donde se presenta este riesgo en medida MEDIA y ALTA, se encuentran en la parte Este y Centro del Municipio.

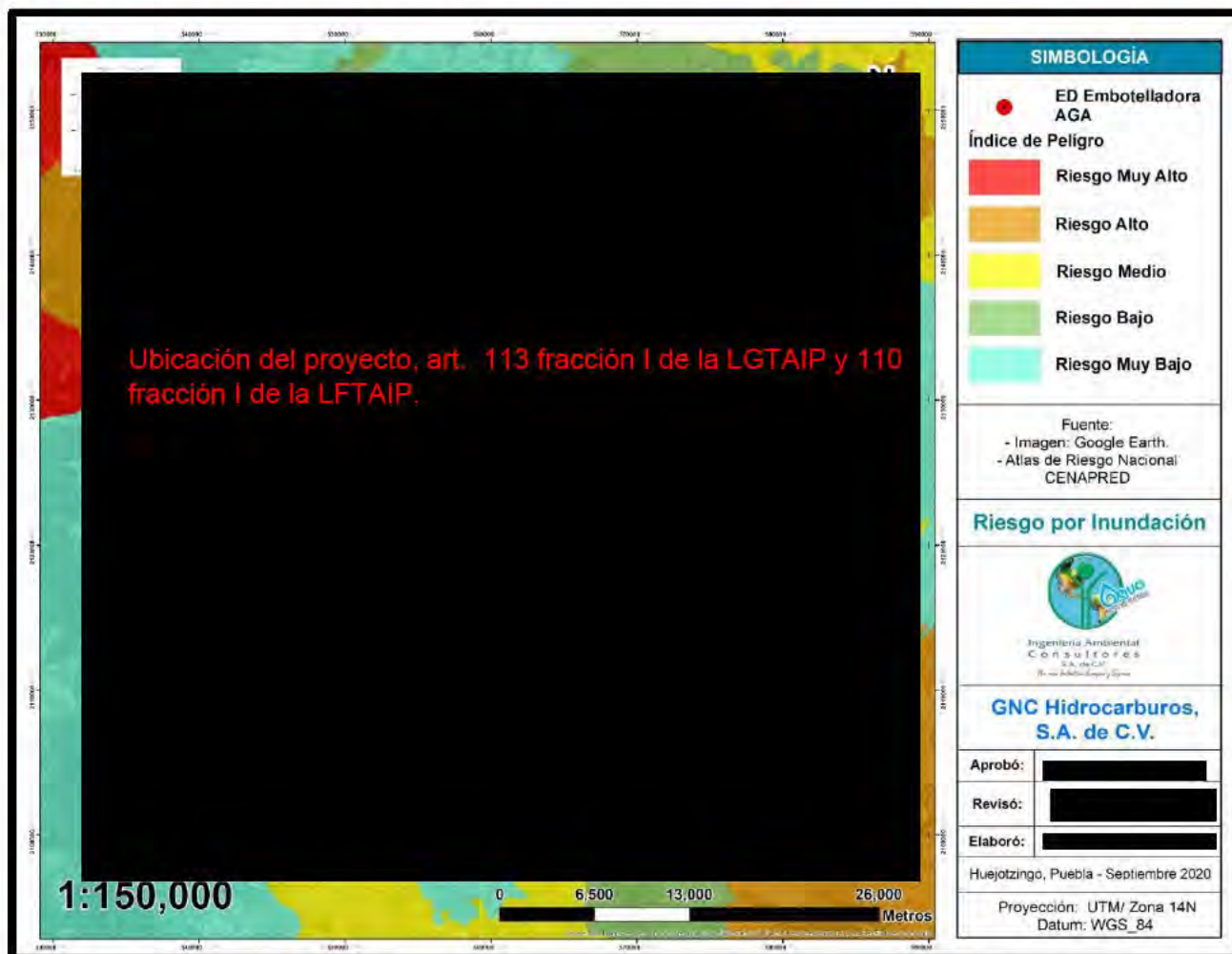


Figura 7. Incidencia del Proyecto en el Índice de Riesgo por Inundaciones, Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

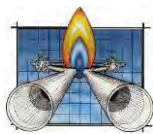
Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

III.3.6. Erosión (Pérdida de Suelo)

En el Atlas de Riesgos para el Municipio de Huejotzingo, no se menciona algún riesgo para el fenómeno de Erosión, sin embargo la pérdida de suelo se da en los fenómenos de



Deslizamientos, Caídas y Derrumbes (desprendimientos) así como los Flujos y coladas, ubicados hacia la parte Oeste y Centro del Municipio de Huejotzingo.

III.3.7. Contaminación del Agua Superficiales (Contaminación por Esguimientos y Erosión)

El Riesgo por este fenómeno no se presenta para el Municipio de Huejotzingo, ya que como se mencionó anteriormente la pérdida de suelo se ubica para la parte Oeste del municipio y las principales causas de los ríos en el municipio están en la parte Este del Municipio.

III.3.8. Huracanes (Ciclones Tropicales).

Un huracán o ciclón tropical, es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el Hemisferio Norte. Su origen es en las regiones tropicales. En latitudes templadas los ciclones son referidos como depresiones o ciclones extratropicales, y el término ciclón se usa únicamente para referirse a los ciclones tropicales.

Los ciclones tropicales son como motores gigantes que usan aire cálido y húmedo como combustible. Por eso se forman solo sobre los océanos de agua templada, cerca del Ecuador. Estos sistemas de tormenta exigen, al menos, dos requisitos básicos, calor y humedad; como consecuencia, solo se desarrollan en los trópicos, entre las latitudes 5° y 30° Norte y Sur, en las regiones y temporadas en que la temperatura del mar es superior a los 26° C.

Los ciclones tropicales tienen un área casi circular con la presión más baja en el centro, transportan gran cantidad de humedad y frecuentemente se trasladan con velocidades comprendidas entre 10 a 40 km/h.

➤ Génesis y Tipos de Ciclones.

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o a la velocidad de sus vientos. Se les denomina Depresión Tropical (presión de 1008 a 1005 mb o velocidad de los vientos menor que 63 km/h), Tormenta Tropical (presión de 1004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h) y huracán (presión menor que 984 mb o velocidad del viento mayor que 119 km/h).

Un ciclón Tropical se define como, una gran masa de aire cálida y húmeda con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión. Se originan en el mar entre los 5° y 15° de latitud, tanto en el hemisferio Norte como en el Sur.

Los huracanes se clasifican de acuerdo con la intensidad de sus vientos, utilizando la escala de vientos de huracanes, en la cual los huracanes de categoría 1 tienen los vientos menos rápidos, mientras que los de categoría 5 presentan los más intensos.

➤ Etapas de Evolución.

La evolución de un ciclón tropical puede llegar a desarrollar cuatro etapas:



Etapas	Descripción
Perturbación Tropical	Zona de inestabilidad atmosférica asociada a la existencia de un área de baja presión, la cual propicia la generación incipiente de vientos convergentes cuya organización eventual provoca el desarrollo de una Depresión Tropical.
Depresión Tropical	Los vientos se incrementan en la superficie, producto de la existencia de una zona de baja presión. Dichos vientos alcanzan una velocidad sostenida menor o igual a 62 kilómetros por hora.
Tormenta Tropical	El incremento continuo de los vientos provoca que estos alcancen velocidades sostenidas entre los 63 y 188 km/h. las nubes se distribuyen en forma de espiral. Cuando el ciclón alcanza esta intensidad se le asigna un nombre preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial.
Huracán	Es un ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119km/h. el área nubosa cubre una extensión entre los 500 y 900 km de diámetro, produciendo lluvias intensas. El ojo del huracán alcanza normalmente un diámetro que varía entre 24 y 40 km, sin embargo, puede llegar hasta cerca de 100 km.

➤ **Escala Saffir – Simpson.**

Dependiendo de la magnitud de los vientos y de la cantidad de precipitación que puede generar se clasifican en diferentes categorías, Depresión Tropical, Tormenta Tropical, Huracán o simplemente Ciclón. En esta clasificación se clasifica el fenómeno de acuerdo a la intensidad de los vientos.

Esta escala estima potencial de daños a la propiedad. Los huracanes que llegan a la categoría 3 y superior se consideran huracanes mayores debido a su potencial para la pérdida significativa de vidas y daños. Categoría 1 y 2 son tormentas con peligro, sin embargo, y que requieren medidas preventivas. En el pacifico Norte Occidental, el termino supertifón se utiliza para los ciclones tropicales con vientos sostenidos a 150 mph.

Gráficamente, los ciclones se forman las latitudes intertropicales (trópicos de Cáncer y Capricornio) ya que cuentan con temperaturas ambientales superiores a los 26° C, por ello son raros los casos en los que se forman al Norte o Sur de los trópicos.

La región geográfica en la que se encuentra ubicado en el Municipio de Huejotzingo, es afectada de manera indirecta por ciclones tropicales, ello se debe a la influencia de los fenómenos hidrometeorológicos que se desarrollan en la cuenca del Atlántico la cual abarca el Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México, y cuya temporada de huracanes se extiende del 1 de Junio al 30 de Noviembre, de acuerdo con el Centro Nacional de Huracanes (CNH).

Los ciclones tropicales provocan tres efectos, marea de tormentas, vientos fuertes y lluvias extremas, en el municipio el único que podría experimentarse es la lluvia, que a su vez puede



provocar inundaciones, sin embargo y dadas las condiciones y características del municipio es difícil que se produzcan este tipo de afectaciones.

Tabla 9. Escala Saffir – Simpson.

Velocidad del Viento	33 – 42 m/s	119 – 153 km/h	64 – 82 kt	74 – 95 mi/h
Marea	1.2 – 1.5 m		4.5 ft	
Presión Central	980 – 994 mbar		28.94 pulg Hg	
Nivel de Daños	Sin daños en las estructuras de los edificios. Daños básicamente en casas flotantes no amarradas, arbustos y árboles. Inundaciones en zonas costeras y daños de poco alcance en puertos.			
Ejemplos	Huracán Agnes – Huracán Boris - Huracán Carlota – Huracán Cosme – Huracán Danny – Huracán Vince - Huracán Joyce – Huracán Lorenzo - Huracán Manuel - Huracán Ingrid.			
Velocidad del Viento	43 – 49 m/s	154 – 177 km/h	83 – 95 kt	96 – 110 mph
Marea	1.8 – 2.4 m		6 – 8 ft	
Presión Central	965 – 979 mbar		28.50 – 28.91 “Hg	
Daños Potenciales	Daños en tejados, puertas y ventanas. Importantes daños en la vegetación, casas móviles, etc. Inundaciones en puertos así como ruptura de pequeños amarres.			
Ejemplos	Huracán Alex - Huracán Diana - Huracán Erin - Huracán Fabio - Huracán Irene - Huracán Catarina.			
Velocidad del Viento	50 – 58 m/s	178 – 209 km/h	96 – 113 kt	111 – 130 mph
Marea	2.7 – 3.7 m		9 – 12 ft	
Presión Central	945 – 964 mbar		27.91 – 28.47 “Hg	
Daños Potenciales	Daños estructurales en edificios pequeños. Destrucción de casas móviles. Las inundaciones destruyen edificaciones pequeñas en zonas costeras y objetos a la deriva pueden causar daños en edificios mayores. Posibilidad de inundaciones tierra adentro.Huracán Alberto - Huracán Alicia - Huracán Bonnie - Huracán			
Ejemplos	Huracán Alberto - Huracán Alicia - Huracán Bonnie - Huracán Bud - Huracán Daniel - Huracán Isidore – Huracán Jeanne - Huracán Sandy- Huracán Kenna.			
Velocidad del	59 – 69 m/s	210 – 249 km/h	114 – 135 kt	131 – 155 mph



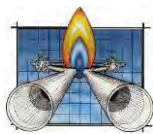
Viento				
Marea	4.0 – 5.5 m		13 – 18 ft	
Presión Central	920 – 944 mbar		27.17 – 27.88 "Hg	
Daños Potenciales	Daños generalizados en estructuras protectoras, desplome de tejados en edificios pequeños. Alta erosión de bancales y playas. Inundaciones en terrenos interiores.			
Ejemplos	Huracán Danielle - Huracán Dennis - Huracán Earl - Huracán Emilia - Huracán Félix - Huracán Frances - Huracán Igor - Huracán Ike -Huracán Isaac - Huracán Katia - Huracán Norbert - Huracán Opal - Huracán Paulina - Tifón Soulik - Tifón Utor.			
Velocidad del Viento	Mayor 70 m/s	Mayor 250 km/h	Mayor 136 kt	Mayor 156 mph
Marea	Mayor 5.5 m		Mayor 19 ft	
Presión Central	Menor 920 mbar		Menor 27.17 "Hg	
Daños Potenciales	Destrucción de tejados completa en algunos edificios. Las inundaciones pueden llegar a las plantas bajas de los edificios cercanos a la costa. Puede ser requerida la evacuación masiva de áreas residenciales.			
Ejemplos	Huracán Allen – Huracán Andrew - Huracán Dean - Huracán Emily - Huracán Gilbert - Huracán Isabel - Huracán Ioke - Huracán Iván –Huracán John – Huracán Katrina - Huracán Linda - Huracán Mitch - Huracán Rita – Huracán Wilma - Tifón Tip - Tifón Usagi - Tifón Haiyan- Huracán Patricia.			

➤ **Susceptibilidad por Ciclones Tropicales.**

La susceptibilidad por la presencia de este tipo de fenómenos dentro del municipio de Huejotzingo es prácticamente Nula, esto debido a que los vientos de mayor intensidad de México y los encargados de producir los huracanes, se desarrollan únicamente en zonas costeras.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

Después de lo mencionado en el párrafo anterior, se comprueba que para el sitio donde se pretende realizar la Estación de Descompresión no se presenta ningún riesgo relacionado a este fenómeno.



III.3.9. Otros efectos meteorológicos adversos.

III.3.9.1. Ondas Gélidas y Cálidas.

Los efectos conocidos como Ondas de Frio y Ondas de Calor (Gélidas y Cálidas) reciben un peso considerable, esto debido a que solo se presentan en eventos climáticos extremos. En dichos eventos, se llega a presentar un valor anómalo con respecto a la precipitación y la temperatura; los eventos menos raros ocurren con un promedio aproximado de cada 20 años (5% de los casos), los eventos muy raros tienen un periodo de ocurrencia de 50 años (con 2% de probabilidades de ocurrir) y los extremadamente raros se presentan en un ciclo de 100 años (con solo 1% de probabilidad de que ocurran).

Este tipo de fenómenos tienen diferentes maneras de ser estudiados, pero normalmente se hace con técnicas probabilísticas y su incidencia se mide con lo que se conoce como tiempo o periodo de retorno, el cual está definido como el tiempo promedio en que tarda en repetirse este evento climático.

El análisis de estos fenómenos se genera a partir del estudio de las variaciones en las temperaturas tanto máximas como mínimas midiendo el impacto que este fenómeno provoca en las actividades económicas y los efectos que causa el ser humano.

➤ Ondas Gélidas.

Un frente frío, es una franja de mal tiempo que ocurre cuando una masa de aire frío se acerca a una masa de aire caliente. El aire frío, siendo más denso, genera un acúñamiento, metiéndose por debajo del aire cálido el cual es menos denso.

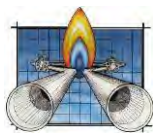
Los frentes fríos se mueven de manera rápida, son fuertes y causan perturbaciones atmosféricas que derivan tormentas eléctricas, chubasco, tornados, vientos fuertes y tempestades cortas de nieve antes del paso de dicho frente y dependiendo de la época del año y de su localización geográfica, los frentes fríos varían en una sucesión de 5 a 7 días.

El origen de los frentes fríos que llegan en la temporada invernal al territorio Mexicano, tienen su origen en los ciclones extra tropicales intensificados en las costas de Norteamérica correspondiente al Océano Pacífico. Los fenómenos sinópticos en el clima invernal en México son decisivos, así como los frentes fríos son los más importantes debido a su influencia en la variabilidad de la temperatura. Así pues, las perturbaciones dominantes en invierno son los frentes fríos originados en latitudes medias con trayectorias de avance de Noreste a Sureste, que cruzan frecuentemente sobre el país proveniente de Norteamérica.

Los frentes fríos son zonas de transición entre dos masas de aire de distintas características, una fría y otra caliente con la particularidad de que la masa de aire frío es la que se desplaza a mayor velocidad que la caliente.

El fenómeno es muy violento y el ascenso del aire caliente provoca la formación de abundantes nubes de desarrollo vertical. Estos fenómenos se caracterizan por fuertes vientos, nublados y precipitaciones si la humedad es suficiente.

La frecuencia de los frentes frío es muy variable y depende de su origen, la mayoría viene del Océano Pacífico (origen marítimo polar), algunos vienen del norte (polar continental) y otros



tienen origen ártico continental; para el periodo que comprende los meses de noviembre a marzo, los frentes cruzan el territorio Mexicano en el Istmo y reciben el nombre de Tehuantepecos, que son vientos fuertes que ocasionan anomalías térmicas en el Golfo de Tehuantepec.

Cuando las masas polares atraviesan el Golfo de México dan origen a los fenómenos conocidos como nortes, a lo largo del litoral, en realidad son frentes fríos acompañados de fuertes vientos del norte que producen tormentas con aguaceros intensos, generalmente de origen orográfico en los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche. El paso de algunos frentes fríos puede producir nevadas en las montañas de México, al registrarse muy bajas temperaturas con presencia de humedad.

➤ **Ondas Cálidas.**

Un frente cálido recibe su nombre cuando la parte frontal de una masa de aire tibio avanza hasta tal punto que comienza a invadir y emplazar una masa de aire frío que está en retroceso. Con el paso de un frente cálido, la temperatura y la humedad aumenta, la presión sube y a pesar de que el viento cambia no es tan pronunciado como cuando una más fría pasa.

La precipitación que se genera en forma de lluvia, nieve o llovizna, se encuentra al inicio de un frente superficial, así como las lluvias conectivas y las tormentas. La neblina es común en el aire frío que antecede a este tipo de frente y a pesar de que casi siempre aclara una vez pasado el frente, algunas de las veces se origina una neblina en el aire cálido.

➤ **Susceptibilidad a Temperaturas Máximas y Mínimas.**

El diagrama correspondiente a los valores de máxima temperatura muestra un incremento de hasta 40° C para algunas estaciones a partir del intervalo de los 25 a los 50 años; este incremento de temperatura se distribuye principalmente en la parte baja del municipio.

Por su parte los valores obtenidos mediante los modelos correspondientes al análisis de las temperaturas mínimas inicialmente se encuentran conformadas por intervalos bien marcados de 10° a 11° C y 12° a 18° C. El incremento de estas temperaturas mínimas se ven reflejadas en gran medida en la parte Oeste del Municipio, en las mayores elevaciones que se marcan desde la zona boscosa hasta la cima de la estructura volcánica Iztaccíhuatl.

A pesar de que estas temperaturas contienen muestras de 12° a 18° C en la parte central del municipio la obtención de los valores correspondientes a cada uno de sus periodos de retorno gesta un incremento de la temperatura, incremento que se corrección a con el primer periodo de las temperaturas máximas del municipio. La comparación de la máxima y la mínima para una misma estación marca como el caso de Huejotzingo temperaturas máximas de 34.69° C a un periodo de retorno de 50 años y una mínima de 14.2° C.

De lo anterior se puede concluir que el municipio de Huejotzingo se encuentra sujeto a cambios considerables en un intervalo de tiempo proyectado a 50 años, pues las temperaturas que son consideradas máximas, pasan a ser mínimas ya que las máximas continuaran su incremento de manera exponencial hasta alcanzar valores sorteados entre los 40° C y las mínimas se proyectarán para temperaturas cercanas a los 20° C.



De acuerdo con el CENAPRED se han establecido los siguientes rangos de intensidad al riesgo tanto para temperaturas máximas como para temperaturas mínimas.

Tabla 10. Parámetros de intensidad considerados para temperaturas máximas y mínimas en base a CENAPRED.

Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Rango
Menor a 15°	Mayor a 15°	Muy Bajo
De 16° a 21° C	De 12° a 15° C	Bajo
De 22° a 27° C	De 8° a 12° C	Medio
De 28° a 34° C	De 4° a 8° C	Alto
Mayor a 35° C	De 0° a 4° C	Muy Alto

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

Con lo mencionado anteriormente, el sitio del proyecto se encuentra en un riesgo BAJO, ya que se cataloga que todo el municipio se encuentra en este rango, aunque se considera que puede llegarse a presentar una escala de Riesgo ALTA en todo el municipio, principal en la parte Oeste del municipio debido a sus elevaciones

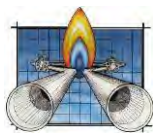
III.3.9.2. Heladas.

El fenómeno heladas ocurre cuando la temperatura del aire registrada a 1.50 metros sobre el nivel del suelo es de 0° C o menos durante un tiempo mínimo de cuatro horas. El fenómeno así, es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0° C y que es palpable cuando se llega a formar una cubierta de hielo (producto de la sublimación del vapor de agua sobre los objetos). Las heladas se presentan particularmente en las noches de invierno por una fuerte pérdida radioactiva por lo que suele acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos que pueden descender a los 2° C o aún más. Si bien muchas veces, la temperatura de la superficie del suelo puede tender a valores de 3° a 4° C menor que la registrada en el abrigo meteorológico.

No se puede considerar helada a la ocurrencia de una determinada temperatura, su génesis se produce cuando una masa de aire frío avanza sobre una gran superficie de terreno, la cual se desplaza lentamente y produce una leve brisa de viento, por lo que se les puede clasificar en dos tipos importantes.

Heladas Blancas: Este tipo de heladas se forman a partir de un valor alto en la humedad del aire lo que provoca que la temperatura descienda y alcance el punto de rocío. Este exceso de humedad se ve condensando sobre las plantas, objetos y el suelo mismo, por lo que se extiende sobre el paisaje como un manto de escarcha blanco. Para que este tipo de heladas se presenten, el viento calmo y los cielos despejados son agentes de gran estímulo.

Heladas Negras: La formación de este tipo de heladas se lleva a cabo cuando se presenta una masa de aire seco y la temperatura ambiental es baja y/o extrema. En este tipo de helada no se forma escarcha protectora de rocío congelado en las superficie vegetal, por lo que



el frío ataca de manera directa y de forma intensa y persistente. A nivel celular, aparecen cristales pequeños en formas de cuchillas que desgarran la maquinaria interna de las células. Las membranas se desecan a causa del mismo proceso de congelación. El resultado es la necrosis de los tejidos que se ennegrecen como herrumbre. Si los daños afectan a partes vitales, como al tronco y a las hojas, la planta muere. Para que este tipo de helada se presente es necesario que el cielo este semi – cubierto y se generen turbulencias en las capas bajas de la atmósfera.

Sin embargo para que ocurra una helada las temperaturas que se localizan en la troposfera deben bajar más de la media normal, pues será entonces así cuando las precipitaciones se condensan en forma de granillos o capas de hielo, las cuales tendrán una afectación en términos de este fenómeno. Se debe entender entonces que la variación de la temperatura y presión atmosféricas son una función de la altura. Y que es posible observar que en la estratosfera, cuanto mayor en la altura, la temperatura sube, en tanto la presión desciende.

➤ **Susceptibilidad por Heladas.**

El gradiente térmico, en función de la altitud, varía de una región a otra como consecuencia de factores diversos, los cuales pueden jugar un papel importante: pendiente, altura relativa del macizo montañoso, humedad, latitud, etc. De acuerdo a lo antes mencionado, se ha podido caracterizar al municipio de Huejotzingo con un nivel BAJO y/o ligera percusión con respecto al fenómeno de heladas.

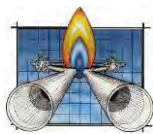
Si bien es cierto que la parte poniente del municipio en donde comienza a elevarse la altura, es una zona en la cual se presentan periodos de caída de nieve de nieve, se debe entender que el fenómeno de heladas es un proceso previo al desarrollo de tormentas de nieve, por lo que en áreas donde la cobertura vegetal sufra daños que sean significativos en su pérdida a razón del descenso de temperaturas se les puede considerar como heladas inferiores.

Las temperaturas mínimas extremas analizadas en cada una de las estaciones y el uso de la técnica en la distribución de los valores extremos, permitió canalizar cada una de las estaciones a aquellos valores aún más extremos que pueden llegar a suceder en un periodo de tiempo dado.

En el municipio de Huejotzingo se puede notar una distribución de temperaturas que son relativamente bajas que de acuerdo a la categorización elaborada por el servicio meteorológico nacional para el 2018, estas temperaturas obtenidas mediante los valores estadísticos reflejan una secuencia de mínimos a los 10°C y unos máximos mínimos de 18°C en la parte de menor elevación en el municipio por lo que se hace una reclasificación minimalista para poder observar la distribución de estas dos temperaturas.

Esto permite identificar que la parte donde comienzan los primeros índices de baja temperatura a los 11°C a partir de los 3044 metros sobre el nivel del mar, temperatura que comienza a disminuir conforme la altura aumenta hasta los 4767 metros sobre el nivel del mar.

Por otra parte el punto más alto al que está sujeto el municipio de Huejotzingo se encuentra limitado a temperaturas que llegan a su mínimo a los 6°C, mientras que la parte más baja del municipio determina temperaturas de los 19°C.



El Municipio de Huejotzingo, en su totalidad se cataloga con un nivel BAJO de Riesgo para el fenómeno de Heladas, principalmente en la parte Oeste por sus elevaciones, lo que deja al sitio del proyecto de igual manera en un nivel BAJO.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

III.3.9.3. Lluvias Extremas.

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre esto incluye lluvia, llovizna, nieve, cinarra (precipitación en forma sólida con el tamaño de gránulos de hielo que no sobrepasa el milímetro y con una forma alargada), granizo; pero no la virga (hidrometeoro que cae de una nube más se evapora antes de alcanzar el suelo), ni neblina ni rocío. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad. La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, porque es responsable de depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes cuando alcanzan un punto de saturación, en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) que se forman caen a la tierra por gravedad. Se puede inducir a las nubes a producir precipitación, rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, generando las gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación.

➤ Precipitación.

La lluvia es un fenómeno atmosférico iniciado con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. Según la definición oficial la lluvia es la precipitación de partículas de agua líquida de diámetro mayor de 0.5 mm, o de gotas menores pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre no sería lluvia si no virga, y si el diámetro es menor sería llovizna.

El tamaño de las gotas oscila entre los 0.5 y los 6.35 mm, mientras que su velocidad de caída varía entre los 8 y los 32 kilómetros por hora, dependiendo de su volumen. La lluvia depende de tres factores: presión, temperatura y en especial radiación solar. En las últimas décadas se ha producido un fenómeno que causa lluvias con mayor frecuencia cuando la radiación solar es menor, es decir, por la noche.

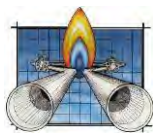
➤ Génesis de la Lluvia.

Cuando el agua condensada alcanza una masa crítica, se hace más pesada que el aire que la circunda y precipita. Según el mecanismo por el cual dichas masas de aire son obligadas ascender se pueden clasificar las siguientes precipitaciones en:

Precipitación frontal: Ocurre cuando dos masas de aire de distintas presiones, tales como la fría (la más pesada) y la cálida (más liviana) chocan una con la otra.

Precipitación Convectiva: Se produce, generalmente en regiones cálidas y húmedas cuando masas de aire cálidas, al ascender en altura se enfrían, generando de esta manera la precipitación.

Precipitación Orografía Efecto Foehn: Cuando una masa de aire húmedo circula hacia una masa montañosa se eleva hasta llegar a la cima de la montaña. Al ascender se enfría y el



agua que contiene se condensa. Por lo que se producen las precipitaciones y la masa de aire pierde humedad. Al pasar a la otra ladera de la montaña, el aire fresco desciende y se calienta, se genera un viento seco y cálido que puede producir deshielo.

La lluvia no cae en la misma cantidad alrededor del mundo, e incluso en diferentes partes de un mismo país, la precipitación pluvial se mide en milímetros (mm), que equivale al espesor de la lámina de agua que se formarían, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable.

➤ **Susceptibilidad por Lluvias Extremas.**

Las lluvias extremas están directamente relacionadas con los procesos de precipitación máxima, por lo que el estudio de dichas precipitaciones permite identificar como se está presentando y como se desarrolla a su vez dicho fenómeno.

El Municipio de Huejotzingo estará sujeto a precipitaciones en el orden de los 584.83 mm en un intervalo de tiempo en pocos minutos, indicando que grandes cantidades de agua se desarrollaran en un periodo de tiempo muy corto. Finalmente, es posible clasificar al municipio en una zona de alta intensidad con desarrollo a un índice de intensidad MUY ALTO.

Con respecto al sitio donde se pretende instalar la Estación de Descompresión, al igual que el resto del municipio se encuentra en un nivel MUY ALTO en cuanto a susceptibilidad por el fenómeno de Lluvias extremas.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

III.3.9.4. Tormentas de Granizo.

El granizo es uno de los fenómenos perturbadores de que a pesar de que actúa de manera rápida, el daño que produce llega a ser demasiado alto, más aquellas comunidades en donde se desarrolla actividad agrícola pues son las cosechas las que más daño sufren. Por otra parte este también puede ser reflejado en la infraestructura, pues cuando este cae se destruyen los revestimientos de instalaciones, techos, etc.

De acuerdo a CENAPRED, el granizo es formado cuando existe la presencia de tormentas eléctricas, cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbos son arrastrados por corrientes ascendentes de aire. El granizo es una de las formas de precipitación y se llega a originar cuando corrientes de aire ascienden al cielo de forma muy violenta.

Las piedras de granizo crecen por las colisiones sucesivas de estas partículas de agua que están a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanecen en estado líquido; esta agua queda suspendida en la nube por la que viaja, cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, y que caen hacia el suelo.



➤ **Origen y características del granizo.**

En la atmosfera se forma un tipo de nube llamado cumulonimbos. Esta nube se caracteriza por tener un gran desarrollo vertical y producir, comúnmente, precipitaciones, rayos y truenos. En su parte media tiene temperaturas menores a 0°C y esto permite la congelación de la gota de agua y así dar inicio a la formación del hielo. En el topé de la nube, aproximadamente a 9,000 metros de altura, las temperaturas llegan a -40°C o menos. Una serie de corrientes verticales (con velocidades del orden de los 100km/ha) llegan a la parte superior de la nube, en una zona llamada chimenea o torre que tiene un diámetro de varios cientos de metros. Las corrientes de ascenso hacen que el granizo aumente de volumen (se van acumulando capas entorno al núcleo original) y no caiga. Sin embargo, a partir de cierto momento el peso del granizo no puede ser sostenido por estas corrientes verticales y la piedra cae.

El granizo es considerado en términos generales como piedra de agua por el simple hecho de que no es más que el congelamiento de la misma, alcanza diámetros que varían entre 2 milímetros y 13 centímetros, esta última medida es la que considera tiene mayor afectación en la agricultura a infraestructura cuando forma un conjunto el cual llega a solidificarse formando grandes masas uniformes y pesadas de hielo y nieve.

En cuanto a su forma el granizo puede ser de forma regular o irregular pues las partículas constan de un núcleo congelado envuelto en capas de hielo uniforme, estas pueden ser opacas o transparentes y son indicativas del tipo de mas de aire y del proceso de crecimiento del núcleo de granizo, si son opacas es porque el crecimiento ha sido rápido y quedo aire en la capa; si la capa es transparente el crecimiento ha sido lento y las burbujas de aire tuvieron tiempo de escapar.

➤ **Susceptibilidad por Granizo.**

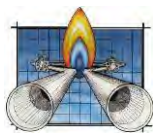
De acuerdo a CENAPRED, el granizo forma durante las tormentas eléctricas, cuando las gotas de agua o los copos de nieve están formados en las nubes cumulonimbos, siendo arrastrado verticalmente por corrientes de aire turbulento.

El Municipio de Huejotzingo de acuerdo a la clasificación de CENAPRED se encuentra conformada por tres regiones en las cuales se vislumbran tormentas de granizo por periodos de cuatro hasta a los ocho días. Por otra parte existe un cambio sustancial en el incremento del intervalo en el que se desarrollarían las tormentas de granizo; secuencias que podrían ser bien marcadas por un incremento de periodos superiores a los ocho días consecutivos hasta llegar a un máximo de hasta doce días consecutivos.

El municipio de Huejotzingo, se delimita como un sitio donde existe un incremento constante a los periodos de duración perteneciente al fenómeno correspondiente a tormentas de granizo. Esta distribución logra ser marcada, donde se presentan intensidades MUY ALTAS en algunas partes de la región, las cuales a su vez están siendo opacadas por una mayor distribución de altas intensidades que se distribuyen en la mayor parte del territorio.

Tabla 11. Afectaciones por granizo en el Municipio de Huejotzingo.

Población	Localidad	Fecha	Grado de Afectación
Santa María Nepopualco	Santa María Nepopualco	06/05/2015	Medio
Santa María Atoxcac	Santa María Atoxcac	21/08/2016	Bajo



Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

Como se menciona anteriormente, el riesgo está identificado en un nivel MUY ALTO para algunas partes del Municipio, siendo este lugar al Oeste del Municipio en las localidades Santa María Nepopualco y Santa María Atoxcac donde se tienen los registros más recientes en cuanto afectaciones por este fenómeno, dejando al sitio del proyecto fuera de riesgo para el fenómeno de Tormentas de Granizo

III.3.9.5. Tormentas de Nieve.

Una tormenta de nieve puede variar desde una nevada moderada, hasta varias horas de ventisca, con nieve cegadora transportada por el viento y que llega a durar hasta varios días. Muchas tormentas de nieve están acompañadas de bajas temperaturas y fuertes nevadas o nieve racheada, lo cual reduce grandemente la visibilidad.

Este tipo de fenómeno tiene la peculiaridad de que su manifestación es en forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a las de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales plano en una variedad infinita de patrones.

➤ Formación de Tormentas de Nieve.

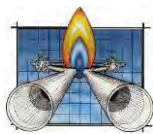
Una tormenta de nieve se forma cuando el aire caliente y húmedo sube de la parte más baja de nivel terrestre hacia la atmosfera, produciendo la formación de nubes, por la condensación del vapor de agua a temperaturas menores de 0°C, donde comienza la formación de cristales, los cuales irán creciendo conforme sea mayor la condensación del vapor de agua en estas estructuras. Estos cristales se amalgaman unos con otros hasta formar copos de nieve que por diferencia de densidades comenzaran a precipitarse poco a poco.

➤ Tipo de Nevadas.

Los diferentes tipos de nevadas son:

1. Las ventiscas, que están acompañadas por vientos de 35 mph o más y nieve racheada, reducen la visibilidad a menos de un cuarto de milla durante 3 horas por lo menos.
2. La nieve racheada es aquella que es transportada por el viento y reduce la visibilidad, puede ser nieve que cae y/o nieve en el suelo que es arrastrada por el viento.
3. Las ráfagas de nieve son chubascos breves e intensos de nieve, acompañados por vientos fuertes y racheados, con acumulaciones importantes.
4. Los chubascos de nieve son nevadas moderadas de corta duración, donde es posible que haya acumulaciones.

Las fuertes acumulaciones de hielo las fuertes acumulaciones de hielo que se generan en este tipo de fenómeno pueden interrumpir las comunicaciones y la electricidad durante días, incluso una pequeña acumulación de hielo es un gran peligro, para peatones y conductores, los puentes y pasos elevados son especialmente peligrosos puesto que se congelan antes que otras superficies.



➤ **Tipos diferentes de hielo:**

Aguanieve: A las gotas de lluvia que se congelan en bolitas de hielo, antes de llegar al suelo, se les denomina aguanieve. Usualmente el aguanieve rebota cuando cae en la superficie y no se pega a los objetos. Sin embargo, el aguanieve se puede acumular como la nieve y ocasionar un peligro.

Helada: Se le denomina Helada a la lluvia que cae en las superficies con temperaturas bajo cero, lo que ocasiona que la lluvia se congele sobre dichas superficies. Inclusive las pequeñas acumulaciones de hielo pueden ocasionar peligros importantes.

Tormenta de hielo: Las tormentas de hielo ocurren cuando caen las heladas y se congelan inmediatamente en el impacto. Las comunicaciones y la electricidad podrían quedar interrumpidas durante días.

➤ **Susceptibilidad por Tormenta de Nieve.**

Este tipo de fenómeno está limitado únicamente a las partes altas del complejo volcánico del sistema Iztaccíhuatl y Popocatepetl; zonas en las cuales se presentan principalmente las tormentas de nieve que los cubren y les dan su nombre característicos que en muchas regiones de estado de Puebla es típica Los Nevados.

Este fenómeno cubre la parte más alta y en ocasiones de circunstancias extremadamente radicales el fenómeno se logra desarrollar hacia la zona hasta descender varios cientos de pies a ladera.

Es por eso que para este fenómeno se ha caracterizado al Municipio de Huejotzingo en dos zonas, la primera en la parte más alta como un área de MUY ALTA intensidad y la parte baja de MUY BAJA Intensidad.

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

Después de lo mencionado anteriormente, se comprueba que el sitio está exento del riesgo de Tormentas de Nieve.

III.3.9.6. Tormentas Eléctricas.

Como cualquier fenómeno natural, las tormentas eléctricas son imposible de evitar, por lo que establecer medidas de control a fin de garantizar la seguridad de las personas y su patrimonio es la menor manera de enfrentar este fenómeno.

Las tormentas eléctricas se forman cuando el aire caliente y húmedo se elevan hasta encontrar aire frío. A medida que este aire húmedo se eleva, el vapor de agua se condensa, formando enormes nubes cumulonimbos.

Hay dos tipos principales de tormentas eléctricas: ordinarias y severas. Las tormentas ordinarias son las tormentas comunes de verano y normalmente duran alrededor de una hora. La precipitación asociada con estas tormentas incluye lluvia y a veces granizo menor. Con



tormentas eléctricas ordinarias, las nubes cumulonimbos pueden crecer hasta 12 kilómetros de alto.

Las tormentas eléctricas severas son muy peligrosas, son capaces de producir granizo del tamaño de pelotas de béisbol, fuertes vientos, intensa lluvia, inundaciones súbitas y tornados

➤ Formación de una Tormenta Eléctrica.

Para entender cómo se origina una tormenta eléctrica, es necesario entender que la tierra es un medio pasivo o de carga eléctricamente negativa, con una carga aproximada de un millón de coulomb y que actúa como un enorme capacitor esférico, dando lugar a lo que es conocido como Circuito eléctrico Global.

La carga positiva de igual magnitud se encuentra embebida a la atmosfera, lo que da origen a la existencia de un flujo de corriente el cual busca un equilibrio entre las cargas. A su vez, la atmosfera presenta una variación de resistividad conforme esta aumenta ($h < p$).

A la vez, la atmosfera presenta resistividad que decrece con la altura. Dicho esto, a una altitud cercana de los 48 kilómetros, la resistividad es más o menos constante, debido a que hay partículas ionizadas. A esta región se le conoce como electrosfera, dado a que la atmosfera no está completamente aislada, existe una pequeña corriente entre la tierra y la electrosfera. Posteriormente, comienzan a ocurrir cambios entre ellos, buscan un equilibrio las cargas provenientes de la tierra, regresan por medio de las tormentas eléctricas, las cuales producen cerca de 50 a 100 descargas eléctricas de las nubes a la tierra cada segundo, lo cual recarga la superficie de la tierra.

De igual manera, las tormentas eléctricas están asociadas a la actividad conectiva. Las nubes cumulonimbos son las formas más grandes de nubes conectivas, que son aquellas formadas por el transporte de partículas desde el suelo hasta la base de la nube y típicamente producen descargas eléctricas.

De esta manera se puede definir como una nube que produce truenos, debido a que los truenos son la evidencia audible de que existe actividad eléctrica y estos a su vez son producto de los relámpagos o rayos.

Existen tres tipos de tormentas eléctricas: las de Celda Simple, las de Celda Múltiple y las de Supercelda. Todas ellas son producto de la variación de los perfiles atmosféricos, que tienen que ver con los desplazamientos verticales.

Tabla 12. Clasificación de los tipos de Tormentas Eléctricas.

Tipo de Tormenta	Descripción	Vida Promedio
Celda Simple	Son las menos severas, se caracterizan por fuertes corrientes ascendentes.	1 Hora
Celda Múltiple	Es una sucesión de celdas conectivas en diferentes fases de evolución	30 Minutos
Supercelda	Son las más severas, debido a sus celdas con fuertes corrientes ascendentes, que llegan a	Varias Horas



Tipo de Tormenta	Descripción	Vida Promedio
	producir múltiples tornados.	

Susceptibilidad por Tormentas Eléctricas.

Como ya se hizo mención, una tormenta eléctrica es una descarga de rayos producida por el incremento del potencial eléctrico entre las nubes y la superficie terrestre. En este fenómeno meteorológico es en el que se presentan rayos que caen a la superficie, generalmente en zonas boscosas y en zonas urbanas.

El municipio de Huejotzingo queda limitado a tres regiones peculiares con un nivel MEDIO hacia ALTO, la primera en donde se marca una secuencia de valores porcentuales anuales del 12 % al 24 %, misma que se localiza en la parte Oeste y que va ampliando su panorama hasta la zona central Este, con valores superiores (32 %).

Fuente: Atlas de Peligros y/o Riesgo del Municipio de Huejotzingo 2015.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED 2015)

En referente al sitio del proyecto, no se menciona en las zonas que presentan susceptibilidad a Tormentas Eléctricas, ya que las zonas susceptibles a este fenómeno se ubican al Oeste del Municipio, sin embargo no se descarta que en el sitio del proyecto se puedan presentar.

III.3.10. Riesgos radiológicos.

En el Atlas de Riesgos para el Municipio de Huejotzingo, no se menciona algún riesgo relacionado a este fenómeno.

III.4. Zonas Vulnerables de Población.

El proyecto Estación de Descompresión Embotelladora AGA, se encuentra ubicado en el Quetzalcóatl Industrial Park, debido a esto en el sitio solo se encuentran Instalaciones industriales que pudieran ser afectadas dejando fuera la incidencia casas, poblaciones, escuelas, hospitales, centros comerciales, templos, unidades habitacionales y parques. La población más cercana al sitio donde se pretende realizar el Proyecto, se encuentra a una distancia aproximada de 2.5 kilómetros, por lo que no es considerada como vulnerable.

III.5. Componentes Ambientales.

Debido a que el sitio donde se pretende realizar el Proyecto Estación de Descompresión Embotelladora AGA, ha sufrido modificaciones de origen antrópico desde tiempo atrás, lo cual repercutió en la eliminación de la vegetación que se encontraba en el sitio así como la dispersión de la Fauna que ahí se encontraba. Debido a esto, el sitio del proyecto no incide en cuerpos de agua, aunque al norte del proyecto se encuentra un cuerpo de agua, aproximadamente 1.5 km. Debido a la magnitud del proyecto, es muy poco probable que este se vea afectado, por lo que no se considera en riesgo o vulnerable.



De igual manera es importante mencionar y recalcar, que en el sitio donde se pretende realizar el proyecto, no se encuentran Áreas Naturales Protegidas en ninguno de sus tres niveles (Federal, Estatal y Municipal), Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Regiones Terrestres Prioritarias, Áreas de Importancia para la Conservación de Aves, ni Sitios RAMSAR, como se menciona en el MIA que acompaña este Estudio de Riesgo.

III.6. Infraestructura vial e industrial

Para el Proyecto Estación de Descompresión Embotelladora AGA, partiendo del municipio de Huejotzingo, se tiene que tomar La Carretera Internacional o también conocida como Carretera Federal México – Puebla hasta topar en la intersección con Circuito Parque Industrial, la cual recorre todo el Parque Industrial.

Otra segundo acceso es de igual manera partiendo del municipio de Huejotzingo, se tiene que tomar La Carretera Internacional o también conocida como Carretera Federal México – Puebla hasta dar vuelta en Rio Xochiac y por consiguiente llegar hasta el cruce con la carretera Camino a Parque Industrial, la cual atraviesa el Parque Industrial.

Tabla 13. Proximidades con Infraestructura Vial en un radio de 500 m.

Tipo de infraestructura	Nombre / descripción	Ubicación (N/S/E/O NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación (m)
Camino a Parque Industrial	Infraestructura Vial (Carretera Pavimentada)	Este	13.38
		Sureste	81.79
Circuito Parque Industrial	Infraestructura Vial (Carretera Pavimentada)	Oeste	81.44
		Suroeste	413.87
		Sur	316.73

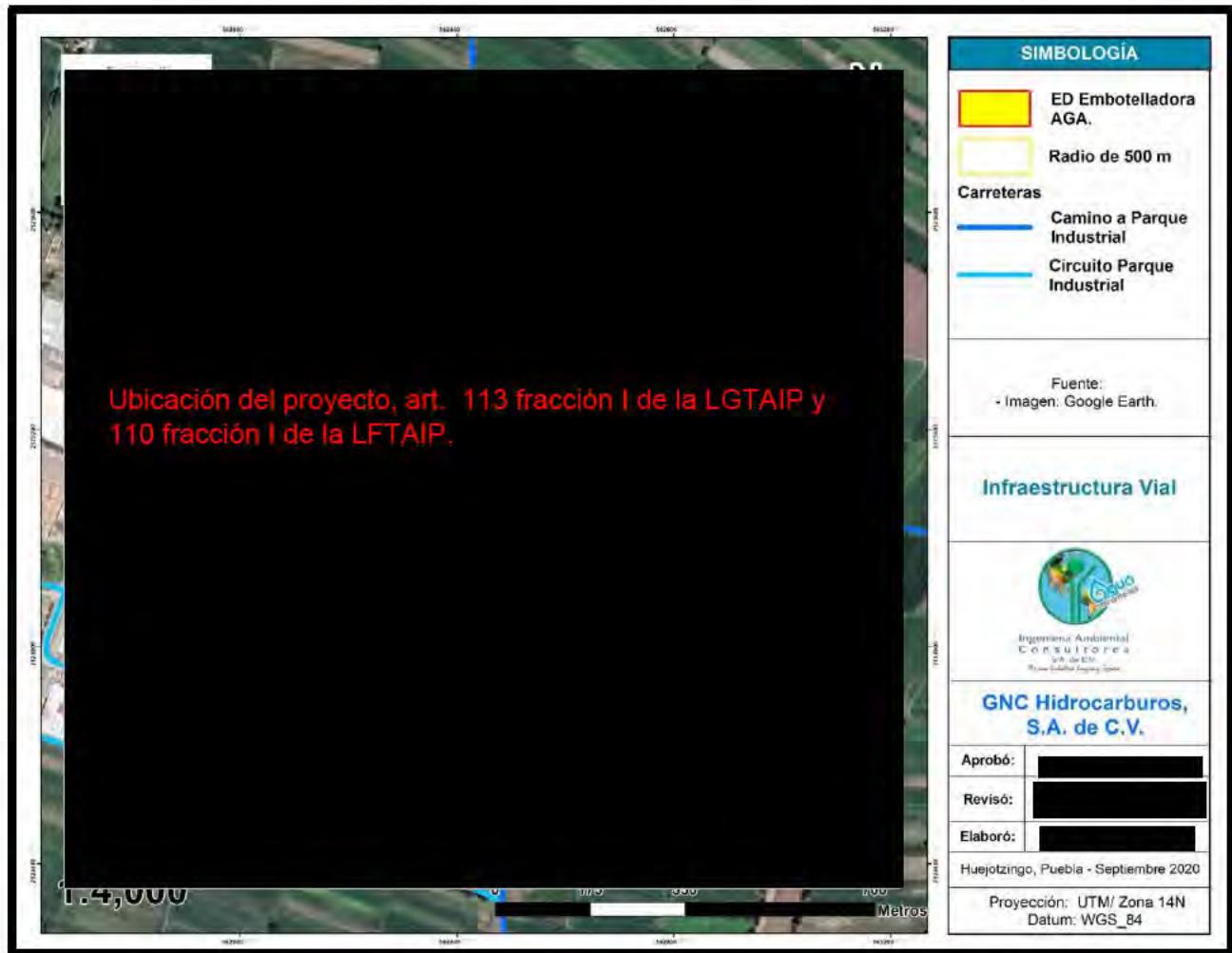


Figura 8. Infraestructura Vial para el sitio del Proyecto en un radio de 500 m.
Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.
 A continuación se enlista la Infraestructura Industrial que inciden en un radio de 500m.

Tabla 14. Proximidades con Infraestructura Industrial para un radio de 500 metros.

No.	Tipo de zona	Nombre de la zona	Ubicación (N/S/E/O NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación (m)
1	Industria de Alimentos y Bebidas	Embotelladora AGA Planta Puebla	Oeste	12.65
2	Industria Textil	Skytex México, S.A. de C.V.	Sureste	63.17
3	Industria de Alimentos y Bebidas	Desde el Fruto del Corazón, S.A.	Suroeste	197
4	Industria de Fabricación	Compañía Cerillera Atlas	Sur	255



No.	Tipo de zona	Nombre de la zona	Ubicación (N/S/E/O NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación (m)
5	Industria de Fabricación	SELCORMEX, S.A. de C.V.	Suroeste	418.89
6	Comercio	DECASA Puebla	Suroeste	312.84
7	Industrial Textil	Aunde México	Oeste	423.48
				380.39
8	Comercio y Distribución	Extra Gas, S.A. de C.V.	Oeste	152.71
9	Industria de Alimentos y Bebidas	Servicios Integrados de Envasado, S.A. de C.V.	Oeste	321.33
10	Industria Textil	Maquilas Skymatt	Suroeste	401.20

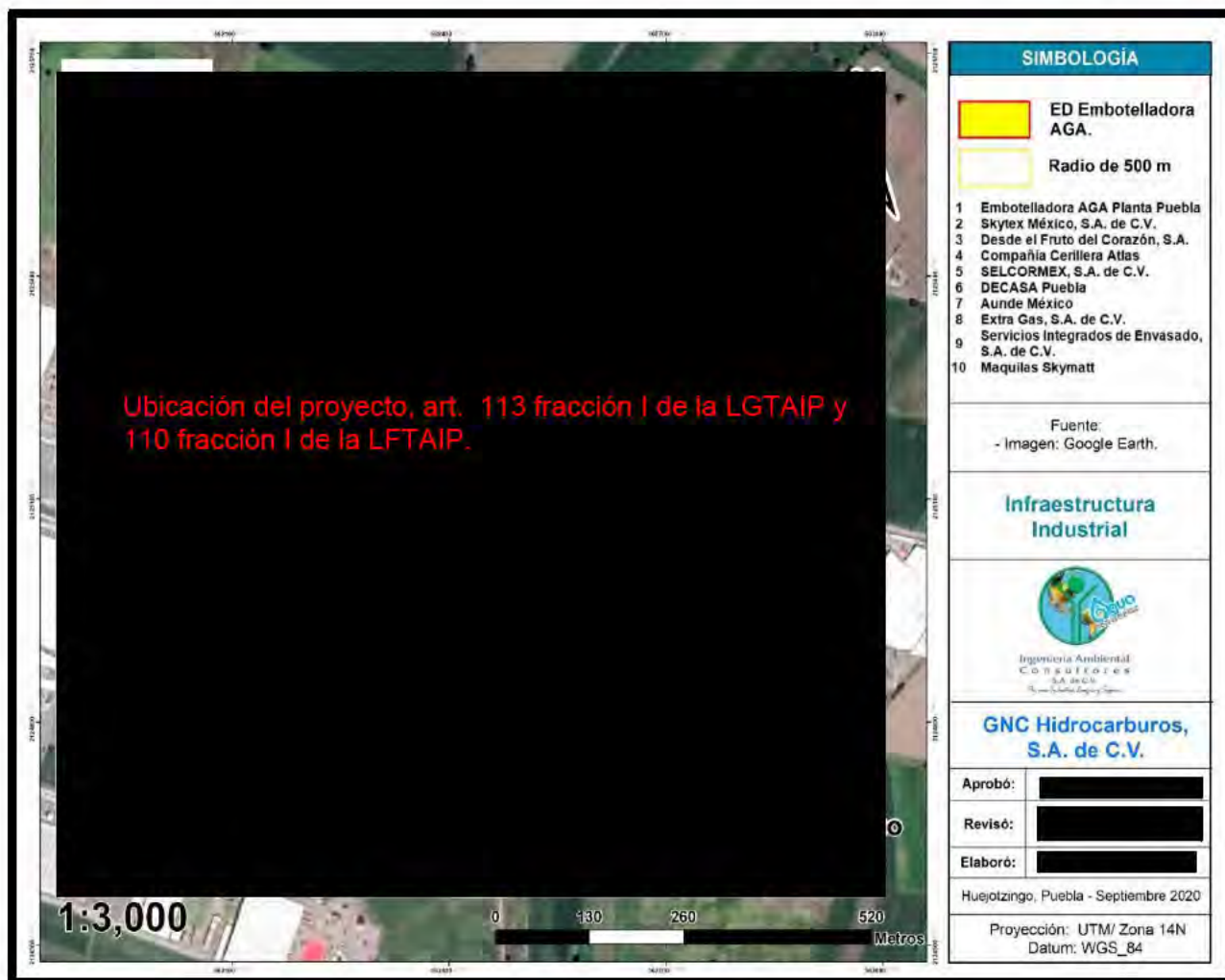


Figura 9. Infraestructura Industrial para el sitio del Proyecto en un radio de 500 m.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

III.7. Uso de suelo.

Como ya se conoce, el Presente proyecto se desarrollara en el Quetzalcóatl Industrial Park, por lo que se puede apreciar y constatar que el sitio pertenece a un Uso de Suelo Industria, sin embargo en zonas aledañas a este sitio se pueden observar zonas para uso con fines agrícolas.

Tabla 15. Tabla de uso de suelo para un radio de 500 m.

Localización	Tipo de uso de suelo	Descripción
Oeste, Suroeste y Sur	Industrial	Industria Textil, Industria de Alimentos y bebidas, Industria de Fabricación y Comercio
Norte, Noroeste, Oeste, Suroeste, Sur, Sureste, Este,	Agrícola	Agricultura de Riego Semipermanente



Localización	Tipo de uso de suelo	Descripción
Noreste.		

Por otra parte, si nos basamos en la asignación para el Uso de Suelo mediante el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), aunque a nivel municipal no existe un programa de desarrollo urbano que designen el uso de suelo en el sitio, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) define el sitio como lugar donde es compatible la industria.

Según la Carta de Uso de Suelo y Vegetación 2015 escala 1: 250. 000, ubica al sitio donde se pretende realizar el proyecto, como un sitio destinado a la Agricultura de Riego Semipermanente Y Agricultura de Temporal Anual.

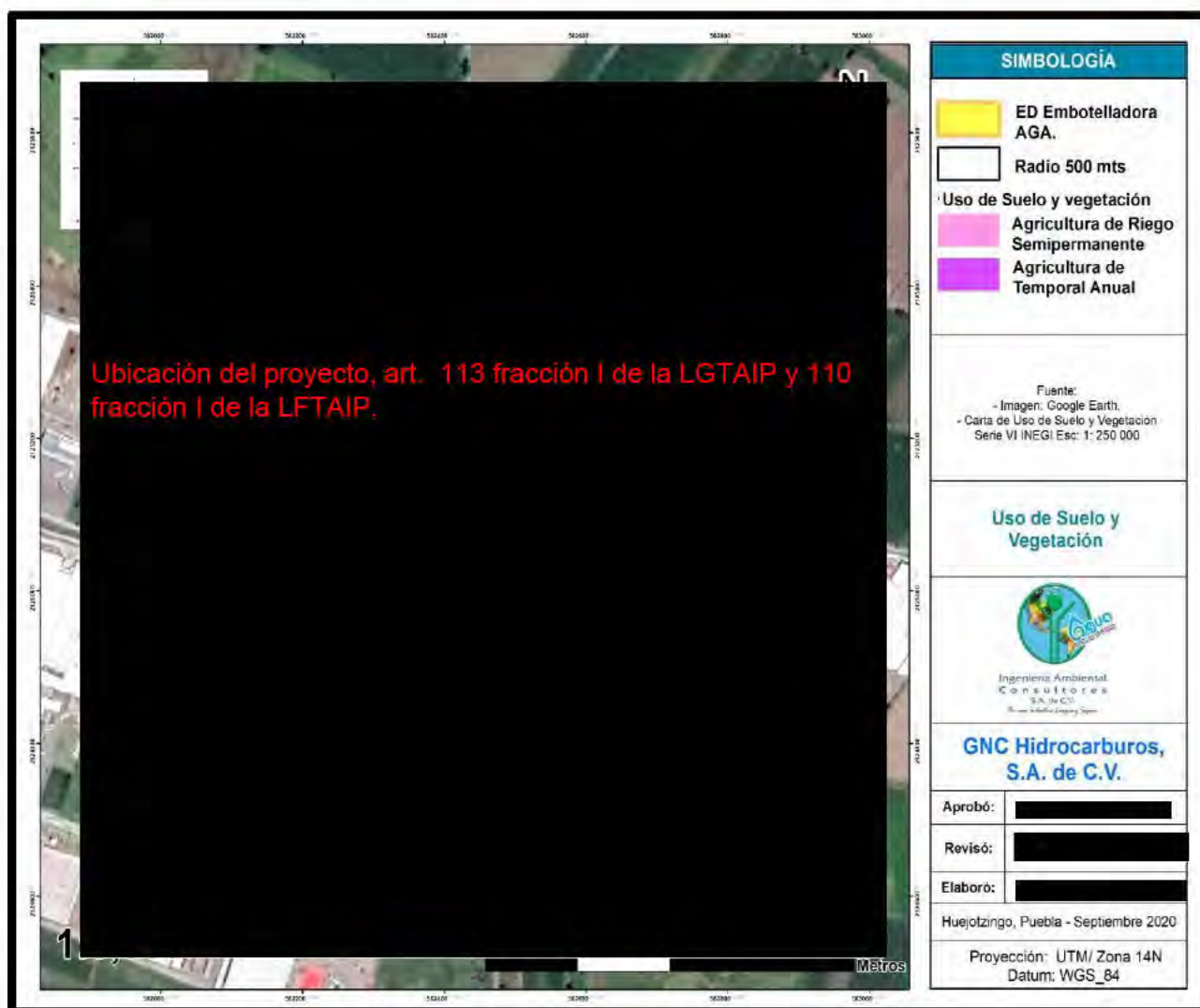


Figura 10. Uso de Suelo presente en el Sitio del Proyecto.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.



ÍNDICE

IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	3
IV.1. Identificación de Peligros y Jerarquización de Escenarios de Riesgo.	3
IV.1.1. Análisis Preliminar de Peligros.	3
IV.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes.	5
IV.1.3. Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo.	9
IV.1.4. Jerarquización de Escenarios de Riesgo.	12
IV.1.5. Aplicación de la metodología de Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgo.	15
IV.1.6. Resultados de la Jerarquización de Escenarios de Riesgo.	15
IV.2. Análisis Cuantitativo de Riesgo.	21
IV.2.1. Análisis Detallado de Frecuencias.	21
IV.2.2. Análisis Detallado de Consecuencias.	29

TABLAS

Tabla 1. Antecedentes de accidentes e incidentes de Gas Natural.	8
Tabla 2. Metodologías de Análisis de Riesgo Cualitativo.	9
Tabla 3. Categorías de consecuencias sugeridas. (MIL-STD-882E, 2012).	13
Tabla 4. Niveles de probabilidad/frecuencia de accidente sugeridos. (MIL-STD-882E, 2012). ..	13
Tabla 5. Matriz de Evaluación de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012).	14
Tabla 6. Categorías de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012).	14
Tabla 7. Nodos Seleccionados.	15
Tabla 8. Jerarquización de los Escenarios de Riesgos Identificados.	16
Tabla 9. Escenarios seleccionados para el análisis de frecuencias	22
Tabla 10. Simbología Utilizada por el Análisis de Árbol de Fallas.	23
Tabla 11. Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.	24
Tabla 12. Escenarios de Riesgo Propuestos.	30
Tabla 13. Parámetros para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento.	32

FIGURA

Figura 1. Graficas de los Resultados de la Jerarquización de escenarios.	21
---	----



Figura 2. Árbol de Fallas del escenario 1.3 del Nodo 1. Rotura de manguera de descarga por movimiento del camión durante la descarga de GNC.	25
Figura 3. Árbol de Fallas del escenario 2.17 del Nodo 2. Fuga en válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203), por falla en el sistema de calentamiento.	26
Figura 4. Árbol de Fallas del escenario 4.4 del Nodo 4. Fuga de Gas por desgaste de sellos en válvula manual.	27
Figura 5. Árbol de Fallas. Riesgo de Incendio y/o explosión por la fuga de gas Natural.	28



IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

IV.1. Identificación de Peligros y Jerarquización de Escenarios de Riesgo.

Los estudios de riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

La identificación de los riesgos permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidad de materiales de fuentes potenciales de accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa. Esto lleva a la formulación de escenarios fundamentales de accidentes, que requieren una mayor consideración y análisis.

El análisis probabilístico permite identificar la verosimilitud de ocurrencia del accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia.

La evaluación de las consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes, es el proceso denominado Análisis de Consecuencias. Este paso permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente y permite un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias da una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos, que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

IV.1.1. Análisis Preliminar de Peligros.

La elección de la metodología a emplear para la identificación preliminar de los peligros y amenazas para el diseño del proyecto “Estación de Descompresión Embotelladora AGA” se sustenta con lo establecido en la guía de la ASEA, la cual considera la aplicación de metodologías que permita identificar de manera preliminar los riesgos propios y características de acuerdo al tipo de proyecto y acorde la etapa en la que se encuentre este.

Por lo anterior, para la identificación preliminar de los riesgos de la “Estación de Descompresión Embotelladora AGA” se utilizó la metodología de lista de verificación, la cual es adecuada para el tipo de instalación del proyecto, debido a que es una de las herramientas más útiles para la identificación de peligros inmediatos.

Lista de Verificación.

La lista de verificación es una manera de plasmar en papel, los requerimientos con que debe cumplir un equipo, proceso, maquinaria, procedimientos, etc., derivado de la experiencia de quien lo aplica o como su nombre lo indica, el de verificar si se está cumpliendo con dichos códigos y estándares. La efectividad de una lista de verificación para la identificación y control de peligros, dependerá de la experiencia y conocimientos, en cuanto a códigos y estándares.



Las listas de verificación son aplicables en general a todos los sistemas de administración y a un proyecto a través de todas sus etapas. Una lista de verificación debe ser apropiada o adecuada para una etapa de proyecto, equipo, maquinaria, materiales de construcción, procedimientos de operación, procedimientos de emergencia, diseño, operación, arranque y paro, mantenimiento, desmantelamiento y/o sistemas de seguridad.

Garza Ayala, Sergio. (2015) Análisis de Riesgo Peligrosos en los Procesos, Parte 1: Metodologías. (1ª. Ed) Monterrey, NL.: Dinámica Heurística, S. A. de C. V..

**Ovarro Seguridad Funcional Operativa S.C. (2020).
Introducción al análisis de Riesgos. Métodos de Análisis de Riesgos.**

La lista de verificación, se basó 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”. Esta norma es la base del diseño bajo la cual está regido el Proyecto.

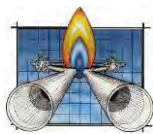
La NOM-0010-ASEA-2016 establece requisitos para todas las etapas del ciclo de vida de una instalación, en este caso, el proyecto se encuentra en la etapa de ingeniería de diseño, por lo que se le aplica el capítulo “5. Diseño”.

El capítulo 5 establece requisitos por cada una de las siguientes secciones manejadas:

- 5.1. Sistema de Acondicionamiento de GNC.
- 5.2. Sistema de Compresión de GNC.
- 5.3. Sistemas de Almacenamiento de GNC.
- 5.4. Sistemas de Suministro de GNC.
- 5.5. Sistemas de seguridad de las Terminales de Carga y Estaciones de Suministro de GNC.
- 5.6. Sistemas de seguridad de las Terminales de Descarga de GNC.
- 5.7. Dictamen de Diseño de una Unidad de Verificación.

Con los requisitos normativos considerados en estas secciones se cubre el Diseño de Estación de Descompresión (Terminal de Descarga).

En el **Anexo 6**, se adjunta la Lista de Verificación, donde se pueden consultar los resultados obtenidos de la aplicación de la lista de verificación; así mismo, se incluyen comentarios en los requisitos no cumplidos, los cuales deberán ser considerados y a su vez, atendidos conforme a lo que la autoridad solicite y en su caso, para las actualizaciones posteriores del ARSH en la siguiente fase del proyecto (etapa de construcción; Ingeniería de Detalle y/o Aprobada Para Construcción).



IV.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes.

Como datos históricos de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de instalaciones de Gas Natural Comprimido (GNC), se presenta a continuación la descripción de casos eventos en México y otras partes del mundo, relacionados con explosiones y/o incendios en el manejo de GNC.

1. Un muerto y 18 heridos en explosión en planta de gas en Austria

Una persona murió y 18 resultaron heridas el día 12 de diciembre del 2017, en una explosión de una de las plantas de gas más grandes de Europa, situada en Austria. La Policía subrayó que el incidente se produjo por un problema técnico y que el caso está en manos de los investigadores regionales.

La nube de la detonación se veía incluso desde Viena, distante 30 kilómetros. La explosión se produjo a las 08:45 horas (07:45 GMT) en Baumgarten, una localidad cercana a la frontera con Eslovaquia, por donde entra a Austria el gas procedente de Rusia y Noruega.

La deflagración desató un incendio que pudo ser controlado tras varias horas. La Policía pidió a los ciudadanos que eviten la zona, donde 240 bomberos trabajaron en extinguir el incendio.

La central de Baumgarten distribuye gas desde el Este al Oeste, Sur y Sureste de Europa. El abastecimiento hacia Austria, Alemania y Francia no se vio afectado, "pero podría haber problemas en la dirección Sur", dijo un representante de Gas Connect Austria.

Fuente: Periódico El comercio.
Fecha de publicación: 12 de diciembre del 2017

2. Explosión en estación de gas deja cuatro muertos.

El 14 de septiembre del 2016, las autoridades atribuyen la tragedia a una “mala manipulación” de un compresor de gas. El accidente se registró en la estación de servicio ubicada en la Cordialidad con carrera 10.

Las autoridades atribuyen a una posible “mala manipulación” la explosión de un compresor de 200 libras de gas natural vehicular, la cual causó la muerte de cuatro personas e hirió a cuatro.

“Había un personal técnico haciendo un mantenimiento al compresor y, al parecer, hubo una mala manipulación”, informó en el lugar el capitán Jaime Pérez, comandante del Cuerpo de Bomberos.

El accidente se registró el miércoles a las 11:20 de la mañana, en la estación de servicio (EDS) Biomax ubicada en la avenida Cordialidad con carrera 10, suroccidente de Barranquilla.

La información fue corroborada por el propietario de la EDS, Alberto Henríquez, quien informó que el estallido se registró “cuando el personal de mantenimiento trabajaba” en el dispositivo que surte a las islas que abastecen a los vehículos.



El hecho generó temor en habitantes del sector, y un caos vehicular sobre la Circunvalar. En el lugar perdieron la vida Édison Hernández Oliveros, Ever Antonio Rojano Esparragoza y John Freddy Sánchez.

Jorge Pertuz Marriaga, Ingeniero Mecánico de 40 años, falleció de un paro cardiorrespiratorio a las 4:20 p.m. en la clínica La Merced, donde ingresó con lesiones en la cabeza, fractura de tibia, peroné y cúbito. Era dueño de la empresa a cargo del mantenimiento.

La emergencia fue atendida por dos máquinas del Cuerpo de Bomberos y funcionarios de la Secretaría distrital de Prevención y Desastres. Agentes de la Policía acordonaron el área para evitar que particulares se acercaran y entorpecieran la labor de levantamiento de los cuerpos, a cargo de peritos del CTI de la Fiscalía.

Pérez indicó que las dos máquinas llegaron al lugar con agua para “refrescarlo” y evitar otra explosión.

“Fue importante el apoyo de Gases del Caribe, que hizo el control de las válvulas a fin de que no hubiera más flujo de gas hasta en el lugar”, manifestó.

Fuente: Periódico EL HERALDO.

Fecha de publicación: 15 de septiembre del 2016.

3. Explosión en Callao

Al menos un muerto y tres heridos graves fue el resultado de la explosión en un grifo ubicado en el cruce de las avenidas Elmer Faucett y Nestor Gambetta, en el Callao.

A través de un comunicado, la empresa Repsol precisó que el accidente se generó en la Planta de Compresión de Gas Natural de Petrocorp S.A., contigua al grifo “Cantolao”. “Con esta compañía, Repsol mantiene un contrato de abanderamiento para el expendio de combustibles”.

La explosión “habría ocurrido presuntamente en la operación de carga de una batería de contenedores de Gas Natural Comprimido”. No obstante, aseguran que las causas siguen siendo materia de investigación.

La víctima mortal de la explosión fue identificada como María Torres Meneses, quien era una trabajadora del establecimiento. En tanto, uno de los heridos graves es Carlos Fidel Rodríguez Abanto (40), quien fue internado en el hospital Daniel Alcides Carrión del Callao.

El accidente, que ocurrió a la 1 p.m. aproximadamente, hizo volar varios metros a algunos balones de gas y además causó daños materiales en vehículos cercanos

Fuente: Periódico El comercio.

Fecha de publicación: 02 de marzo del 2016

4. Se registra explosión en planta de gas natural en la Tinaja de Emiliano Zapata

Poco después de las 13:00 horas se registró una explosión en uno de los tanques de recuperación de líquidos de la Estación de Descompresión de Gas y petroquímica básica de PEMEX, ubicada en La Tinaja del municipio de Emiliano Zapata.



Debido a esto se evacuó a 38 empleados de manera precautoria; fuentes oficiales informaron que el área donde se realiza la separación de residuos se tapó, provocando la explosión denominada “cerrada” por lo que no hubo fuego.

Las mismas autoridades señalaron que estas explosiones ocurren con frecuencia, las cuales no representan peligro alguno para los trabajadores o la ciudadanía.

Elementos de Protección Civil acudieron de inmediato al saber sobre el accidente, sin embargo, la empresa controló la situación cerrando todas las compuertas como medida de seguridad; cerca de las 14:00 horas la situación ya estaba controlada por lo que los obreros regresaron a sus labores sin ningún problema.

Cabe destacar que la planta en donde se originó el percance se dedica a la distribución de gas natural y es esta la que se encargaría de suministrar al gasoducto que se pretende construir entre Emiliano Zapata y Coatepec, mismo que pasaría por la capital del estado

Fuente: Econsulta.
Fecha de publicación: 22 de abril del 2015

5. Explosión en Estación de Gas Natural Comprimido (EGNC) propiedad de Neomexicana. Xoxtla, Puebla.

El día lunes 12 de noviembre del 2012, se presentó una importante fuga de gas que provocó la explosión e incendio de contenedores y vehículos de la empresa Neo Mexicana S.A. de C.V., ubicada en Avenida las Torres No. 18 de San Miguel Xoxtla, inmueble al cual acudieron más de 27 efectivos en 11 vehículos de bomberos, personal de Protección Civil y paramédicos del 066, durante estas acciones los bomberos al llegar al lugar se percataron de una columna de humo y flama de aproximadamente quince metros de altura, además de que al interior se combustionaban seis plataformas de tipo caja seca, contenedores de gas natural comprimido, 168 cilindros, un tractocamión marca Kenworth modelo 2001 y una camioneta tipo Pick Up con placas RG 31624 del Estado de Nuevo León.

De inmediato se procedió a la extinción y remoción de material inflamable para evitar el riesgo de un incendio mayor, ya que se encontraban cerca del siniestro, transformadores de energía eléctrica.

Personal del número de Emergencias 066, perteneciente al Centro Estatal de Control, Comando, Comunicaciones y Cómputo (C4), atendió la emergencia. Como consecuencia del siniestro resultaron lesionadas dos personas con quemaduras de primero y segundo grado en 10% del rostro y los brazos, así como quemaduras en rostro y manos, respectivamente.

La Secretaría General de Gobierno, informó que autoridades de esta dependencia se comunicaron con directivos de Neomexicana, quienes se comprometieron a brindar todo el apoyo y la colaboración que sea necesaria para identificar las causas que provocaron el incendio. También, anunciaron que cubrirán los posibles daños a particulares que hayan resultado afectados en sus bienes.

Fuente: Periódico Xelhua. La voz de Puebla y el Valle de Cholula.
Fecha de publicación: 14 de Noviembre del 2012



6. Explosión en Estación para Compresión de Gas Natural (ECGN) propiedad de Alternative Fuels S.A. Ciudad de Córdoba, Argentina.

La deflagración, que sacudió a prácticamente todo el vecindario, se produjo a las 2:41 del 16 de Julio del 2003, en el local Alianza Gas, propiedad de la firma Alternative Fuels S.A.

Producida la explosión, arribaron al lugar un grupo de la Dirección de Bomberos, técnicos de Ecogas, de Enargas, de ABI Ingeniería (firma responsable del mantenimiento) y personal de la Dirección de Inspección de Industria, Comercio y Control Alimentario de la Municipalidad de Córdoba. Estos últimos procedieron a clausurar, preventivamente, la estación dedicada exclusivamente al expendio de gas natural comprimido, para uso automotor.

En la ocasión, la firma mostró todas las habilitaciones en regla.

Ocurrida la explosión, "aproximadamente a las 4:30 se procedió al cierre de la válvula (C) del puente de medición para interrumpir el suministro de gas natural en el equipo compresor", según informó por escrito la Distribuidora Gas del Centro.

El documento indicó que "las causas que motivaron dicho siniestro no están establecidas".

Por su parte, al ser consultados por el accidente, voceros del ente nacional que controla la actividad (Enargas) remitieron todas las inquietudes a la información de la página que tiene el organismo en la red Internet (www.enargas.gob.ar).

El jefe de Bomberos, dijo que solicitó la intervención de los peritos en explosivos, para analizar si pudo tratarse o no de un atentado. No obstante, de medios policiales trascendió que se piensa más en un "caso fortuito" que por la ocurrencia de actos vandálicos. Terceros damnificados:

Al producirse la explosión, la pared de hormigón del búnker (como se llama al recinto a cielo abierto donde funciona el compresor) no sufrió grietas. La onda expansiva se filtró, con menor intensidad, por el pasillo de ingreso, cuyas puertas deben estar permanentemente abiertas, por razones de seguridad.

Como consecuencia de la deflagración, además del pánico de los vecinos, algunas viviendas aledañas sufrieron la rotura de vidrios y aberturas de madera. En tanto, tres trozos del cilindro (de un peso aprox. de 2 kg) cayeron en un jardín vecino.

Aunado a lo anterior, a continuación, se incluye una tabla donde se indican accidentes ocurridos en plantas de Gas Natural Comprimido en diferentes partes del mundo y las causas más probables (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Antecedentes de accidentes e incidentes de Gas Natural.

No.	Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento o causa del accidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente)	Acciones realizadas para su atención
1	12 de diciembre 2017	Baumgarten, Austria	N/D	Gas Natural	Explosión	1 muerto y 18 lesionados	Atención inmediata por parte del cuerpo de bomberos del



No.	Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento o causa del accidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente)	Acciones realizadas para su atención
							municipio (240). Suspensión de los servicios de gas
2	14 de septiembre del 2016	Av cordialidad con carrera 10	Estación de Servicio Biomax	Gas Natural	Explosión	4 muertos y 4 lesionados	La emergencia fue atendida por dos máquinas del cuerpo de bomberos y funcionarios de la secretaria distrital de Prevención y Desastres y apoyo de Gases del Caribe, que hizo el control de las válvulas a fin de que no hubiera más flujo de gas
3	02 de marzo del 2016	Callao, Peru	Planta de Compresión de Gas Natural de Petrocorp S.A.	Gas Natural	Explosión	1 muerto y 3 heridos graves	N/D
4	22 de abril del 2015	Emiliano Zapata, Veracruz	Estación de compresión	Gas Natural	Explosión	Suspensión de actividades por una hora	Evacuación de 38 empleados
5	12 de noviembre del 2012	Xoxtla, Puebla	Estación Gas Natural Comprimido	Gas natural	Explosión e incendio	2 personas lesionadas	Extinción y remoción del material inflamable
6	16 julio del 2003	Córdoba, Argentina	Estación de Compresión ECGN	Gas natural	Explosión	Viviendas sufrieron algunos daños	La Estación fue clausurada

IV.1.3. Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo.

Las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association), así como en Literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes en la Estación de Descompresión, las técnicas de identificación de riesgos a emplearse estarán en función de la instalación y del tipo y complejidad del proceso.

Las metodologías para utilizar se sustentan con lo establecido en la guía de la ASEA, la cual considera la aplicación de las metodologías listadas en la tabla 26 de la misma guía, en la **Tabla 2** se muestra lo aquí mencionado para la selección de las metodologías.

Tabla 2. Metodologías de Análisis de Riesgo Cualitativo.

Tipo	Nombre
Análisis de Riesgo	¿Qué pasa sí?



Cualitativo	Lista de verificación / ¿Qué pasa sí?
	Análisis de Peligros y Operabilidad (HAZOP)
	Método Muhlbauer
	Análisis de Modos de Falla y Efecto (FMEA)
	Análisis de Modos de Falla y Efecto y Criticidad (FMEAC)
	Análisis de Confiabilidad Humana (ACH)

De lo anterior, se determinó la aplicación de la metodología HazOp, con el fin de emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a las instalaciones y medio ambiente.

Análisis Cualitativo de Riesgo.

A. HAZOP

El HazOp fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en sistemas de proceso de la industria energética para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación.

El Estudio de HazOp se basa en analizar, en forma metódica y sistemática, el proceso, la operación, la ubicación de los equipos y del personal en las instalaciones, la acción humana (de rutina o no) y los factores externos, revelando las situaciones de riesgo.

Para la realización del análisis de riesgo, se seleccionó la metodología HAZOP por ser la más recomendable para instalaciones, en donde se identifican las desviaciones a las condiciones normales de diseño, así mismo es ampliamente usada para la identificación de peligros y evaluación de riesgos en etapas de diseño y operación.

Los aspectos complementarios en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, utilizados en el presente análisis de riesgos, se indican a continuación:

1. HAZOP. Metodología de análisis de riesgos que analiza las variables operacionales de sistemas de tuberías y equipos de proceso, para determinar las posibles desviaciones en la operación de los mismos, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Es importante resaltar que con este método se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operación, y deriva en recomendaciones que son complementarias para aumentar la seguridad en la operación de la misma.
2. En la elaboración del HAZOP se asignan ponderaciones a los parámetros de Probabilidad y Gravedad, con lo que, en base a lo establecido en la matriz de riesgos seleccionada, se determina el Nivel de riesgo de cada desviación analizada. Durante la asignación de ponderaciones, se consideraron las capas de protección existentes en la instalación.
3. Se identificarán las desviaciones (escenarios) que resultaron de mayor riesgo en el HAZOP, a Juicio de los Expertos, se descartaron aquellos escenarios que no repercuten en fugas o derrames de combustibles con efecto directos al personal, instalaciones y medio ambiente, y como tal no representan un riesgo significativo.



4. Una vez identificadas las desviaciones (escenarios) que resultaron de mayor riesgo en el HAZOP, se propusieron los escenarios de riesgo para realizar el análisis detallado de frecuencias y análisis de consecuencias.

La información necesaria para la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos de la Estación de Descompresión, se obtuvo de los DTI's y DFP's elaborados por el promotor.

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Selección de nodos.

El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

2. Registre la intención, los parámetros de diseño y las condiciones de proceso. Es decir, parámetros de diseño del equipo, condiciones de operación normales y máximas. Esto incluye típicamente la temperatura, la presión, la composición, el nivel, el flujo, etc.

3. Repase con el equipo la matriz de desviación preparada previamente para este nodo y agregue otras desviaciones si es necesario.

4. Identificar las causas o las razones por las que las desviaciones pueden ocurrir. Las causas deben ser locales en el origen, es decir, originan en el nodo bajo evaluación. Con el nodo de la alimentación o de la fuente, considere causas en aguas arriba. Donde no haya causas identificadas escribir "ninguna causa".

El estudio del HAZOP sólo considera eventos causales únicos (errores o fallas). Escenarios que requieran de analizar dos fallas separadas, dos errores de operador o una falla más un error son considerados “doble falla” y no son considerados normalmente durante un estudio de HAZOP.

Los drenes y válvulas que están normalmente cerradas, y con tapones o bridas ciegas, no son considerados fuentes de fugas. Similarmente, medidores reemplazables localizados en las tuberías con válvulas de raíz no son consideradas fuentes de fuga, si el procedimiento estándar requiere verificar que la válvula esté cerrada y el sistema al cual está conectado ya sea que este despresurizado o bien que no surja ningún riesgo debido a una fuga, o la apertura de dos válvulas en serie simultáneamente no es considerada una causa creíble para la fuga o mezcla de fluidos, etc.

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

5. Identifique las consecuencias o los resultados de las desviaciones asumiendo que los controles básicos de proceso fallan y las salvaguardas no existen. Considere las consecuencias fuera del nodo así como en el interior. Si no hay consecuencias de que preocuparse, escribir "ninguna consecuencia de preocupación".

Las Consecuencias podrán ser identificadas dentro del nodo o en todo el universo de la planta.

6. Asigne una categoría a la gravedad de las consecuencias identificadas.

7. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la desviación y de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.



8. Identifique las capas adicionales de protección requeridas para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.

9. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo, diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector

IV.1.4. Jerarquización de Escenarios de Riesgo.

Normalmente determinar el riesgo (probabilidad de ocurrencia de un evento indeseado por sus consecuencias) resulta ser un proceso, largo, caro y no simple. Para la jerarquización se utilizan, generalmente las matrices de riesgos o métodos de magnitud de riesgo las cuales se fundamentan en determinar valores, magnitudes o grados de riesgos como resultado de multiplicar la frecuencia de ocurrencia del evento indeseado por la magnitud de sus consecuencias.

Para este ARSH se realiza la jerarquización mediante la matriz de riesgo propuesta por el estándar / norma **MIL-STD-882E**, emitido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (Department Of Defense) en mayo de 2012. A continuación, se presentan las tablas para la ponderación de probabilidad y de gravedad respectivamente.

La determinación del riesgo se hizo como se indica a continuación:

- La puntuación de gravedad se asigna a cada variación del proceso en función de la **Tabla 3**. La puntuación se asigna asumiendo que no hay salvaguardas establecidas, a fin de estimar los máximos daños posibles.
 - Se pondera la consecuencia para los siguientes receptores: Salud del Personal o Población, pérdidas económicas a las Instalaciones o Producción y daños al Medio Ambiente.
 - De las puntuaciones obtenidas para los receptores, se selecciona el de menor valor numérico (peores consecuencias) y es el que se utiliza para calificar la Gravedad.
- Considerando los controles y medidas de reducción de Riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras) existentes en el sistema, se asigna el valor de probabilidad para cada desviación del proceso según los criterios de la **Tabla 4**.

Los riesgos evaluados se expresan como un Código de Evaluación de Riesgos (RAC) o una Categoría de Riesgo (CR), que es una combinación de una categoría de gravedad y un nivel de probabilidad. La **Tabla 6**, asigna un nivel de riesgo de Alto, Serio, Medio o Bajo para cada RAC o CR.

- La puntuación de gravedad y probabilidad se combinan para determinar la clasificación o categoría de riesgo, según lo expresado en la Matriz de Evaluación de Riesgos presentada en la **Tabla 5**.



Tabla 3. Categorías de consecuencias sugeridas. (MIL-STD-882E, 2012).

Valor	Categoría	Personas / Población	Instalación Producción /	Medio Ambiente
1	Catastrófico	Puede resultar en muerte o incapacidad total permanente.	Pérdida del sistema o proceso. Pérdida monetaria igual o superior a \$ 10 millones.	Irreversible impacto ambiental severo o significativo, que viola la ley o regulación.
2	Crítico	Puede resultar en discapacidad parcial, lesiones severas o enfermedad laboral que termine en la hospitalización de al menos tres personas.	Daño mayor a la propiedad o al sistema. Pérdida monetaria igual o superior a \$ 1 millón pero inferior a \$ 10 millones.	Reversible impacto ambiental significativo que viola la ley o regulación
3	Marginal o ligero	Puede resultar en herida o enfermedad laboral resultando en uno o más días de trabajo perdidos.	Daño menor a la propiedad o al sistema. Pérdida monetaria igual o superior a \$ 100 mil pero inferior a \$ 1 millón.	Reversible Impacto ambiental mitigable o moderado sin violación de la ley o regulación, donde actividades de restauración son suficientes.
4	Insignificante	Puede resultar en herida o enfermedad sin causar la pérdida de un día de trabajo.	Daño mínimo a la propiedad o al sistema, puede resultar en mantenimientos o reparaciones fuera de lo programado. Pérdida monetaria inferior a \$ 100 mil.	Impacto ambiental mínimo sin violación de la ley o norma.

Tabla 4. Niveles de probabilidad/frecuencia de accidente sugeridos. (MIL-STD-882E, 2012).

Valor	Categoría	Definición	Expresión Cuantitativa	Calificación cualitativa
1	Frecuente	Probable que ocurra a menudo en la vida del elemento o proceso	Probabilidad mayor o igual que 10^{-1}	Se experimenta continuamente
2	Probable	Ocurrirá varias veces en la vida del elemento o proceso	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-1} pero mayor que 10^{-2} .	Ocurrirá frecuentemente
3	Ocasional	Probable de que ocurra alguna vez en la vida del elemento o proceso	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-2} pero mayor o igual que 10^{-3}	Ocurrirá varias veces
4	Remoto	Poco probable pero es posible que ocurra en la vida del elemento o	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-3} pero mayor que	Es poco probable, pero es razonable esperar que ocurra



Valor	Categoría	Definición	Expresión Cuantitativa	Calificación cualitativa
		proceso	10^{-6} .	
5	Improbable	Improbable, puede ocurrir, o no tener experiencia en la vida del elemento o proceso.	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-6}	Improbable que ocurra, pero posible.

Tabla 5. Matriz de Evaluación de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012).

Probabilidad	Gravedad			
	1. Catastrófica	2. Critico	3. Marginal	4. Insignificante
1. Frecuente	Alto (A1)	Alto (A3)	Serio (B7)	Medio (C13)
2. Probable	Alto (A2)	Alto (A5)	Serio (B9)	Medio (C16)
3. Ocasional	Alto (A4)	Serio (B6)	Medio (C11)	Bajo (D18)
4. Remoto	Serio (B8)	Medio (C10)	Medio (C14)	Bajo (D19)
5. Improbable	Medio (C12)	Medio (C15)	Medio (C17)	Bajo (D20)



A Riesgo Inaceptable

B Riesgo Indeseable



C Aceptable con revisión

D Aceptable sin revisión

Tabla 6. Categorías de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012).

Valor de la evaluación	Categoría del riesgo
1 – 5	Alto
6 – 9	Serio
10 – 17	Medio
18 – 20	Bajo

Fuente: MIL-STD-882E. 2012. Standard Practice For System Safety.
 Normalizado por Department of Defense of the United States of America.

Fuente: Dinámica Heurística S.A. de C.V., SCRI HAZOP.
 Análisis de Riesgos y Operabilidad de los Procesos Version 2.5, Febrero 2015.

De acuerdo con ASEA, los escenarios o desviaciones de mayor riesgo se categorizan en las zonas de riesgo no tolerable y/o ALARP. Haciendo una equivalencia con ASEA, estas desviaciones corresponderán a las zonas de riesgo Inaceptable (Alto, A) y riesgo Indeseable (Serio, B) respectivamente.



Después de la clasificación del riesgo, los escenarios de riesgo ubicados en la zona “no tolerable” (Alto) se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional, así como la implementación de medidas de protección adicionales a las instalaciones, de igual manera, se deberá considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

IV.1.5. Aplicación de la metodología de Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgo.

Nodos Seleccionados para el Desarrollo del Análisis de Riesgo de Operabilidad “HAZOP”.

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 4 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación, así como de los Diagramas de Flujo de Proceso.

La delimitación de los nodos de estudio se definió en común acuerdo con los integrantes del equipo evaluador de análisis de riesgo, así como con base a las etapas del proceso del sistema de GNC, considerando sus características propias, en estos nodos, se reúnen los equipos y/o sistemas que cumplen funciones específicas, como el sistema de recepción del Gas Natural Comprimido, la descarga, descompresión del gas y la medición del mismo. En la **Tabla 7** se enlistan los nodos seleccionados. Los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI's) se muestran en el **Anexo 5**.

Tabla 7. Nodos Seleccionados.

Nodo	Descripción	Documentos de Referencia
1	Descarga de Gas Natural Comprimido	DFP: GNC-PUE-HUE-AGA-ED-ASEA-DFG-20_01 (REV C) DTI: DWG-801603
2	Sistema de Descompresión (PRS)	DFP: GNC-PUE-HUE-AGA-ED-ASEA-DFG-20_01 (REV C) DTI: DWG-801603
3	Sistema inteligente de calentamiento	DFP: GNC-PUE-HUE-AGA-ED-ASEA-DFG-20_01 (REV C) DTI: DWG-801603
4	Estación de Medición (EM) de Gas Natural	DFP: GNC-PUE-HUE-AGA-ED-ASEA-DFG-20_01 (REV C) DTI: GNC-PUE-HUE-AGA-ED-ASEA-DTI-20_01 (REV C)

Ver en el **Anexo 7. Análisis HAZOP**, el desarrollo de cada uno de las Hojas de trabajo HAZOP realizadas para cada Nodo, así como las fronteras establecidas para estos.

El equipo de trabajo se conformó por especialistas de las áreas de ingeniería de proceso, y mantenimiento, seguridad y protección ambiental. Las hojas de trabajo del análisis HazOp se presentan en el **Anexo 7**.

IV.1.6. Resultados de la Jerarquización de Escenarios de Riesgo.

A continuación, se incluyen los resultados de la jerarquización de los escenarios (desviaciones) encontrados en el análisis cualitativo desarrollado:



Tabla 8. Jerarquización de los Escenarios de Riesgos Identificados.

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
1	2.13	Falla en los sellos mecánicos del sistema de descompresión	Serio (B6)	2	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
2	2.17	Falla del calentador eléctrico (HTR-201) del equipo de descompresión.	Serio (B6)	2	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
3	4.4	Desgaste de sellos de válvulas manuales	Serio (B6)	2	3	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
4	1.3	Rotura de las mangueras por movimiento del contenedor móvil (camión)	Serio (B8)	1	4	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
5	1.2	Desconexión (conectores) de las líneas (manguera flexible) de descarga del PRS	Medio (C10)	2	4	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
6	2.4	Válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203) cerrada debido a falla de control o instrumentación	Medio (C10)	2	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
7	2.7	Válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203) semi-cerrada debido a falla de control o instrumentación	Medio (C10)	2	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
8	2.10	Línea o manguera rota, corriente arriba	Medio (C10)	2	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
9	2.14	Descontrol aguas arriba	Medio (C10)	2	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
10	2.15	Falsa señal del transmisor de presión (PT)	Medio (C10)	2	4	2	ED - Embotelladora	Gas Natural



No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
		201/202/203) dentro del equipo					AGA	
11	2.18	Condiciones ambientales extremas	Medio (C10)	2	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
12	3.4	Tubería del calentador eléctrico, obstruida	Medio (C10)	2	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
13	3.5	Tubería del calentador eléctrico, obstruida	Medio (C10)	2	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
14	3.7	Operador fija la temperatura demasiado alta en el calentador eléctrico.	Medio (C10)	2	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
15	3.9	Línea de suministro de glicol obstruida o bloqueada	Medio (C10)	2	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
16	4.5	Fisura en línea de conducción de gas natural por golpe de terceras partes durante el mantenimiento	Medio (C10)	2	4	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
17	4.7	Descontrol corriente arriba	Medio (C10)	2	4	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
18	2.6	Válvula manual (HV-203) parcialmente cerrada	Medio (C11)	3	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
19	2.20	Falla o interrupción del suministro de energía eléctrica.	Medio (C11)	3	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
20	2.22	Saturación del filtro (STR-101) debido a alto contenido de	Medio (C11)	3	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural



No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
		líquidos/sólidos en la corriente de gas						
21	1.6	Válvula de alivio del contenedor móvil, abierta por falla	Medio (C14)	3	4	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
22	1.8	Válvula chek (NRV 201A/201B), cerrada por falla	Medio (C14)	3	4	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
23	1.10	Exposición a radiación de calor externo a la instalación (incendio aledaño)	Medio (C14)	3	4	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
24	1.11	Material de las mangueras defectuoso (fuera de especificaciones).	Medio (C14)	3	4	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
25	2.8	Filtro (STR-101) parcialmente obstruido	Medio (C14)	3	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
26	2.9	Línea o manguera rota, corriente arriba	Medio (C14)	3	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
27	2.11	Cierre de la válvula (YV-201) por falsa señal del Panel de Control.	Medio (C14)	3	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
28	2.12	Bloqueo u obstrucción de la línea corriente arriba	Medio (C14)	3	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
29	2.16	Falla del calentador eléctrico (HTR-201) del equipo de descompresión.	Medio (C14)	3	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
30	3.1	Daño en el aislamiento de la línea	Medio (C14)	3	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
31	3.2	Falla del calentador eléctrico (HTR-201)	Medio (C14)	3	4	3	ED - Embotelladora	Gas Natural



No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
							AGA	
32	3.3	Falla del calentador eléctrico (HTR-201)	Medio (C14)	3	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
33	3.6	Operador fija la temperatura demasiado alta en el calentador eléctrico.	Medio (C14)	3	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
34	3.8	Falla del transmisor de temperatura	Medio (C14)	3	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
35	3.10	Línea de suministro de glicol parcialmente obstruida o bloqueada	Medio (C14)	3	4	3	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
36	4.2	Válvula de esfera (HVB-001-3"-150), cerrada involuntariamente	Medio (C14)	3	4	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
37	4.6	Descontrol corriente arriba	Medio (C14)	3	4	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
38	4.8	Falta de recubrimiento anticorrosivo	Medio (C14)	3	4	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
39	2.19	Exposición a radiación de calor externo a la instalación (incendio aledaño)	Medio (C15)	2	5	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
40	2.21	Descargas de energía estática (presencia de corrientes parásitas)	Medio (C15)	2	5	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
41	1.1	Tanque de suministro de GNC vacío (aguas arriba)	Medio (C17)	3	5	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
42	1.9	Condiciones ambientales extremas	Medio (C17)	3	5	1	ED - Embotelladora	Gas Natural



No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
							AGA	
43	2.1	Válvula manual (HV-203) cerrada por distracción del operador	Bajo (D18)	4	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
44	2.2	Paro no programado del equipo de descompresión	Bajo (D18)	4	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
45	2.3	Línea de entrada al sistema de descompresión obstruida o bloqueada	Bajo (D18)	4	3	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
46	2.5	Línea de entrada al sistema de descompresión parcialmente obstruida o bloqueada	Bajo (D19)	4	4	2	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
47	4.1	Sin alimentación de gas natural corriente arriba	Bajo (D19)	4	4	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
48	4.3	Válvula de esfera (HVB-001-3"-150), semi-cerrada involuntariamente	Bajo (D19)	4	4	4	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
49	1.4	Válvula manual (HV-207A/207B) cerrada involuntariamente	Bajo (D20)	4	5	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
50	1.5	Válvula check (NRV 201A/201B) semi-cerrada debido a falla mecánica	Bajo (D20)	4	5	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural
51	1.7	Bloqueo u obstrucción de alguna manguera	Bajo (D20)	4	5	1	ED - Embotelladora AGA	Gas Natural



De acuerdo a los resultados de las Hojas de Trabajo HAZOP, se obtuvieron 51 desviaciones (escenarios) con niveles Bajo, Medio y Serio, repartidos de la siguiente manera; 9 con categoría de riesgo “Bajo”, 38 con categoría “Medio” y 4 de riesgo “Serio”. De acuerdo a lo anterior, el 92% de los riesgos encontrados, no se categorizan en las zonas de riesgo no tolerable y/o ALARP.

Cabe señalar que durante la jerarquización de riesgos, para la ponderación de las frecuencias, se consideraron los controles y medidas de reducción de riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras), mientras que para la ponderación de las consecuencias, no se consideraron estos controles y medidas de reducción de riesgos, específicas para mitigar las consecuencias de los escenarios de riesgo identificados, a fin de estimar los máximos daños posibles, lo anterior, en observancia de la guía para la elaboración de Análisis de Riesgo del sector Hidrocarburos.

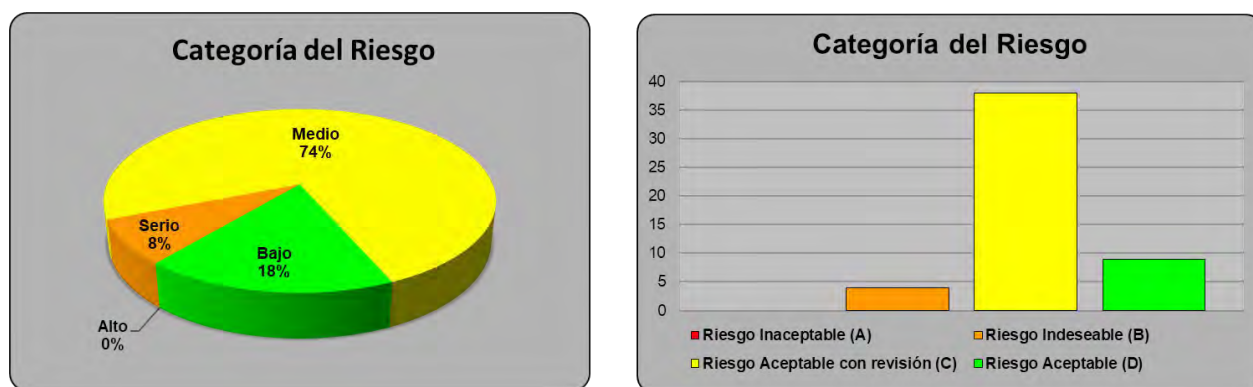


Figura 1. Graficas de los Resultados de la Jerarquización de escenarios.

Es importante señalar que el sistema inteligente de calentamiento, al ser un equipo auxiliar del sistema de descompresión y además de que maneja una mezcla glicol, no se pueden considerar de alto riesgo, sin embargo, las fallas de este, pueden llegar a repercutir significativamente en el óptimo funcionamiento del equipo de descompresión y representar un riesgo considerable. **Ver Desviaciones del Nodo 2 y Anexo 6. Análisis HAZOP.**

IV.2. Análisis Cuantitativo de Riesgo.

Una vez concluido el análisis cualitativo de riesgo en los numerales anteriores, se han encontrado 4 escenarios de riesgo ubicados en la región Tipo “B - Serio” definidos como ALARP, mientras que no se identificaron tipo “A - Alto” definidos como No tolerables. Estos escenarios de riesgo, se considerarán para un análisis cuantitativo de riesgo, el cual se compone de la evaluación detallada de frecuencias y de la evaluación detallada de consecuencias.

IV.2.1. Análisis Detallado de Frecuencias.

Para desarrollar el análisis detallado de frecuencias se aplicará la metodología de Árbol de Fallas, esto debido a que la metodología nos proporciona por un lado, la frecuencia de ocurrencia de la falla y por otro lado, nos permite conocer cuáles son los elementos relacionados y que contribuyen a que la falla se presente.



A continuación se enlistan los escenarios seleccionados para el análisis de frecuencias.

Tabla 9. Escenarios seleccionados para el análisis de frecuencias

Nodo / Desviación	Descripción del Escenario		Frecuencia
1 / 1.3	Sin flujo	Fuga de Gas Natural en una de las mangueras de descarga, a causa de la rotura de la misma debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC.	4
2 / 2.13	Baja presión	Fuga de Gas Natural en el equipo de descompresión, a causa de la falla de los sellos mecánicos del equipo.	3
2 / 2.17	Alta temperatura	Fuga de Gas Natural en la válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento.	3
4 / 4.4	Bajo flujo	Fuga de Gas Natural por desgaste de sellos en válvula manual	3

B. ÁRBOL DE FALLAS.

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de probabilidades de ocurrencia de algún evento y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular, apoyado en la cuantificación de los riesgos involucrados.

El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso y sucesos externos, principalmente. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.

De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "Evento Top", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas (OR y AND)".

El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

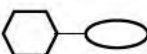
Puede ser un complemento de otras técnicas de análisis de riesgos, como ya se mencionó, para analizar un evento con alto grado de riesgo encontrados con otras técnicas como el HAZOP.

El Análisis de Árbol de Fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean estas fallas humanas, de equipos de planta o sucesos externos, etc.



El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar el suceso culminante que ocupa la cúspide de Árbol de Fallas. Para la representación lógica se utiliza la simbología que se muestra en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Simbología Utilizada por el Análisis de Árbol de Fallas.

Símbolo	Aplicación
	Sucesos intermedios: Resultan de la interacción de otro suceso, que a su vez se desarrolla mediante puertas lógicas.
	Sucesos Básicos: Constituyen la base de la raíz del árbol. No necesitan desarrollo posterior en otros sucesos.
	Sucesos no desarrollados: No son sucesos básicos y podrían desarrollarse más, pero el desarrollo no se considera necesario o no se dispone de la suficiente información
	Puerta "O" Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de uno o más sucesos de entrada para producir el proceso de salida.
	Puerta "Y" Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los signos de entrada para producir el proceso de salida
	Puerta inhibición: Representa la operación lógica que requiere la ocurrencia del suceso de entrada y la satisfacción de una condición de inhibición
	Condición externa: Se utiliza para indicar la condición o un suceso que existe como parte del escenario en que se desarrolló el árbol de fallas.
	Transferencia: Se utilizan para continuar el desarrollo del árbol de fallas en otra parte (por ejemplo, en otra página por falta de espacio).

La metodología empleada consiste en representar cada interrelación con un símbolo del álgebra de Boole.

Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, se utiliza el símbolo “AND” y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, se usa la compuerta “OR”. Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos contribuyentes unidos mediante una misma compuerta “AND” o “OR”, se obtiene la probabilidad del evento del siguiente nivel jerárquico.

En este caso de analizar los modos y efectos de fallas en la Estación se utilizan modelos de fallas de componentes y se analizan sus efectos potenciales a partir de parámetros disponibles en información bibliográfica especializada, para cada tipo de fallas.

El árbol de fallas es un diagrama lógico que muestra las interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones pueden ser condiciones ambientales o eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema y fallas de componentes específicos. Así, un árbol de fallas construido coherentemente muestra las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos los cuales pueden guiar a un evento no deseado.



Para la determinación del valor de probabilidad en los sistemas que conforman la Estación, se recurrió a un árbol de falla, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en el análisis HazOp.

Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la **Tabla 11**:

Tabla 11. Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Orden de magnitud	Cuantitativo	Expresión intuitiva: Duración fallo / Tiempo total	Calificación (Cualitativa)
10^{-1}	0.1	1 mes / año	Muy probable
10^{-2}	0.01	4 días / años	Probable
10^{-3}	0.001	1 turno / año	Medianamente probable
10^{-4}	0.0001	2 turno / 5 años	Improbable
10^{-5}	0.00001	1 hora / 10 años	Remotamente probable
10^{-6}	0.000001	1 hora / 100 años	Muy improbable

Fuente: Health and Safety Briefing No 26a Sept. 2004.
The Institution of Electrical Engineers.

Se realizó el árbol de fallas para accidentes a causa del mantenimiento, corrosión, sobrepresión, entre otros y se obtuvo la información de las probabilidades de falla de los componentes involucrados en los posibles escenarios, y de esta manera, se pueden dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos. En las **Figuras 2, 3 y 4** se plasman los árboles de falla para las desviaciones que ocasionan una Fuga de Gas Natural y en la **Figura 5**, se integra el árbol de falla para el riesgo de incendio y/o explosión.

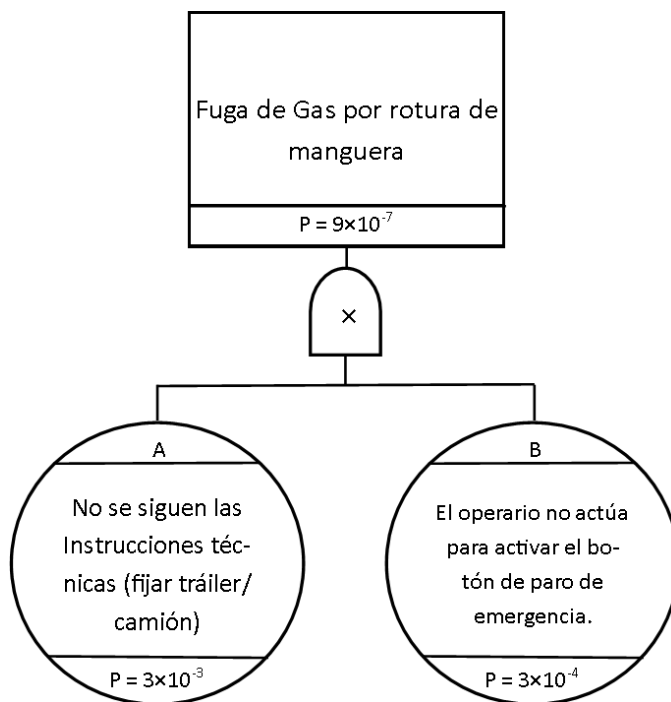


Figura 2. Árbol de Fallas del escenario 1.3 del Nodo 1. Rotura de manguera de descarga por movimiento del camión durante la descarga de GNC.

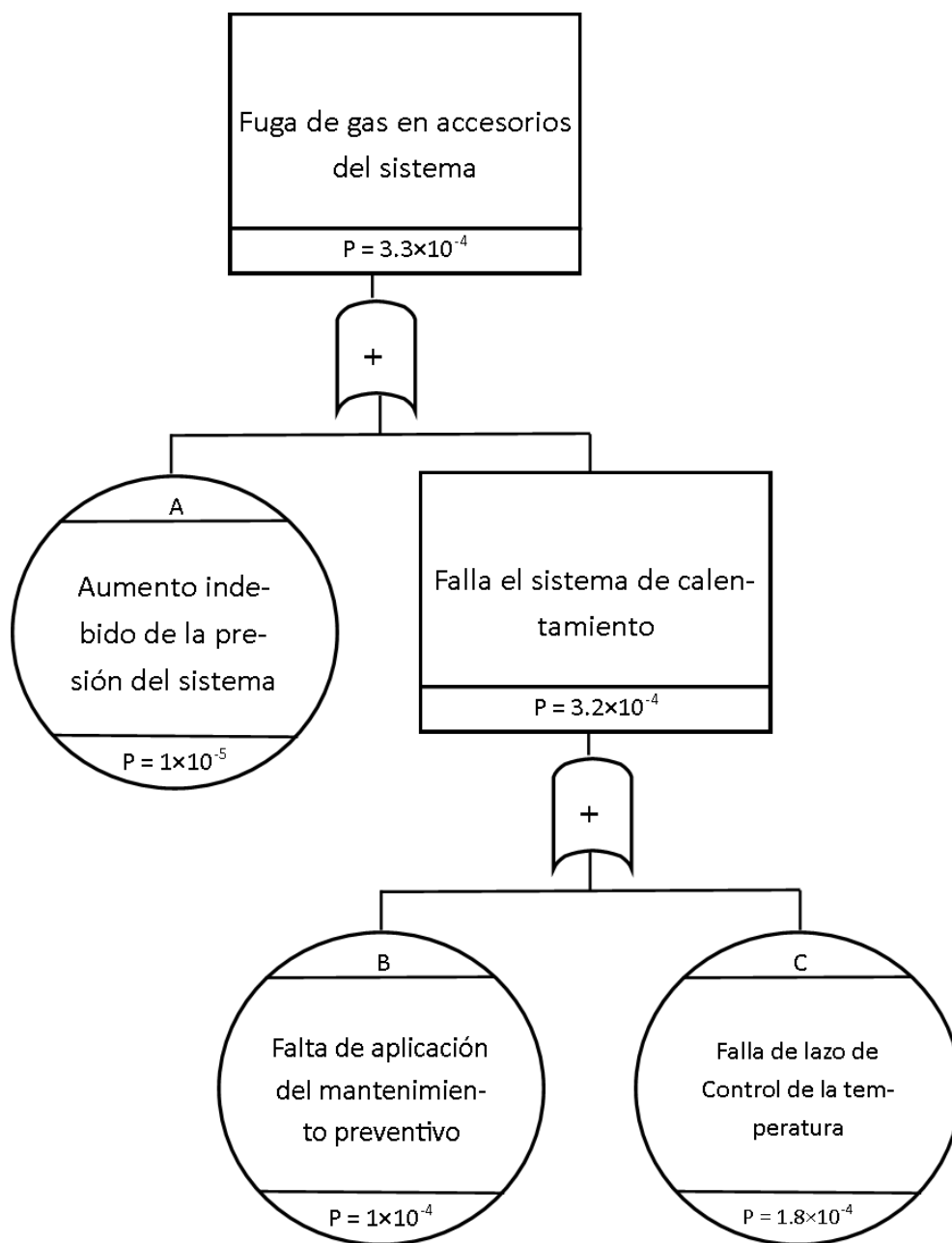


Figura 3. Árbol de Fallas del escenario 2.17 del Nodo 2. Fuga en válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203), por falla en el sistema de calentamiento.

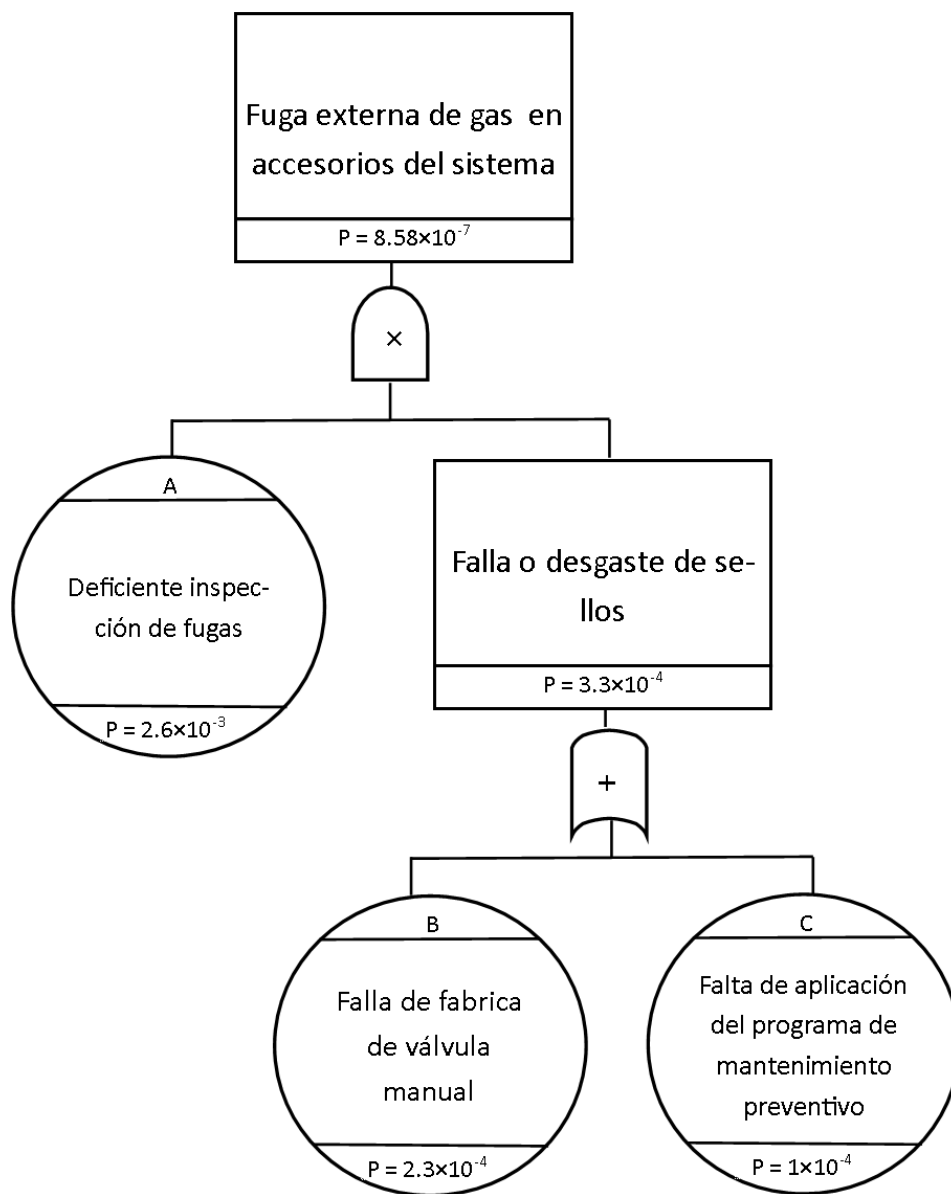


Figura 4. Árbol de Fallas del escenario 4.4 del Nodo 4. Fuga de Gas por desgaste de sellos en válvula manual.



Referencias

Storch de Gracias, J (2008) "Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas"
Haasl, David F. (1981) "Fault tree handbook"
U.S. Nuclear Regulatory Commission (1975) "Reactor Safety Study (WASH 1400)"
HSE (2012) "Failure rate data for use within risk assessments"
Lees, Frank. (2004). "Loss Prevention in the Process Industries", 3rd Edition., Hazard Identification, Assessment and Control.

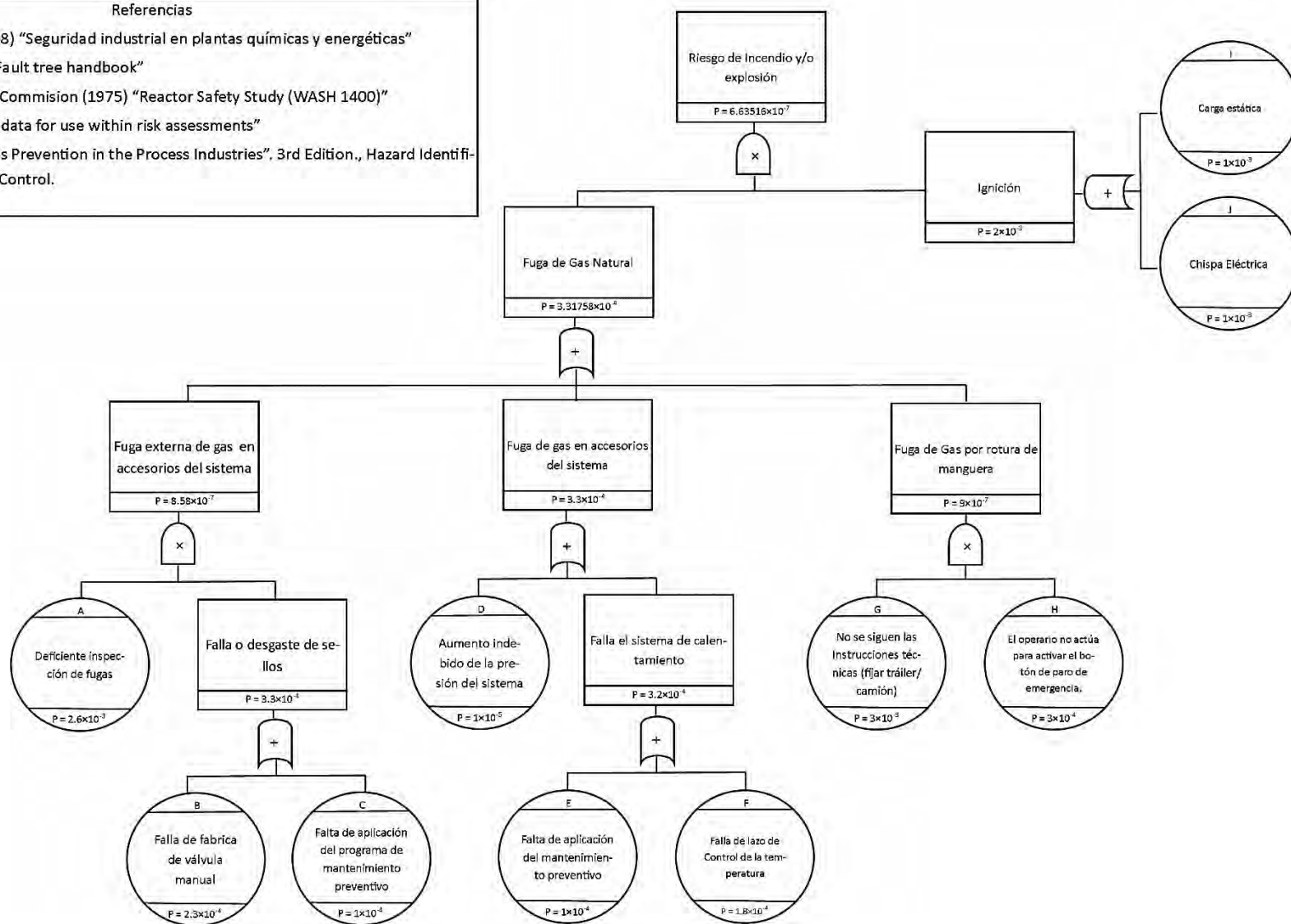


Figura 5. Árbol de Fallas. Riesgo de Incendio y/o explosión por la fuga de gas Natural.

Ver Anexo 7. Árbol de Falla



Para el escenario 2.13 del nodo 2, no fue necesario desarrollar árbol de falla, ya que se encontraron las probabilidades de falla para el tipo de fallo descrito en la desviación:

1. Escenario 2.13 del nodo 2; Fuga de Gas Natural en el equipo de descompresión, a causa de la falla de los sellos mecánicos del equipo: probabilidad de Falla de 1×10^{-3}

Storch de Gracias, J (2008) “Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas”

Haasl, David .F. (1981) “Fault tree handbook”

U.S. Nuclear Regulatory Commision (1975) “Reactor Safety Study (WASH 1400)”

HSE (2012) “Failure rate data for use within risk assessments”

Lees, Frank. (2004). “Loss Prevention in the Process Industries”.
3rd Edition., Hazard Identifi-cation, Assessment and Control.

IV.2.2. Análisis Detallado de Consecuencias.

Una vez desarrollados los numerales anteriores y seleccionado los escenarios de riesgo, se realiza la elaboración del análisis de consecuencias, estos escenarios serán presentados de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4.2.2 de la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos de la ASEA. Ver Catalogo de escenarios en **Tabla 12**.

A continuación, se mencionan las consideraciones generales para el programa de simulación matemática:

- Las composiciones de los combustibles se especifican en las hojas de datos de seguridad (HDS).
- El tiempo de duración de la fuga está concebido como el tiempo de cierre de los sistemas de bloqueo en la instalación para atención del evento. Dentro de los sistemas se tiene un sistema de cierre automático. El sistema automático corresponde al sistema de paro de emergencia, mandando a cierre las válvulas de corte o aislamiento de las áreas.
- Las condiciones meteorológicas serán bajo el siguiente criterio:
 - Estabilidad pasquil: 1.5 / F
 - Temperatura máxima ambiental: 30°C
 - Humedad relativa: 77 %
 - Velocidad del Viento 50 km/h
 - Dirección del viento: SO-NE
 - Las condiciones ambientales y meteorológicas permanecen constantes durante el tiempo del evento.
- El flujo para cada escenario simulado es el equivalente de la capacidad de cada componente o elemento del proyecto.
- Las condiciones de operación fueron establecidas de acuerdo con la FOP y DFP.



Tabla 12. Escenarios de Riesgo Propuestos.

N o	Clave de escenario (Nota 1)	Descripción del escenario identificado	Corresponde ncia de Escenario en HAZOP	Nivel de Riesgo	Diámetro de fuga (pulgadas)	Condiciones de Operación			Duración de la fuga (segundos)	Tasa de masa liberada (kg/s)	Inventario (kg)
						Presión (Bar)	Temperatura (°C)	Flujo (Sm³/h)			
1	E1-N01- PC- ED_AGA.	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100% de 1" Ø) en una de las mangueras de descarga, a causa de la rotura de la misma debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC.	Nodo 1, desviación 1.3	Serio (B8)	1"	248.21	-15	500	60	2.70207E+00 1 kg/s	1,621.242 kg
2	E2-N02- CMP- ED_AGA.	Fuga de Gas Natural en el equipo de descompresión, a causa de la falla de los sellos mecánicos del equipo.	Nodo 2, desviación 2.13	Serio (B6)	0.59"	248.21	40	500	60	7.37829E+00 0 kg/s	442.6974 kg
3	E3-N02- PC- ED_AGA.	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100% de 1.5" Ø) en la válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento y por ende sobrepresión en la línea de conducción del GNC.	Nodo 2, desviación 2.17	Serio (B6)	1.5"	248.21	40	500	60	4.76908E+00 1 kg/s	2,861.448 kg
4	E4-N02- CMP- ED_AGA.	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de 1.5" Ø) en la válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento y por ende sobrepresión en la línea de conducción del GNC.	Nodo 2, desviación 2.17	Serio (B6)	0.3"	248.21	40	500	60	1.90763E+00 0 kg/s	114.4578 kg
5	E5-N04- PC- ED_AGA.	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100% de 3" Ø) en la válvula de esfera (HVB-001-3"-150), por falta de aplicación del	Nodo 4, desviación 4.4	Serio (B6)	3"	3.92	25	500	60	3.24514E+00 0 kg/s	194.7084 kg



N o	Clave de escenario (Nota 1)	Descripción del escenario identificado	Corresponde ncia de Escenario en HAZOP	Nivel de Riesgo	Diámetro de fuga (pulgadas)	Condiciones de Operación			Duración de la fuga (segundos)	Tasa de masa liberada (kg/s)	Inventario (kg)
						Presión (Bar)	Temperatura (°C)	Flujo (Sm³/h)			
		programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la presión ejercida por el gas natural.									
6	E6-N04- CMP- ED_AGA	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de 3" Ø) en la válvula de esfera (HVB-001-3"-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la presión ejercida por el gas natural.	Nodo 4, desviación 4.4	Serio (B6)	0.6"	3.92	25	500	60	1.29806E- 001 kg/s	7.78836 kg

Nota 1. Claves de escenarios; **E1** (Número consecutivo del Escenario propuesto). **N01** (Número del nodo evaluado en metodología cualitativa). **PC** (Tipo de caso): **CMP**: Caso Más Probable y/o **PC**: Peor caso (considerando la gravedad de las consecuencias, liberación masiva, rotura total de tubería/ducto y/o recipiente/equipo). **ED_AGA** (Clave asignada al proyecto de la Estación de Descompresión Embotelladoras AGA).



Derivado de los escenarios seleccionados para las simulaciones, se presentan los datos empleados en cada escenario y los resultados para cada evento de riesgo de acuerdo con el Anexo 2 de la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos de la ASEA, presentando los criterios técnicos para determinar los datos alimentados al simulador, presiones, temperaturas de operación y los diámetros del orificio considerados.

Así mismo, para poder definir los límites de las zonas de riesgo y zonas de seguridad entorno a los escenarios simulados, se utilizan los criterios determinados en la Tablas 31 de la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos de la ASEA.

Tabla 13. Parámetros para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento.

	Zona de alto riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Rango de 12.5 KW/m ² a 37.5 KW/m ²	5.0 KW/m ²	1.4 KW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in ² a 10 lb/in ²	1.0 lb/in ² (0.070 kg/cm ²)	0.5 lb/in ² (0.035 kg/cm ²)

Datos empleados en cada escenario:

I. Datos Generales									
Elaboró	Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.			Fecha	10/2020		Software de simulación	PHAST versión 6.7	
Proyecto	Estación de Descompresión Embotelladora AGA								
II. Datos del escenario									
Clave	E1-N01-PC-ED_AGA						Peor Caso		●
							Caso más Probable		
							Caso Alterno		
Descripción	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100% de 1" Ø) en una de las mangueras de descarga, a causa de la rotura de la misma debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC.								
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.								
Modelo(s) Empleado(s) en la simulación									
Dardo de fuego (jet fire)	●	Charco de fuego (Pool fire)			Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)			Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)			Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)		●	Nube tóxica	
III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia		Gas Natural							
Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m ³)
Metano			83.0	4.5	14.5	1000			0.0554
Etano			11.0						
CO ₂			3.0						
Oxígeno			0.2						
IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación									
Tipo de recipiente									
Cilindro		Esfera			Tubería			Otro:	Manguera
Altura (m)		Diámetro (m)			Longitud (m)			Dimensiones	1 pulgada
Diámetro (m)					Diámetro (m)				
Condiciones de Operación					Estado físico				



I. Datos Generales									
Elaboró	Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.			Fecha	10/2020	Software de simulación		PHAST versión 6.7	
Proyecto		Estación de Descompresión Embotelladora AGA							
II. Datos del escenario									
Clave	E2-N02-CMP-ED_AGA				Peor Caso				
					Caso más Probable				
					Caso Alterno				
Descripción	Fuga de Gas Natural en el equipo de descompresión, a causa de la falla de los sellos mecánicos del equipo.								
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.								
Modelo(s) Empleado(s) en la simulación									
Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)		Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión			
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)		Nube tóxica			
III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia		Gas Natural							
Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m3)
Metano			83.0	4.5	14.5	1000			0.0554
Etano			11.0						
CO ₂			3.0						
Oxígeno			0.2						



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación							
Tipo de recipiente							
Cilindro		Esfera		Tubería		Otro:	Fuga interna del equipo
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	0.59 pulgadas
Diámetro (m)				Diámetro (m)			
Condiciones de Operación				Estado físico			
Presión:	Temperatura	Flujo	Líquido	Vapor	Líquido / Vapor		
248.21 bar	40 °C	500 Sm³/h					
Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga			
Falla catastrófica		Área		Vertical			
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	0.59 pulgadas	Horizontal			
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo			
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra			
Tipo de liberación		Punto de fuga		Tiempo estimado de liberación (s)	60 s		
Continua		Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	442.6974 kg		
Masiva		Altura (m)	1 m	Tasa de liberación (kg/s)	7.37829E+000 kg/s		
V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo							
Estabilidad atmosférica				1.5 / F			
Temperatura atmosférica				30 °C			
Presión atmosférica				759 mmHg			
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)				—			
Porcentaje de Humedad Relativa				77%			
Direcciones dominantes y velocidad del viento				50 km/h SO-NE			
Tipo de suelo (rugosidad empleada)				—			
VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)							
	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Chorro de fuego (Jet fire)	37.56 – 29.66 m	45.76 m	63.62 m	Ignición tardía (explosión)	80.49 – 75.14 m	91.53 m	105.36 m

I. Datos Generales						
Elaboró	Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.		Fecha	10/2020	Software de simulación	PHAST versión 6.7
Proyecto	Estación de Descompresión Embotelladora AGA					
II. Datos del escenario						
Clave	E3-N02-PC-ED_AGA.			Peor Caso		
				Caso más Probable		
				Caso Alterno		
Descripción	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100% de 1.5" Ø) en la válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento y por ende sobrepresión en la línea de conducción del GNC.					
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.					
Modelo(s) Empleado(s) en la simulación						
Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)		Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)		Nube tóxica
III. Sustancias Involucradas						



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

Nombre de la Sustancia			Gas Natural						
Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m3)
Metano			83.0	4.5	14.5	1000			0.0554
Etano			11.0						
CO ₂			3.0						
Oxigeno			0.2						
IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación									
Tipo de recipiente									
Cilindro		Esfera		Tubería		Otro:		Válvula reguladora	
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones		1.5 pulgadas	
Diámetro (m)				Diámetro (m)					
Condiciones de Operación					Estado físico				
Presión:	Temperatura	Flujo		Líquido		Vapor		Líquido / Vapor	
248.21 bar	40 °C	500 Sm ³ /h							
Tipo de fuga			Características del orificio de fuga			Dirección de la fuga			
Falla catastrófica		Área		Vertical					
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	1.5 pulgadas	Horizontal					
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo					
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra					
Tipo de liberación			Punto de fuga			Tiempo estimado de liberación (s)		60 s	
Continua		Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	2,861.448 kg				
Masiva		Altura (m)	1 m	Tasa de liberación (kg/s)	4.76908E+001 kg/s				
V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo									
Estabilidad atmosférica					1.5 / F				
Temperatura atmosférica					30 °C				
Presión atmosférica					759 mmHg				
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)					—				
Porcentaje de Humedad Relativa					77%				
Direcciones dominantes y velocidad del viento					50 km/h SO-NE				
Tipo de suelo (rugosidad empleada)					—				
VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)									
Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión					
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad			
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		
	12.5-37.5 kW/m ²	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²		3-10 lb/cm ²	1 lb/cm ²	0.5 lb/cm ²		
Chorro de fuego (Jet fire)	86.43 – 66.13 m	109.55 m	159.63 m	Ignición tardía (explosión)	250.84 – 235.10 m	283.24 m	323.89 m		

I. Datos Generales					
Elaboró	Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.	Fecha	10/2020	Software de simulación	PHAST versión 6.7
Proyecto	Estación de Descompresión Embotelladora AGA				
II. Datos del escenario					
Clave	E4-N02-CMP-ED_AGA.				Peor Caso
					Caso más Probable
					Caso Alterno
Descripción	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de 1.5" Ø) en la válvula reguladora de presión (PCV-201/202/203) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento y por ende sobrepresión en la línea de conducción del GNC.				



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.							
Modelo(s) Empleado(s) en la simulación								
Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)		Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)				Explosión física de recipiente a presión
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)				Nube tóxica
III. Sustancias Involucradas								
Nombre de la Sustancia		Gas Natural						
Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)
Metano			83.0	4.5	14.5	1000		
Etano			11.0					
CO ₂			3.0					
Oxígeno			0.2					
IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación								
Tipo de recipiente								
Cilindro		Esfera		Tubería				Otro:
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)				Válvula reguladora
Diámetro (m)				Diámetro (m)				Dimensiones
Condiciones de Operación				Estado físico				
Presión:	Temperatura		Flujo		Líquido		Vapor	
248.21 bar	40 °C		500 Sm ³ /h					
Tipo de fuga			Características del orificio de fuga			Dirección de la fuga		
Falla catastrófica			Área			Vertical		
Liberación en válvula de alivio			Diámetro			Horizontal		
Orificio en Cuerpo o Tubería						Coef. de pérdida del orificio		
Cizalla de Tubería , otro						Golpea contra		
Tipo de liberación			Punto de fuga			Tiempo estimado de liberación (s)		60 s
Continua			Elevación (m)			Inventario fugado (kg)		114.4578
Masiva			Altura (m)			Tasa de liberación (kg/s)		1.90763E+000 kg/s
V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo								
Estabilidad atmosférica					1.5 / F		Otro	
Temperatura atmosférica					30 °C			
Presión atmosférica					759 mmHg			
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)					—			
Porcentaje de Humedad Relativa					77%			
Direcciones dominantes y velocidad del viento					50 km/h SO-NE			
Tipo de suelo (rugosidad empleada)					—			
VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)								
Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión				
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	
	12.5-37.5 kW/m ²	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²		3-10 lb/cm ²	1 lb/cm ²	0.5 lb/cm ²	
Chorro de fuego (Jet fire)	19.17 – 15.09 m	22.92 m	30.57 m	Ignición tardía (explosión)	34.64 – 32.27 m	39.53 m	45.65 m	



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

I. Datos Generales									
Elaboró	Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.			Fecha	10/2020		Software de simulación	PHAST versión 6.7	
Proyecto	Estación de Descompresión Embotelladora AGA								
II. Datos del escenario									
Clave	E5-N04-PC-ED_AGA						Peor Caso		
							Caso más Probable		
							Caso Alternativo		
Descripción	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100% de 3" Ø) en la válvula de esfera (HVB-001-3"-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la presión ejercida por el gas natural.								
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.								
Modelo(s) Empleado(s) en la simulación									
Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)		Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión			
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)			Nube tóxica		
III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia			Gas Natural						
Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m3)
Metano			83.0	4.5	14.5	1000			0.0554
Etano			11.0						
CO ₂			3.0						
Oxígeno			0.2						
IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación									
Tipo de recipiente									
Cilindro		Esfera		Tubería			Otro:		
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones			
Diámetro (m)				Diámetro (m)		3 pulgadas			
Condiciones de Operación					Estado físico				
Presión:		Temperatura		Flujo		Líquido		Vapor	
3.92 bar		25 °C		500 Sm ³ /h					
Tipo de fuga			Características del orificio de fuga			Dirección de la fuga			
Falla catastrófica			Área			Vertical			
Liberación en válvula de alivio			Diámetro			Horizontal			
Orificio en Cuerpo o Tubería						Coef. de pérdida del orificio			Hacia abajo
Cizalla de Tubería, otro						Golpea contra			
Tipo de liberación			Punto de fuga			Tiempo estimado de liberación (s)		60 s	
Continua						Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	
Masiva						Altura (m)		Tasa de liberación (kg/s)	
						1 m		3.24514E+000 kg/s	
V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo									
Estabilidad atmosférica						1.5 / F			
Temperatura atmosférica						30 °C			
Presión atmosférica						759 mmHg			
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)						—			
Porcentaje de Humedad Relativa						77%			
Direcciones dominantes y velocidad del viento						50 km/h SO-NE			
Tipo de suelo (rugosidad empleada)						—			
VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)									
Radios por radiación térmica					Radios por sobrepresión				
Clase de evento	Otro		Zona de seguridad		Clase de evento	Otro		Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo (daño a		Alto Riesgo	Amortiguamiento		



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

	equipos)				equipos)		
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Chorro de fuego (Jet fire)	25.12 – 20.03 m	30.20 m	41.01 m	Ignición tardía (explosión)	46.31 – 43.09 m	52.95 m	61.28 m

I. Datos Generales									
Elaboró	Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.			Fecha	10/2020		Software de simulación	PHAST versión 6.7	
Proyecto	Estación de Descompresión Embotelladora AGA								
II. Datos del escenario									
Clave	E6-N04-CMP-ED_AGA.				Peor Caso				
					Caso más Probable				
					Caso Alterno				
Descripción	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de 3" Ø) en la válvula de esfera (HVB-001-3"-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la presión ejercida por el gas natural.								
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.								
Modelo(s) Empleado(s) en la simulación									
Dardo de fuego (jet fire)	☒	Charco de fuego (Pool fire)	☐	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)	☐	Explosión física de recipiente a presión			
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)	☐	Flamazo de nube de vapor (flash fire)	☐	Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)	☐	Nube tóxica			
III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia		Gas Natural							
Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m3)
Metano			83.0	4.5	14.5	1000			0.0554
Etano			11.0						
CO ₂			3.0						
Oxígeno			0.2						
IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación									
Tipo de recipiente									
Cilindro	☐	Esfera	☐	Tubería	☒	Otro:			
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones			
Diámetro (m)				Diámetro (m)	0.6 pulgadas				
Condiciones de Operación					Estado físico				
Presión:	Temperatura	Flujo	Líquido	Vapor	Líquido / Vapor				
3.92 bar	25 °C	500 Sm ³ /h	☐	☒					
Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga					
Falla catastrófica		Área		Vertical					
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	0.6 pulgadas	Horizontal	☒				
Orificio en Cuerpo o Tubería	☒	Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo					
Cizalla de Tubería, otro				Golpea contra					
Tipo de liberación		Punto de fuga		Tiempo estimado de liberación (s)	60 s				
Continua	☒	Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	7.78836				
Masiva		Altura (m)	1 m	Tasa de liberación (kg/s)	1.29806E-001 kg/s				
V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo									
Estabilidad atmosférica					1.5 / F				
Temperatura atmosférica					30 °C				
Presión atmosférica					759 mmHg				
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)					—				
Porcentaje de Humedad Relativa					77%				



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

Direcciones dominantes y velocidad del viento				50 km/h SO-NE			
Tipo de suelo (rugosidad empleada)				---			
VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)							
	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Chorro de fuego (Jet fire)	NR	4.80 m	6.61 m	Ignición tardía (explosión)	--- m	--- m	--- m



ÍNDICE

V. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN..... 2

Figura

Figura 1. Escenario E1-N01-PC-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación AGA.	3
Figura 2. Escenario E1-N01-PC-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación AGA.	4
Figura 3. Escenario E2-N02-CMP-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.	5
Figura 4. Escenario E2-N02-CMP-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.	6
Figura 5. Escenario E3-N02-PC-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.	7
Figura 6. Escenario E3-N02-PC-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.	8
Figura 7. Escenario E4-N02-CMP-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.	9
Figura 8. Escenario E4-N02-CMP-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.	10
Figura 9. Escenario E5-N04-PC-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de Medición de GN de la Estación AGA.	11
Figura 10. Escenario E5-N04-PC-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de Medición de GN de la Estación AGA.	12
Figura 11. Escenario E6-N04-CMP-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de Medición de GN de la Estación AGA.	13



V. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

A continuación, se representarán los Radios Potenciales de afectación, indicando las Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento para los escenarios de Riesgo. En las siguientes imágenes puede observarse que las Zonas de Alto Riesgo (ZAR) están representadas con el color rojo y las Zonas de Amortiguamiento (ZA) de color verde, además se incluyen las distancias de afectación para cada uno de estos radios y la Zona de Alto Riesgo por daño a equipos (OTRO), que en el caso de radiación va de 12.5 KW/m^2 a 37.5 KW/m^2 , y para el caso de sobrepresión que va de 3 lb/in^2 (psi) a 10 lb/in^2 (psi), de igual manera se muestran las distancias de afectación en cada uno de los escenarios. Para mayor detalle, **Ver Anexo 9. Radios de Afectación**

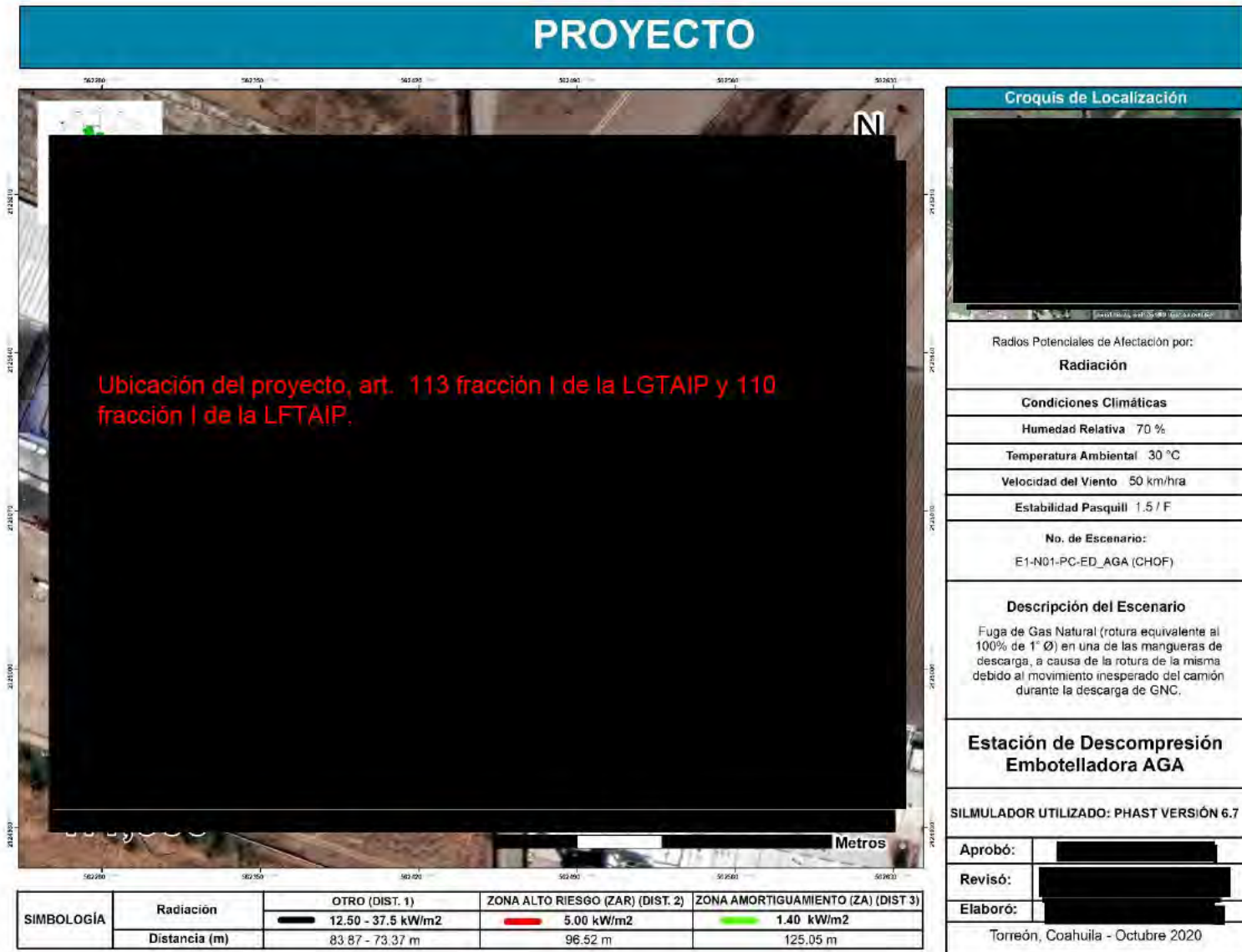
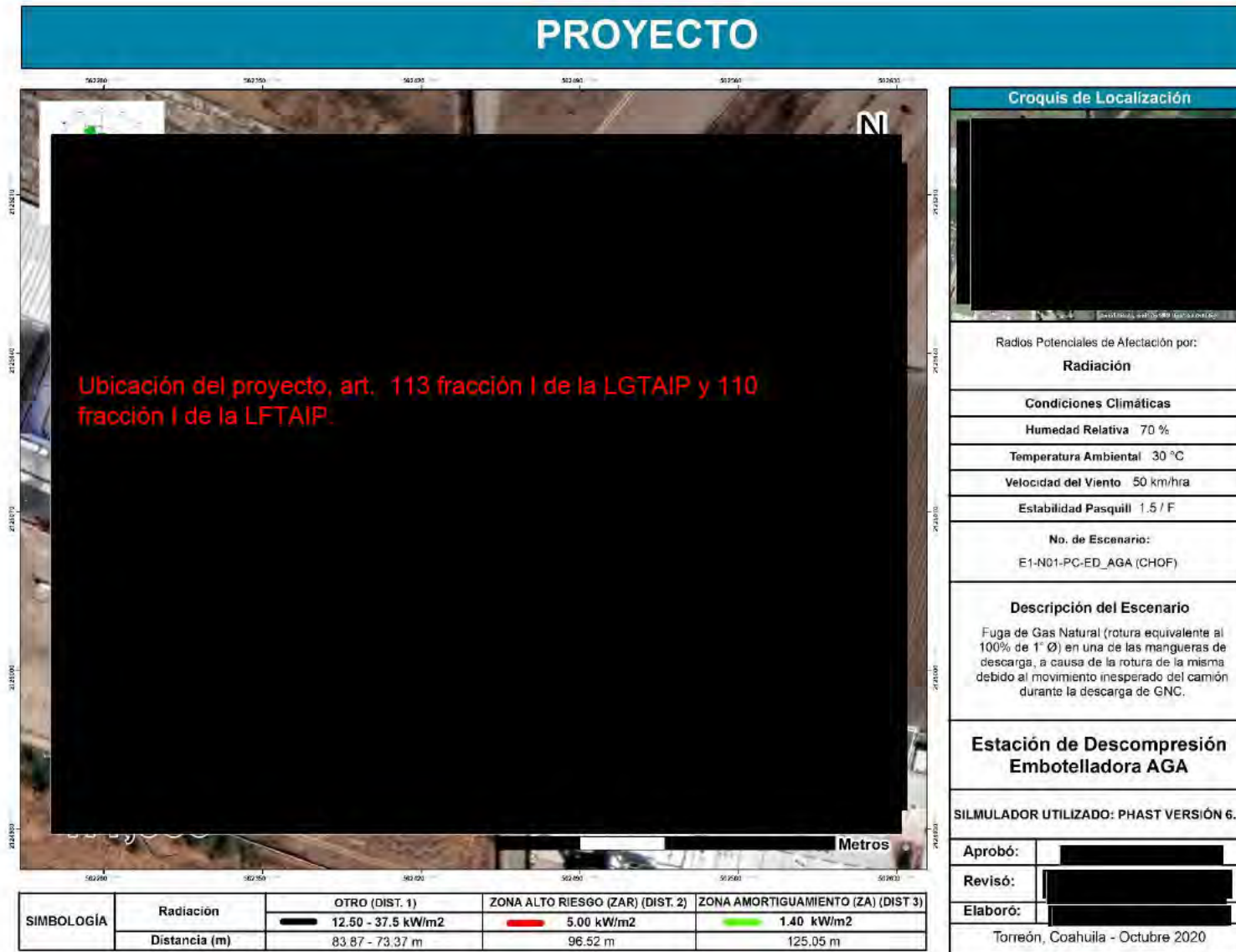


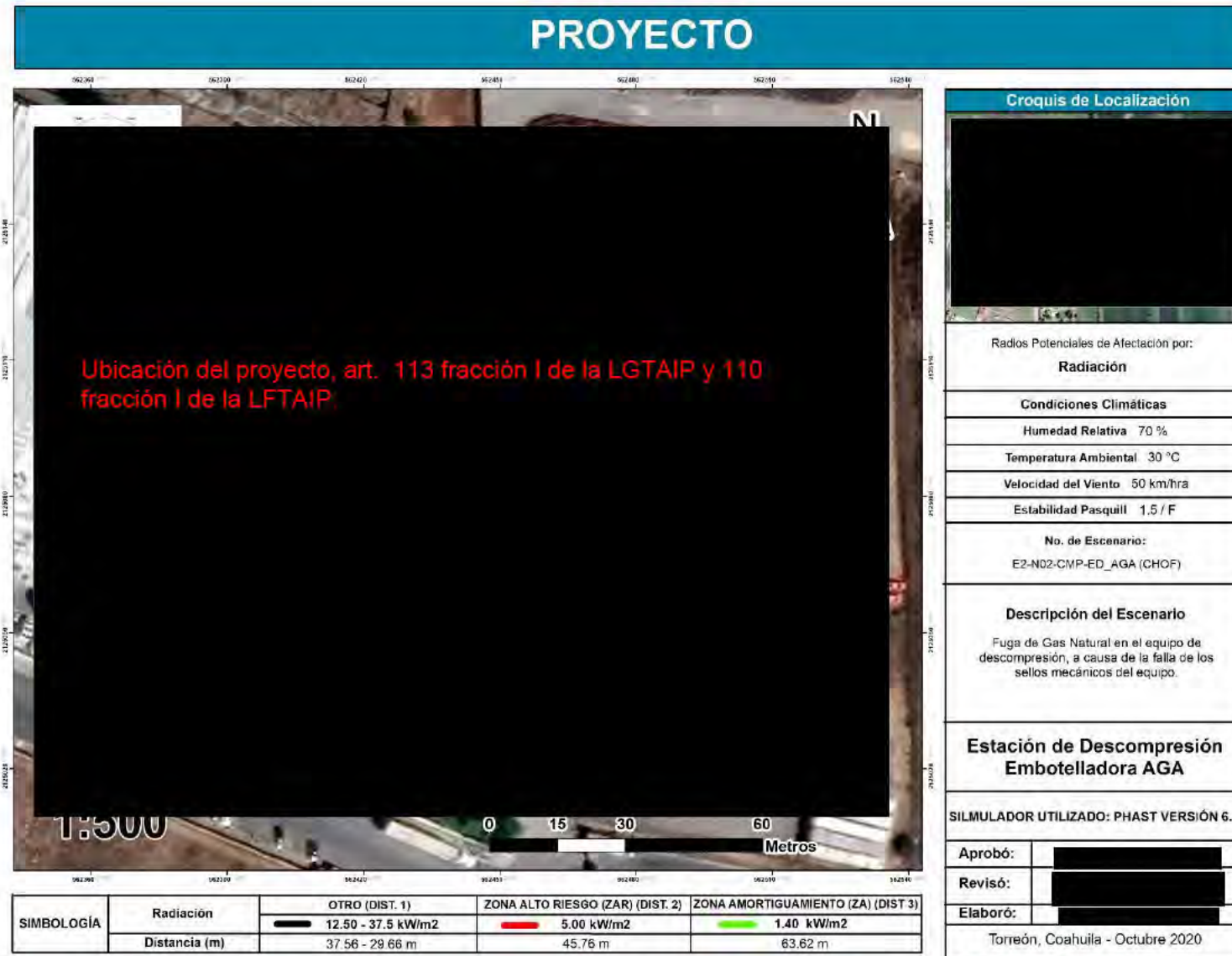
Figura 1. Escenario E1-N01-PC-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación AGA.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.



Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

Figura 2. Escenario E1-N01-PC-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación AGA.



Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

Figura 3. Escenario E2-N02-CMP-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.

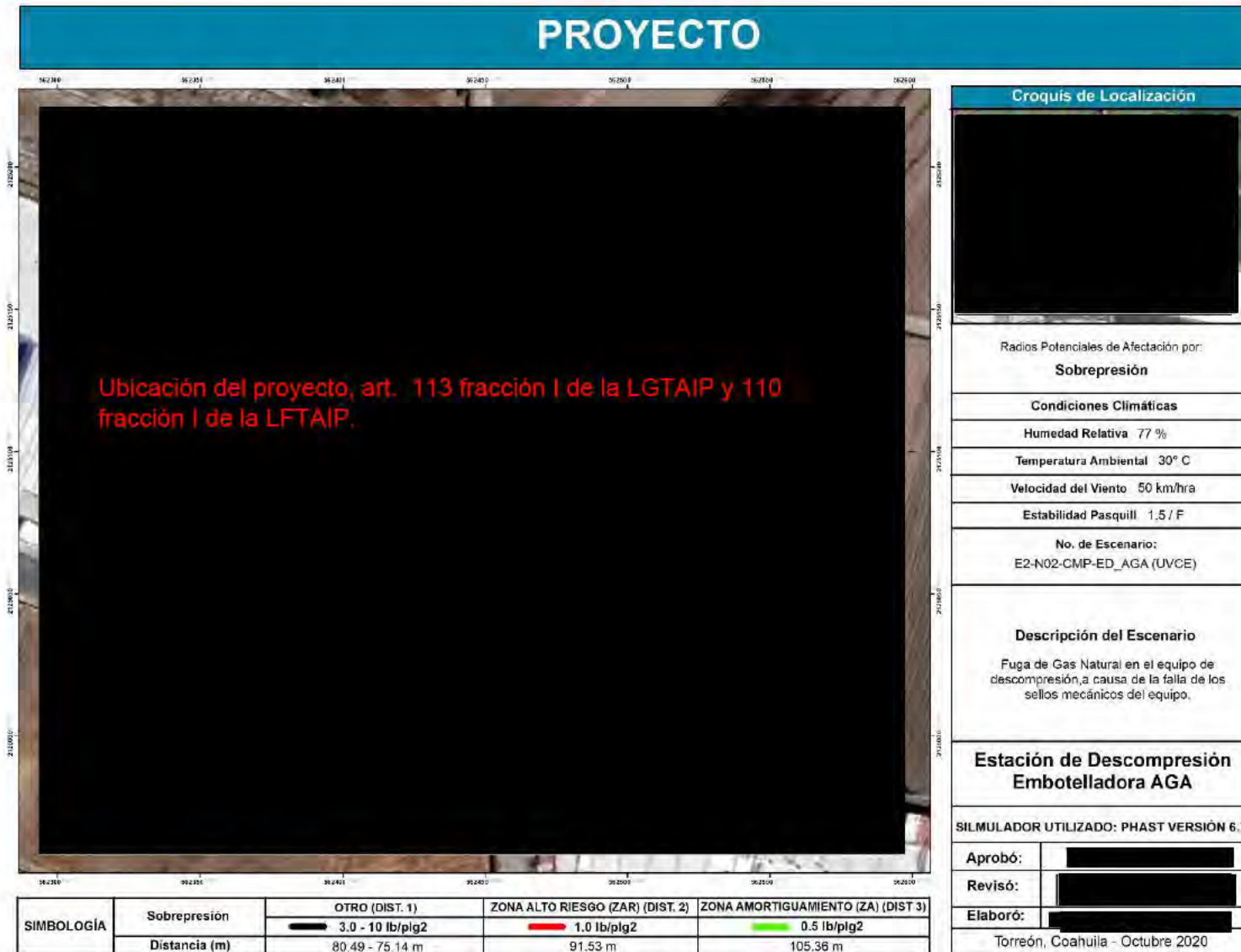


Figura 4. Escenario E2-N02-CMP-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

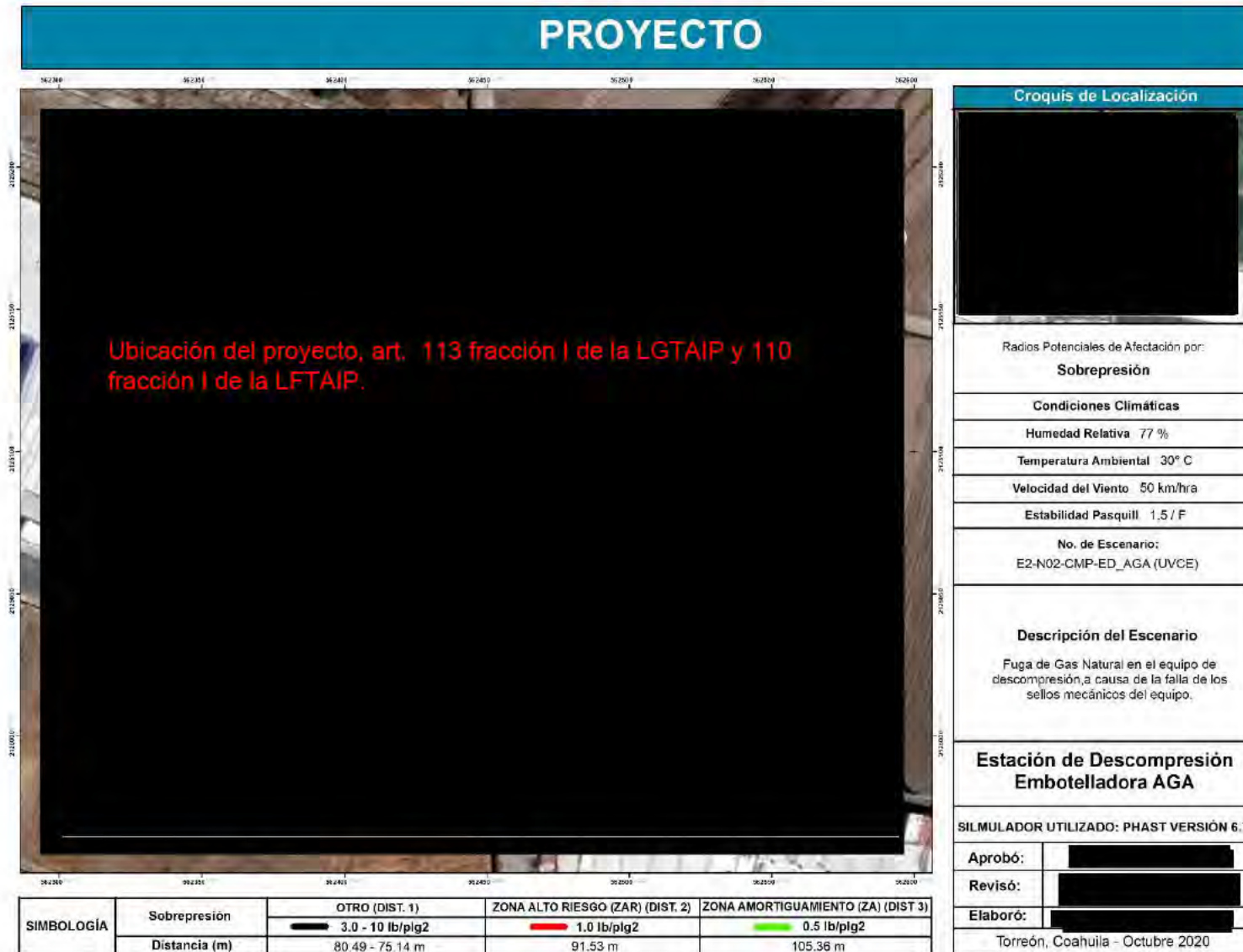


Figura 5. Escenario E3-N02-PC-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.
Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

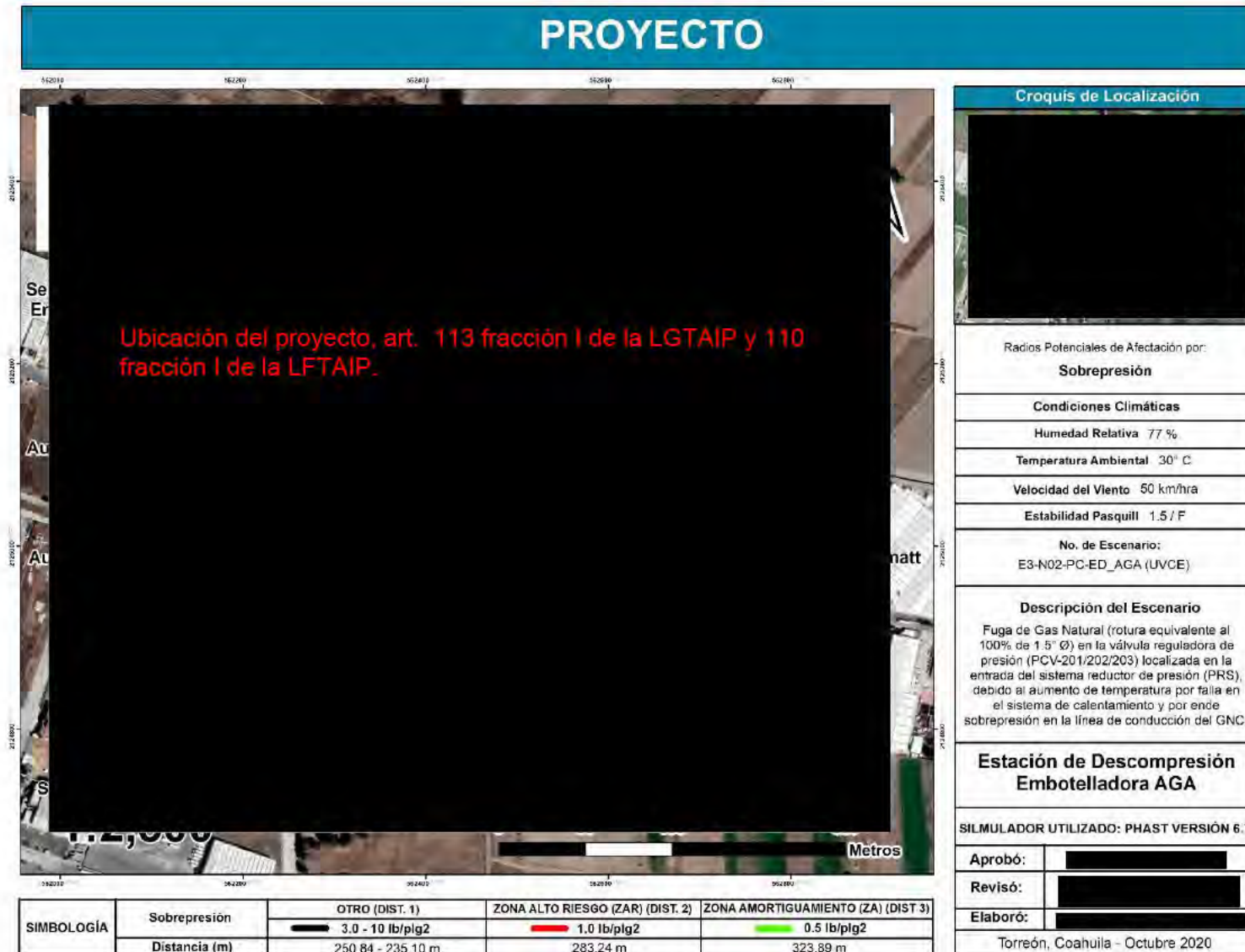


Figura 6. Escenario E3-N02-PC-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.
Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

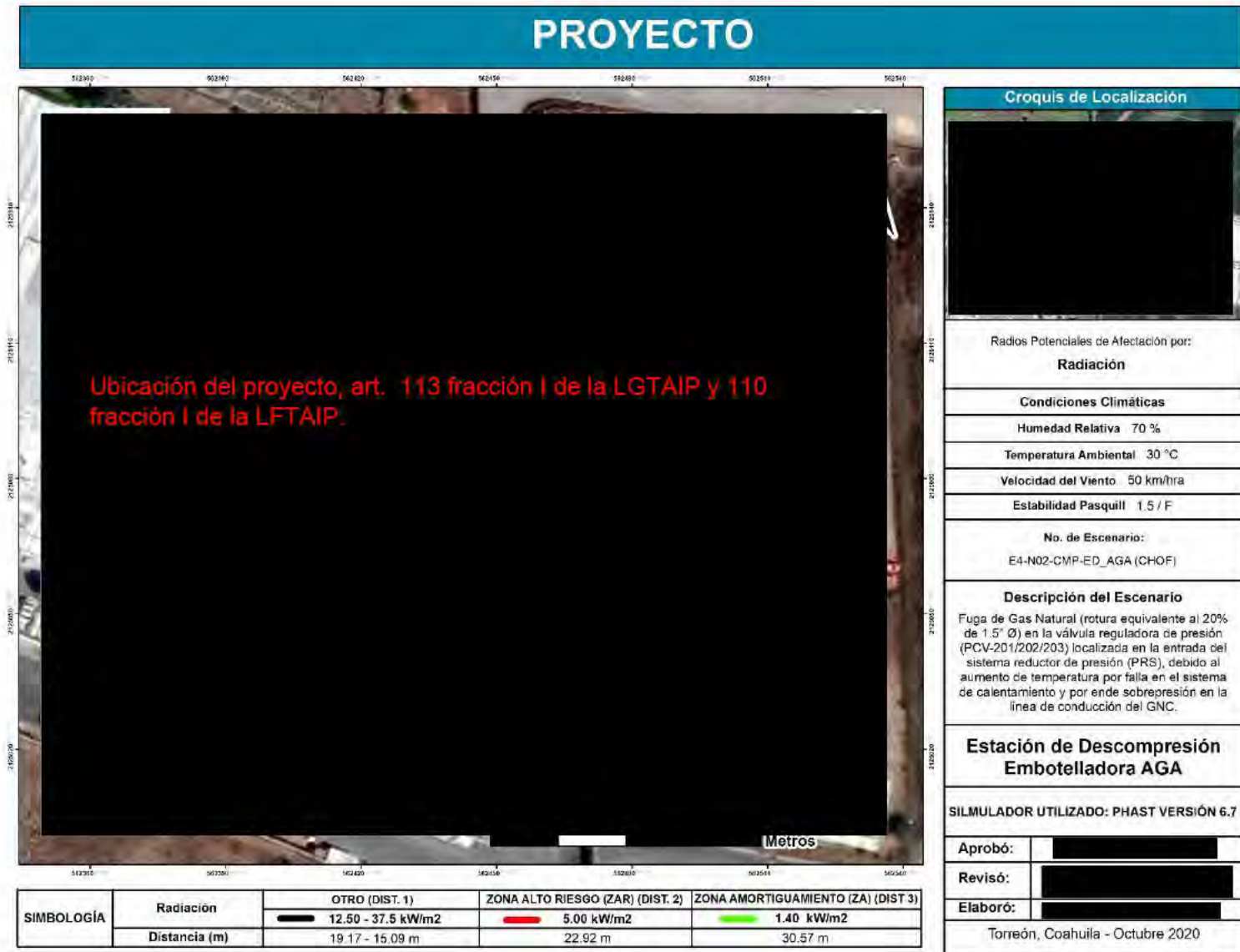


Figura 7. Escenario E4-N02-CMP-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

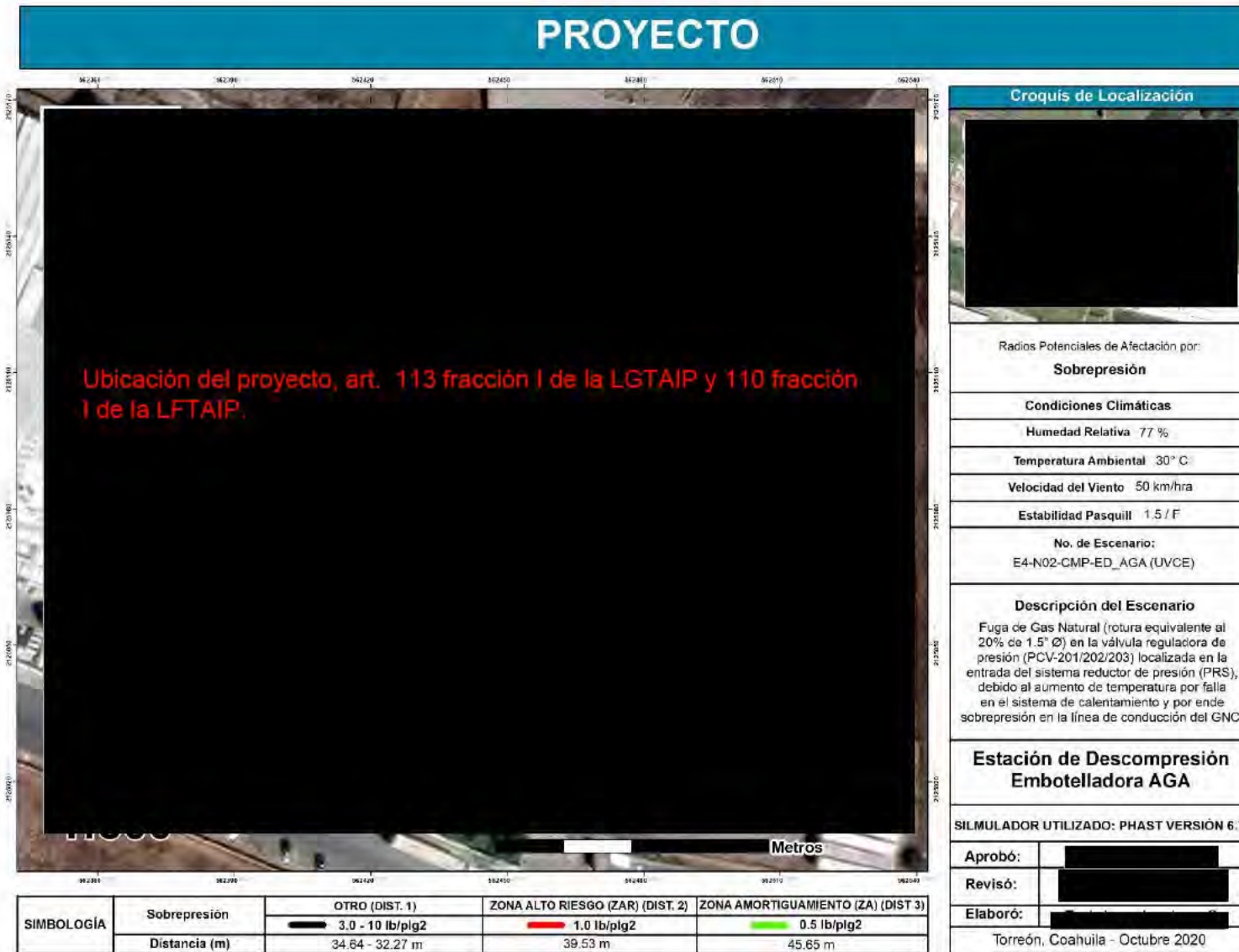


Figura 8. Escenario E4-N02-CMP-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de descompresión de GNC de la Estación AGA.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

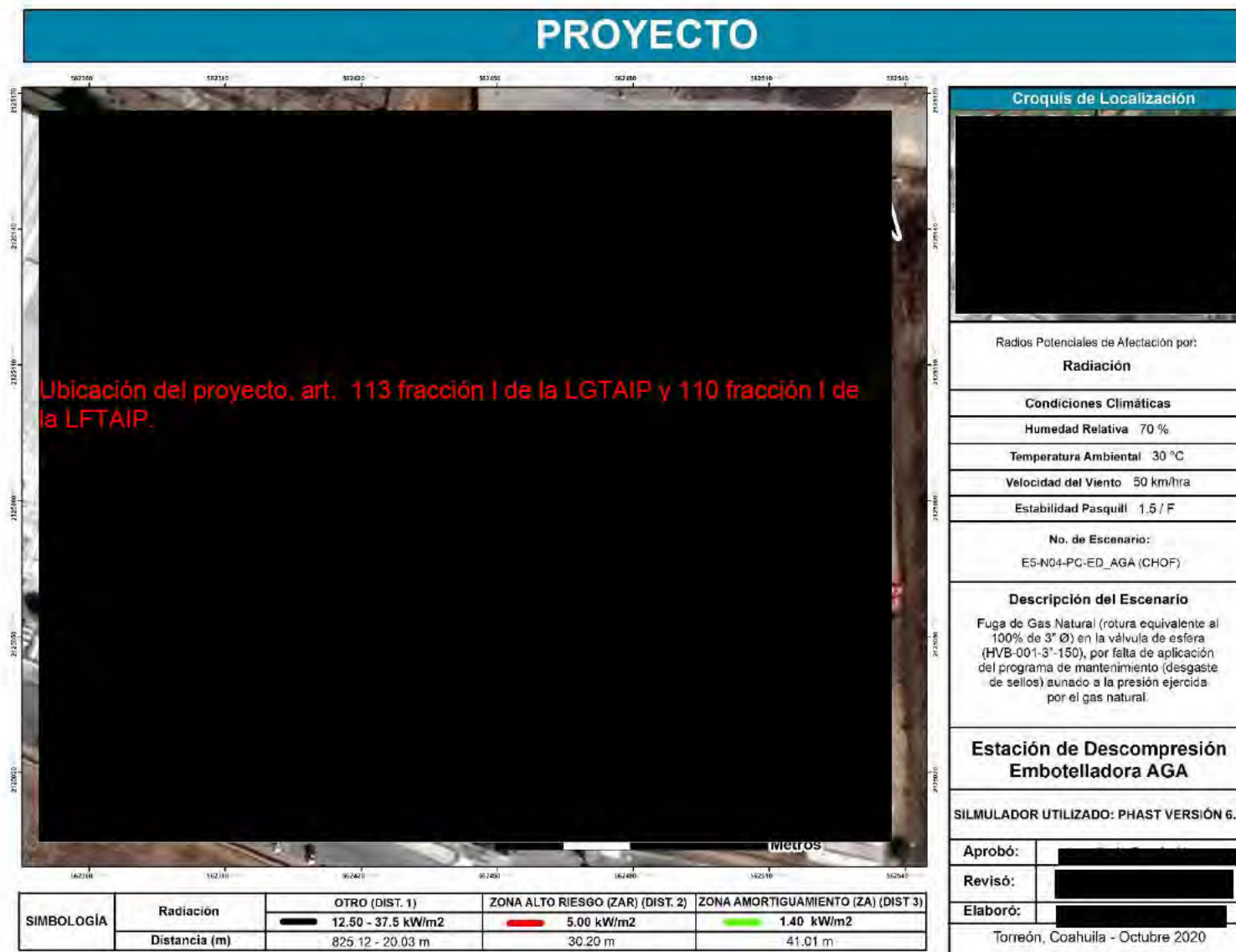


Figura 9. Escenario E5-N04-PC-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de Medición de GN de la Estación AGA.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

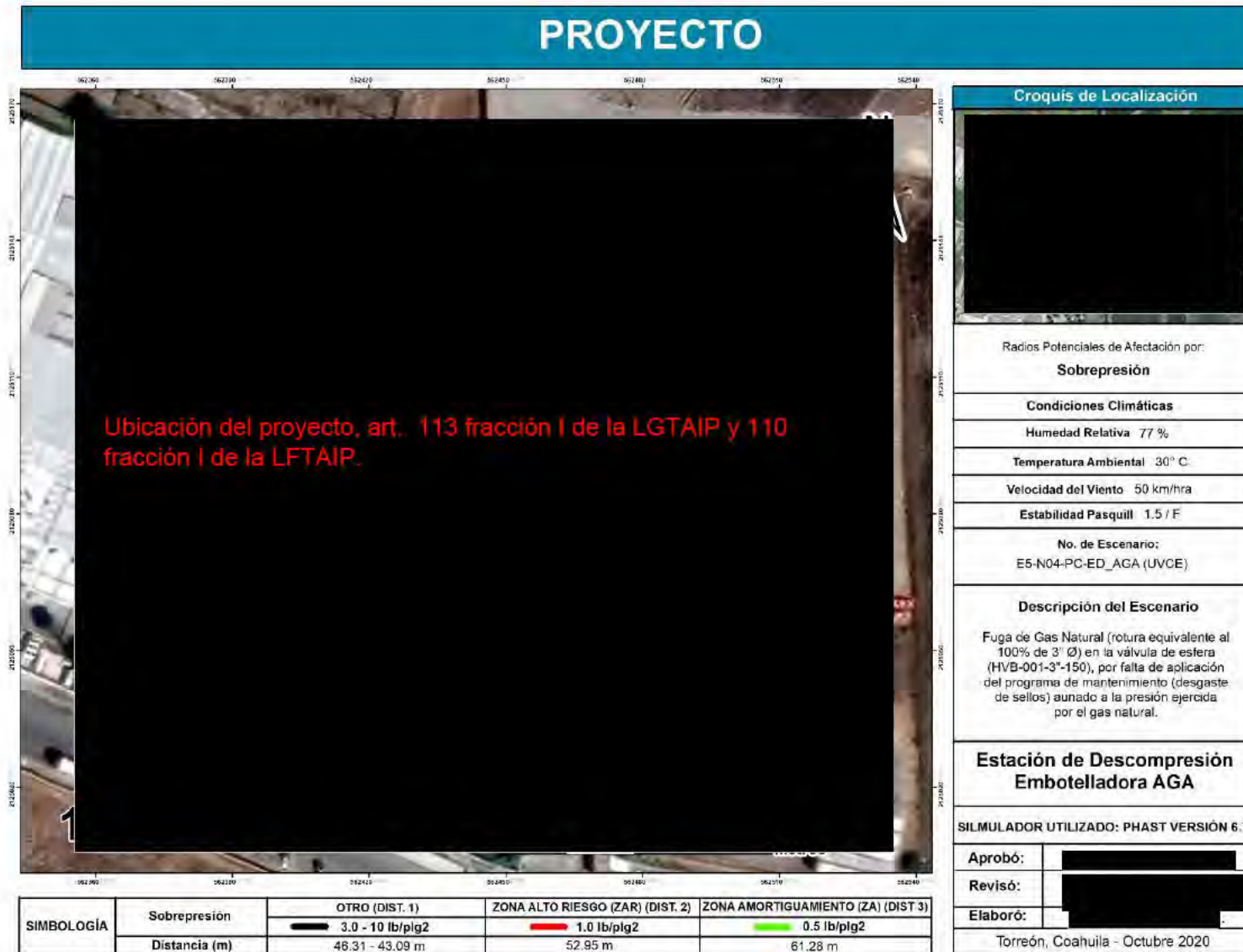


Figura 10. Escenario E5-N04-PC-ED_AGA (UVCE). Explosión de Gas Natural en el Área de Medición de GN de la Estación AGA.
Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.

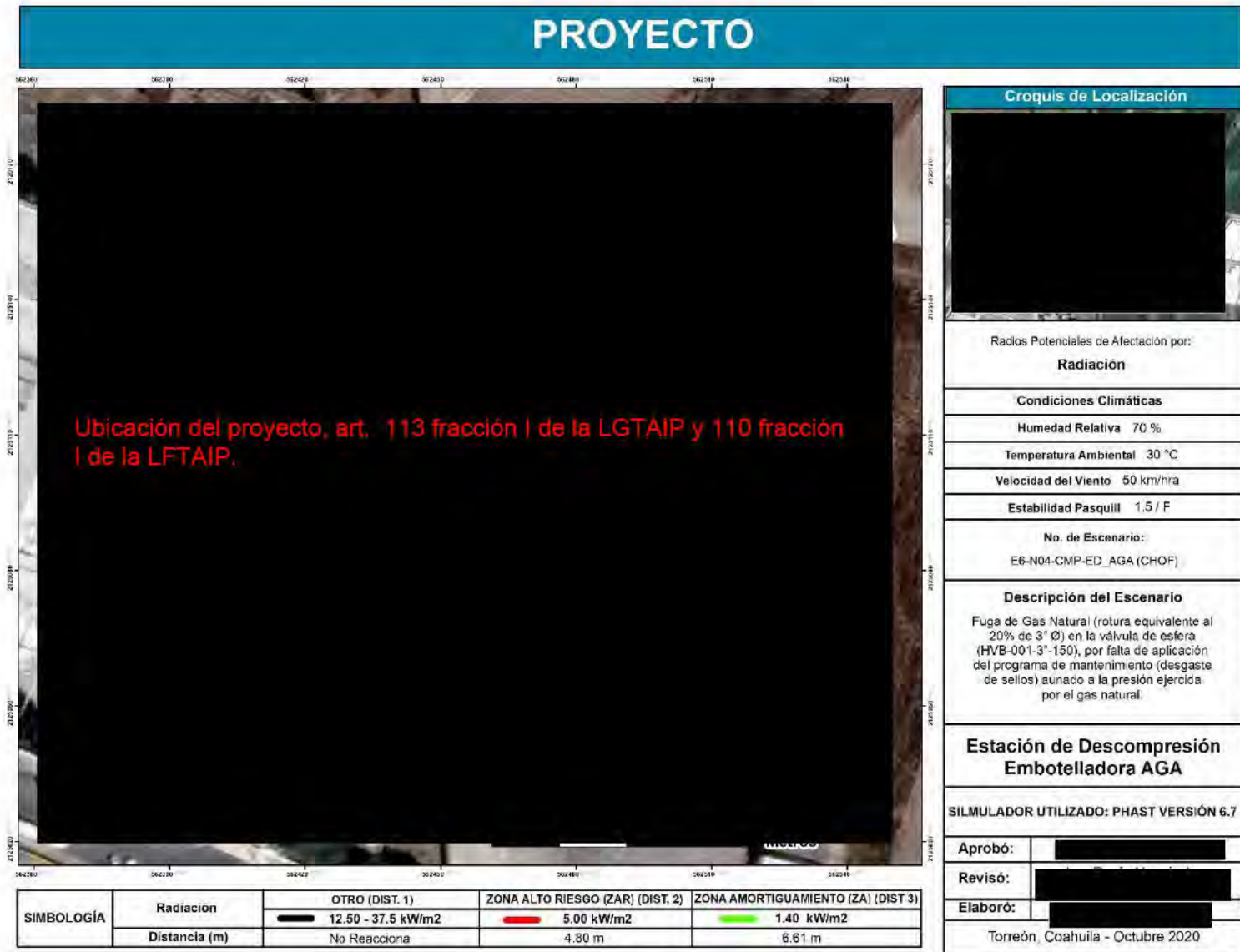


Figura 11. Escenario E6-N04-CMP-ED_AGA (CHOF). Incendio de Gas Natural en el Área de Medición de GN de la Estación AGA.

Nombre de la persona física, Art. 116 del primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP.



ÍNDICE

VI. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO	2
VI.1. Análisis de Vulnerabilidad.	2
VI.2. Interacciones de Riesgo.	15

TABLAS

Tabla 1. Efectos de la radiación calórica en incidente.	2
Tabla 2. Estimado de daños por sobrepresión en explosiones.	3
Tabla 3. Descripción de los posibles receptores de Riesgo.	6



VI. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO

VI.1. Análisis de Vulnerabilidad.

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa promotora del presente proyecto, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen la Estación de Descompresión. En todo el sistema existen una serie de uniones, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias, en caso de fallas, las fugas o derrames estarán presentes inmediatamente.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software PHAST Versión 6.7, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra.

El análisis de vulnerabilidad busca determinar la magnitud de los efectos de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

Efectos Potenciales

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Efectos de la radiación calórica en incidente.

(KW/m ²)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
400	Máxima radiación tolerable por una pared de ladrillos.	-
200	Debilitamiento del hormigón armado.	-
60	Máxima radiación tolerable por el cemento.	-
40	Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón pretensado. Destrucción de equipos y tanques.	-
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras.	100% de mortalidad en 1 minuto.
25	El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por la larga exposición, sin llama.	1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos.
12.5	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. Daños severos a equipos de instrumentación.	ZONA DE INTERVENCIÓN: máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10



(KW/m ²)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
		segundos.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.	-
9.5		Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
8	-	Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 minuto. Asfixia por la disminución de Oxígeno y la exposición a los humos generados por el incendio.
4	-	ZONA DE ALERTA: suficiente para causar dolor si la exposición es mayor a 20 segundos. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.
1.5	-	Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.
1.39	-	No causará incomodidad en exposiciones prolongadas.

Manual Techniques for Assessing Industrial Hazards, Wold Bank.

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

Metha, A.K., et al., “Medición de la inflamabilidad y potencial de combustión de tejidos”,

Reporte sumario a la Fundación Nacional de la Ciencia bajo concesión #GI-31881, Laboratorio de investigación de combustibles, MIT, Cambridge, Mass, 1973.

Los efectos producidos por una explosión se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado.

Tabla 2. Estimado de daños por sobrepresión en explosiones.

Sobrepresión (psi)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que ya se encuentren bajo tensión.	
0.04	Ruido elevado (143 dB); fallas en vidrio debido al “boom” sónico.	
0.10	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión.	
0.15	Presión típica para fallas en vidrio.	
0.30	Cierto daño en techos de casas, 10% de rupturas en vidrios de ventana.	Sin probabilidad de daños importantes



Sobrepresión (psi)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
0.40	Daño estructural menor limitado.	
0.50 - 1.0	Normalmente ventanas despedazadas, algo de daño en los marcos de las mismas.	
0.7	Daño menor a estructuras de casas.	
1.0	Demolición parcial de casas, estas se vuelven inhabitables.	
1.0 – 2.0	Paneles de metal corrugado que fallan y se doblan. Implosión de paneles de madera para construcción.	
1.0 – 8.0		Rango de lesiones leves y serias, debido a laceraciones de la piel por pedazos volantes de vidrio u otros misiles.
1.3	Ligera distorsión en marco de metal de edificios recubiertos.	
2.0	Colapso parcial de muros y techos de casas.	
2.0 – 3.0	Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado.	
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.	
2.5	Destrucción del 50% del enladrillado casero.	
3.0	Edificios con estructura de acero: distorsionados y arrancados en sus cimientos.	
3.0 – 4.0	Edificios de panel de acero sin estructura arruinados.	
4.0	Ruptura en recubrimiento de edificios industriales ligeros.	
5.0	Postes de madera arrancados.	
5.0 – 7.0	Destrucción casi completa de casas.	
7.0	Volcadura de carros de ferrocarril con carga.	
7.0 – 8.0	Falla en muros de ladrillo de 8 a 12” de espesor sin refuerzo debido a la flexión o desgarre.	
9.0	Demolición de contenedores de ferrocarril con carga.	
10.0	Posible destrucción total de edificios.	
2.4 - 12.5		Rango de 1 a 90% de rotura de tímpanos entre las personas expuestas.
14.5 - 29.0	Rango de 1 ha 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.	
300	Formación de cráter.	Catastrófico, letal



Baker, W.E; Explosion Hazards and Evaluation

Lees, F.P.; Prevención de Pérdidas en Industrias de Procesos,
Vol. 1, Butterworths, London & Boston, 1980.

Para cada escenario de riesgo simulado se realiza un análisis y evaluación de los posibles efectos a los receptores de riesgo (Personas, población, medio ambiente, instalaciones, etc.), en el probable caso de que estos se lleguen a presentar, considerando además, las áreas de interés, instalaciones, población, personal, cruzamientos, componentes ambientales, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento.

De igual manera se mencionan las medidas preventivas que son consideradas para evitar el evento o minimizar la probabilidad de que ocurra, donde se justifica la compatibilidad del proyecto con el entorno.



Tabla 3. Descripción de los posibles receptores de Riesgo.

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E1-N01-PC-ED_AGA. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED, por lo que, en un radio de hasta 73 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m ² . El personal ubicado a no más de 83 m donde se reciben 12.5 kW/m ² , presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 77 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m ² de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m ² se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 96 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m ² , será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Botón de Paro de Emergencia • Procedimiento de emergencias por fuga • Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) • Sistema contra incendio (Extintores)	R2.- Supervisar la descarga de GNC R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R4.- Verificar que el equipo de descompresión cuente con un dispositivo de ruptura. R5. Asignar código de identificación al Procedimiento de emergencias por fuga y asegurarse que los Procedimientos se encuentren dentro de su Sistema de Gestión.
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 125 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m ² , para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua cercano que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones prácticamente serán nulas, dado que a los alrededores se encuentran tierras agrícolas, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 70 m, como lo es el propio PRS y la EM, ya que los niveles de radiación (40 kW/m ²) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 83 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m ² , misma radiación que causará que la instrumentación del PRS y de la EM, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (83 m), con dirección Oeste, actualmente se encuentran construcciones de la instalación donde incidirá la Estación, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		
Escenario E1-N01-PC-ED_AGA (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las	• Botón de Paro de Emergencia • Procedimiento de emergencias por	R2.- Supervisar la descarga de GNC R3.- Asegurarse que el personal de



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			consecuencias serán fatales, de igual manera a los 120 m se tiene entre 90% y 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 168 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	fuga • Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) • Sistema contra incendio (Extintores)	seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R4.- Verificar que el equipo de descompresión cuente con un dispositivo de ruptura. R5. Asignar código de identificación al Procedimiento de emergencias por fuga y asegurarse que los Procedimientos se encuentren dentro de su Sistema de Gestión.
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el elemento suelo, ya que con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 170 m donde se reciben 10 psi, ya que es posible la destrucción de las áreas que conforman la Estación, además, a un radio de 175 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de estructuras o instalaciones aledañas, por la sobrepresión ejercida. Entre los 120 m y a los límites de la Zona de Alto Riesgo (205 m) se encuentra al Sureste, instalaciones de la empresa “Skytex México, S.A. de C.V”, dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados, así mismo, las estructuras de acero se verán seriamente afectados (distorsión estructural).		
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E2-N02-CMP-ED-AGA. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que los alrededores de Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED, por lo que, en un radio de hasta 29 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada de 37.5 kW/m ² . El personal ubicado a no más de 37 m donde se reciben 12.5 kW/m ² , presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 32 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m ² de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m ² se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 45 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m ² , será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Indicadores de presión • Paro automático del sistema de descompresión para protección. • Alarma por baja presión. • Botones de paro de emergencias • Procedimiento de emergencias por fuga • Activación del Plan Integral de	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 63 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m ² , para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.	seguridad (PO-SYS-GEN-06) • Sistema contra incendios (Extintores)	accesorios e instrumentación del sistema.
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua cercano que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones prácticamente serán nulas, dado que a los alrededores se encuentran tierras agrícolas, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 25 m, como lo es el propio PRS y la EM, ya que los niveles de radiación (40 kW/m ²) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 37 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m ² , misma radiación que causará que la instrumentación del PRS y de la EM, sufran severos daños por la radiación emitida. Inmerso en la Zona de Alto Riesgo (45 m), con dirección Oeste, se encuentran construcciones de la empresa donde incidirá la Estación, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		
Escenario E2-N02-CMP-ED_AGA (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 55 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 70 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	- Indicadores de presión - Paro automático del sistema de descompresión para protección. - Alarma por baja presión. - Botones de paro de emergencias - Procedimiento de emergencias por fuga - Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) - Sistema contra incendios (Extintores)	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el elemento suelo, ya que con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 75 m donde se reciben 10 psi será inminente la posible destrucción de las áreas que conforman la Estación, además, a un radio de 77 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. Entre los 35 m y a los límites de la Zona de Alto Riesgo (91 m) se encuentra al Oeste, instalaciones de la propia empresa "donde incidirá la Estación, dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo		



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados, así mismo, las estructuras de acero se verán seriamente afectados (distorsión estructural).		
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E3-N02-PC-ED_AGA. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED, por lo que, en un radio de hasta 66 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m ² . El personal ubicado a no más de 86 m donde se reciben 12.5 kW/m ² , presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 90 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m ² de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m ² se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 109 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m ² , será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	- Indicadores de presión - Paro automático del sistema de descompresión para protección. - Alarma por baja presión. - Botones de paro de emergencias - Procedimiento de emergencias por fuga - Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) - Sistema contra incendios (Extintores)	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema. R12.- Colocar letreros que especifiquen las condiciones de operación del equipo y las instrucciones
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 159 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m ² , para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua cercano que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones prácticamente serán nulas, dado que a los alrededores se encuentran tierras agrícolas, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 60 m, como lo es el propio PRS y la EM, ya que los niveles de radiación (40 kW/m²) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 86 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m², misma radiación que causará que la instrumentación del PRS y de la EM, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (109 m), con dirección Este, actualmente se encuentran construcciones de la propia empresa donde se instalará la estación, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		de trabajo para realizar con seguridad el Procedimiento de descarga de GNC.
Escenario E3-N02-PC-ED_AGA.. (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 210 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 230 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	• Indicadores de presión. • Válvula con actuador neumático. • Panel de control • Sistema de Venteo. • Paro automático del sistema de descompresión para protección. • Botones de paro de emergencias • Procedimiento de emergencias por fuga • Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) • Sistema contra incendios (Extintores)	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el elemento suelo, ya que con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra.		R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 235 m donde se reciben 10 psi, ya que esa posible la destrucción de las áreas que conforman la Estación, además, a un radio de 240 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. Dentro de los límites de la Zona de Alto Riesgo (283 m) se encuentra a 120 m con dirección Sureste, instalaciones de la empresa “- Skytex México, S.A. de C.V.”, a 250 m al Suroeste se ubica Extra Gas, S.A. de C.V. y a 260 m, el predio denominado Desde el Fruto del Corazón, S.A., dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados de sus instalaciones, así mismo, las estructuras de acero podrían verse seriamente afectados (distorsión estructural).		R12.- Colocar letreros que especifiquen las condiciones de operación del equipo y las instrucciones de trabajo para realizar con seguridad el Procedimiento de descarga de GNC.
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E4-N02-CMP-ED_AGA (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED, por lo que, en un radio de hasta 15 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m ² . El personal ubicado a no más de 19 m donde se reciben 12.5 kW/m ² , presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 21 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m ² de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m ² se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 22 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m ² , será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	- Indicadores de presión - Paro automático del sistema de descompresión para protección. - Alarma por baja presión. - Botones de paro de emergencias - Procedimiento de emergencias por fuga - Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) - Sistema contra incendios (Extintores)	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema. R12.- Colocar letreros que especifiquen las condiciones de operación del equipo y las instrucciones de trabajo para realizar con seguridad el Procedimiento de descarga de GNC.
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 30.57 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m ² , para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua cercano que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones prácticamente serán nulas, dado que a los alrededores se encuentran tierras agrícolas, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 14 m, como lo es el propio PRS y la EM, ya que los niveles de radiación (40 kW/m ²) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 19 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m ² , misma radiación que causará que la instrumentación del PRS y de la EM, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (22.9 m), con dirección Norte y Oeste, actualmente se encuentran construcciones de la empresa, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		
Escenario E4-N02-CMP-ED_AGA (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 25 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi	- Indicadores de presión. - Válvula con actuador neumático. - Panel de control	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			aproximadamente. A 30 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	• Sistema de Venteo. • Paro automático del sistema de descompresión para protección. • Botones de paro de emergencias • Procedimiento de emergencias por fuga • Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) • Sistema contra incendios (Extintores)	capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirán 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el elemento suelo, ya que con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra.		R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 32 m donde se reciben 10 psi será inminente la posible destrucción de las áreas que conforman la Estación, además, a un radio de 33 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (39.5 m) se encuentra al Este, instalaciones de la empresa donde incidirá la Estación, dichas instalaciones recibirán de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados, así mismo, las estructuras de acero se verán seriamente afectados (distorsión estructural).		R12.- Colocar letreros que especifiquen las condiciones de operación del equipo y las instrucciones de trabajo para realizar con seguridad el Procedimiento de descarga de GNC.
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E5-N04-PC-ED_AGA (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED, por lo que, en un radio de hasta 20 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m ² . El personal ubicado a no más de 25 m donde se reciben 12.5 kW/m ² , presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 27 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m ² de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m ² se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 30 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m ² , será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Indicadores de presión y temperatura • By pass • Botón de Paro de Emergencia • Procedimiento de emergencias por fuga • Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) • Sistema contra incendios (Extintores)	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 41 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m ² , para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		R6.- Tener una bitácora de la revisión diaria de las instalaciones, previo al arranque de operaciones. R7.- Asegurar la aplicación del



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua cercano que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones prácticamente serán nulas, dado que a los alrededores se encuentran tierras agrícolas, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 18 m, como lo es el propio PRS y la EM, ya que los niveles de radiación (40 kW/m ²) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 25 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m ² , misma radiación que causará que la instrumentación del PRS y de la EM, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (30 m), se encuentra una construcción de la empresa donde se instalará la ED, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		
Escenario E5-N04-PC-ED_AGA. (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que los alrededores de la instalación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 35 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 40 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	- Indicadores de presión y temperatura - By pass - Botón de Paro de Emergencia - Procedimiento de emergencias por fuga - Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) - Sistema contra incendios (Extintores)	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R6.- Tener una bitácora de la revisión diaria de las instalaciones, previo al arranque de operaciones. R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirán 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el elemento suelo, ya que con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la pérdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 43 m donde se reciben 10 psi será inminente la posible destrucción de las áreas que conforman la Estación, además, a un radio de 45 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. A los límites de la Zona de Alto Riesgo (52 m) se encuentran al Este, instalaciones de la empresa donde se instalará la Estación, dichas instalaciones recibirán de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados, así mismo, las estructuras de acero se verán seriamente afectados (distorsión estructural).		



Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		sistema.

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E6-N04-CMP-ED_AGA (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es poco probable y de baja gravedad, aunque posible, debido a que los alrededores de la Estación se encuentran algunas construcciones industriales, además, se encontrará personal operativo de la propia Estación y de la instalación donde se ubicará la ED, por lo que, en un radio de 4.8 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m ² , será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es fact ble la formación de ampollas en la piel.	- Indicadores de presión y temperatura - By pass - Botón de Paro de Emergencia - Procedimiento de emergencias por fuga - Activación del Plan Integral de seguridad (PO-SYS-GEN-06) - Sistema contra incendios (Extintores)	R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 6.6 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m ² , para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		R6.- Tener una bitácora de la revisión diaria de las instalaciones, previo al arranque de operaciones.
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua cercano que pudiera ser afectado, además, los radios solo quedan inmersos dentro de la Estación. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Con los radios resultantes de afectación, los daños a las instalaciones son prácticamente nulas.		



VI.2. Interacciones de Riesgo.

A continuación se señalan los equipos y/o instalaciones potencialmente afectadas que se encuentra dentro de las Zonas de Alto Riesgo por daño a equipos y Zonas de Alto riesgo.

Clave de escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o instalaciones presentes en los radios	Distancia al punto de la fuga
E1-N01-PC-ED_AGA	Equipo de Descompresión (PRS)	Alto Riesgo en equipos	Radiación	83.87 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
			Explosión	182.35 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA. - Skytex México, S.A. de C.V.	- 5 m - 10 m - 35 m - 120 m
		Alto Riesgo	Radiación	96.52 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
			Explosión	205.85 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA. - Skytex México, S.A. de C.V.	- 5 m - 10 m - 35 m - 120 m
E2-N02-CMP-ED_AGA	Equipo de Descompresión (PRS)	Alto Riesgo en equipos	Radiación	37.56 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
			Explosión	80.49 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
		Alto Riesgo	Radiación	45.76 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
			Explosión	91.53 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
E3-N02-PC-ED_AGA	Equipo de Descompresión (PRS)	Alto Riesgo en equipos	Radiación	86.43 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
			Explosión	250.84 m	- Estación de Medición de la ED	- 5 m



Clave de escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o instalaciones presentes en los radios	Distancia al punto de la fuga
		Alto Riesgo			- Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA. - Skytex México, S.A. de C.V. - Extra Gas, S.A. de C.V.	- 10 m - 35 m - 120 m - 250 m
					- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
			Explosión	283.24 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA. - Skytex México, S.A. de C.V. - Extra Gas, S.A. de C.V. - Desde el Fruto del Corazón, S.A.	- 5 m - 10 m - 35 m - 120 m - 250 m - 260 m
E4-N02-CMP-ED-AGA	Equipo de Descompresión (PRS)	Alto Riesgo en equipos	Radiación	19.17 m	-- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED	-- 5 m - 10 m
			Explosión	34.64 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
		Alto Riesgo	Radiación	22.92 m	-- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED	-- 5 m - 10 m
			Explosión	39.53 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
E5-N04-PC-ED-AGA	Estación de Medición (EM)	Alto Riesgo en equipos	Radiación	25.12m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED	- 5 m - 10 m
			Explosión	46.31m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
		Alto Riesgo	Radiación	30.20 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED	- 5 m - 10 m
			Explosión	52.95 m	- Estación de Medición de la ED - Casta Móvil de la ED - Instalaciones de Embotelladora AGA.	- 5 m - 10 m - 35 m
N04-CM-P-ED-AG	Estación de Medición (EM)	Alto Riesgo en equipos	Radiación	4.80 m	-Propio Equipo de descompresión	- Inmediato
			Explosión	-	-	-



Clave de escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o instalaciones presentes en los radios	Distancia al punto de la fuga
		Alto Riesgo	Radiación	NR	-	-
			Explosión	-	-	-



ÍNDICE

VII. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.	2
--	---



VII. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.

Con el fin de reposicionar los Escenarios de Riesgo identificados y jerarquizados en el capítulo IV del presente ARSH, se tomará en cuenta lo indicado a continuación, para confirmar los valores de frecuencia (probabilidad) y consecuencias (severidad):

- a. Para los Escenarios de Riesgo analizados en el apartado IV.2 (Análisis Cuantitativo de Riesgo) del capítulo IV del ARSH, se tomará en cuenta la información generada en dicha sección, de tal manera que se analicen los resultados para confirmar o rectificar los valores de frecuencia.
- b. Para los Escenarios de Riesgo analizados, se tomará en cuenta la información generada en la en el capítulo VI, relativo al análisis de Vulnerabilidad, de tal manera que se analicen los resultados para confirmar o rectificar los valores de consecuencias.
- c. Para todos los Escenarios de Riesgo, también se tomará en cuenta para la ponderación de frecuencia y consecuencia todos los controles y medidas de reducción de Riesgos (Salvaguardas, protecciones o barreras) de tipo preventivo, de control y de mitigación incluyendo los sistemas activos de contraincendios que tiene consideradas en el diseño del Proyecto.

La Reponderación de los Escenarios, por cada Nodo Analizado se muestra en el **Anexo 11**.

Específicamente para los escenarios o desviaciones identificados en la metodología HazOp, que dieron origen a los Escenarios de Riesgo E1 al E5, la ponderación para la gravedad de las consecuencias se reponderó a 1 “Catastrófico”, dado los resultados del análisis de Vulnerabilidad, sin embargo, el valor de frecuencia se disminuyó, asignando el valor de 5 “Improbable”, derivado de los resultados del análisis de frecuencias, donde la probabilidad de ocurrencia de un incendio y/o explosión en la Estación, resultó de 6.6×10^{-7} . Por lo anterior, estos escenarios fueron reposicionados de una categoría de riesgo “Serio; B” a una categoría de “Medio; C”. De igual manera, para el Escenario de Riesgo E6, la categoría de riesgo se reposicionó en un nivel “Medio; C”, resultado de asignar un valor de frecuencia de 4 y 3 para la gravedad de las consecuencias.



ÍNDICE

VIII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.	2
VIII.1. Sistemas de Seguridad.	2
VIII.2. Medidas Preventivas.	5
VIII.3. Recomendaciones Técnico Operativas.....	8

TABLAS.

Tabla 1. Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos.	8
Tabla 2. Programa para la implementación de las Recomendaciones	11

FIGURAS.

Figura 1. Ubicación de la señalética y extintores contemplados en la Estación de Descompresión.	2
Figura 2. Señalética contemplada en la Estación de Descompresión	2



VIII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

VIII.1. Sistemas de Seguridad.

Dentro de los sistemas de seguridad de la Estación de Descompresión se encuentran una serie de equipos, dispositivos y sistemas que permitirán la atención de cualquier situación de riesgo que se pueda presentar, mismos que a continuación se describen:

➤ Sistema contra incendios.

De acuerdo a la Ingeniería de Diseño, en la Estación de Descompresión se instalarán 3 extintores; 2 de Polvo Químico Seco de 9 kg, distribuidos en las áreas contempladas para la Descompresión de Gas Natural y Área de Medición, y 1 extintor de CO₂ de 9 kg para el área del tablero eléctrico en la caseta móvil.

Las áreas citadas y a contemplarse para la colocación de los extintores y señalética, se encuentran indicadas en la **Figura 1**.

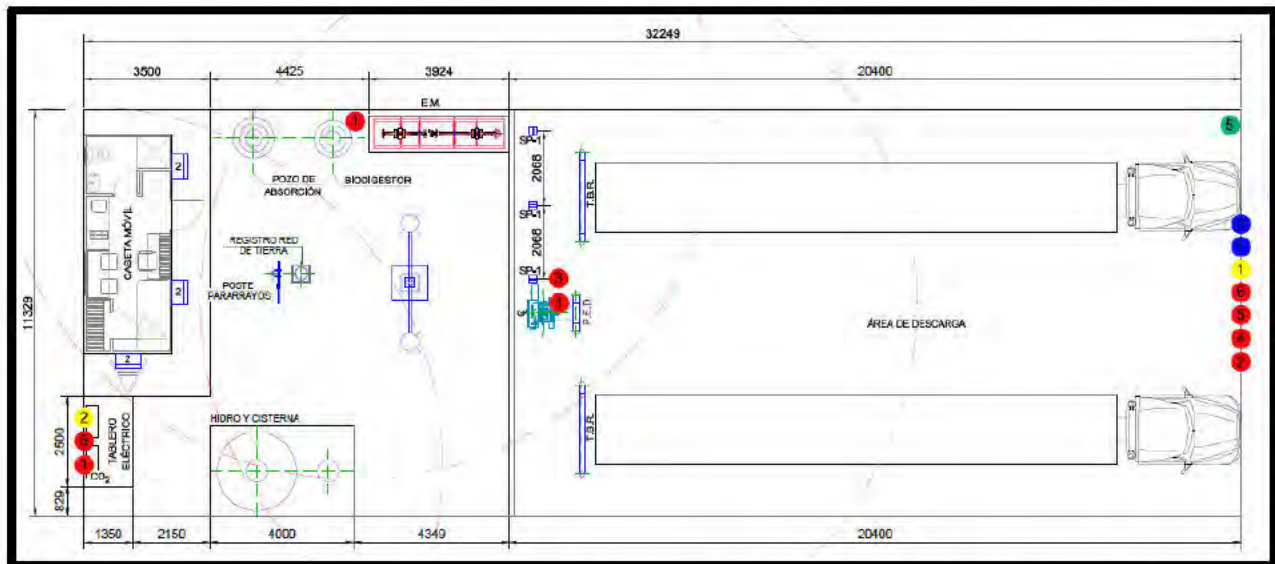


Figura 1. Ubicación de la señalética y extintores contemplados en la Estación de Descompresión.



Figura 2. Señalética contemplada en la Estación de Descompresión



➤ **Equipo de descompresión**

El diseño del equipo de descompresión considera los siguientes requerimientos:

- Estará diseñado para el manejo de gas natural a las presiones y temperaturas a las cuales se someterá bajo condiciones de operación.
- Contará con válvulas de relevo de presión después de cada etapa de descompresión, que se activarán al alcanzar una presión de 1.2 (uno punto dos) veces la presión de operación de cada etapa de descompresión, mismas que desfogarán al sistema de venteo del equipo de descompresión.
- Estará equipado con controles de paro automático por alta presión de descarga y por alta o baja presión de succión.
- Estará equipado con controles de paro automático por baja temperatura de descarga en la última etapa de descompresión.
- Regulación de dos etapas y reguladores instalados en sistema working monitor para reducir el ruido audible, mejorara la precisión y proporcionan protección aguas abajo. Agua caliente con Gas.
- La PRS-500 cuenta con un sistema inteligente de calentamiento y esto consiste en una bobina eléctrica sumergida en glicol caliente, esta se encuentra en la trayectoria de la tubería de descarga.
- Enfriamiento para que la temperatura del gas antes de la etapa final del regulador está controlada dentro de ± 14 °C.
- Sistema de paro de emergencia con botón pulsador ESD.
- Está montado sobre planchas de concreto con un gabinete alta capacidad.

Así mismo, el Equipo de Descompresión contará con su propio PLC (Dispositivo Lógico Programable), el PLC se encarga de iniciar y parar el PRS, continuamente monitoreando las condiciones, estado y alarmas asociadas. Todos los sensores, interruptores, motores y válvulas solenoides utilizadas para la operación del PRS son cableados usando la clasificación de área adecuada en cada caso.

➤ **Tablero de control eléctrico.**

- Panel eléctrico asegurable Nema XII que alberga a todas las conexiones eléctricas.
- El medidor horario muestra las horas de operación del sistema de GNC.
- Contiene el switch de desconexión del motor principal con interbloqueo del panel de la puerta.
- Paquete de protección de energía: para protección de sobre / falta de voltaje y monitor de voltaje / registro de datos en el PLC.
- La operación del descompresor es completamente automática y auto monitorizada con desconexiones de seguridad automáticas e indicadores de estado para las siguientes condiciones de alarma.
 - Presión de entrada alta / baja.
 - Temperatura de descarga alta en todas las etapas.



- Alta temperatura en la resistencia eléctrica.
- Baja temperatura de la resistencia eléctrica.
- Alta presión al final de la descarga.
- Sobrecarga de la resistencia del sistema de calentamiento.
- Voltaje alto / bajo (opción de protección de energía).
- Botón pulsador de paro de emergencia (ESD).

➤ **Botones de paro de emergencia.**

El diseño de la Estación establece que se instalarán dispositivos (botones) de Paro de Emergencia en los puntos siguientes:

- Equipo de descompresión.
- A una distancia no mayor a 3 m de cada punto de Suministro.
- En zonas de oficinas o donde exista personal durante el día y la noche.

La activación de cualquiera de estos, provoca el cierre del suministro de energía eléctrica y de Gas Natural al Sistema de Descompresión, se activa una alarma sonora y visual que indica situación anormal de operación (reflejada en el Panel View del tablero de control). Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que originó el paro de los equipos.

1. El PLC mantiene un registro histórico de cada alarma activada para su consulta.
2. El sistema cuenta con una unidad de respaldo de energía (UPS) para permitir que los sistemas de control de la estación se mantengan alertas.

El restablecimiento de la operación deberá ser realizado por personal calificado. Se avisará a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

➤ **Estación de Medición:**

La Estación de Medición cuenta con un medidor de turbina Actaris Itrón Modelo G-100 de 3” de Ø bridado RF en ANSI 150, además de dos indicadores de presión y un transductor de temperatura.

De lo anterior, se pueden verificar los siguientes anexos:

- ✓ Anexo 2 / b. Planos de equipos
- ✓ Anexo 2 / d. Diagramas de Tuberías e Instrumentación
- ✓ Anexo 2 / h. Plano de ubicación de Extintores y Señalética
- ✓ Anexo 2 / i. Planos del Sistema de Pararrayos
- ✓ Anexo 2 / j. Planos del Sistema de Tierras Físicas
- ✓ Anexo 2 / l. Especificaciones del cuarto de control



VIII.2. Medidas Preventivas.

De acuerdo al diseño, los equipos de la Estación de Descompresión estarán localizados en exteriores arriba de nivel del piso, instalados sobre cimentaciones o estructuras adecuadamente diseñadas con un sistema de anclaje para cumplir con los requisitos de los fabricantes y de las Normas Aplicables al diseño de acuerdo con las condiciones sísmicas y climáticas de la región.

Dentro de las medidas preventivas del proyecto, el regulado contempla lo siguiente:

➤ **Capacitación del personal en procesos críticos de operación.**

Previo a que entren en actividad, el personal será capacitado y adiestrado en los diferentes procesos y actividades llevados a cabo dentro de la Estación de Descompresión, particularmente en aquellos procesos críticos de la operación que implícitamente representen un riesgo.

➤ **Procedimientos para la Atención de emergencias.**

En el cual está capacitado el personal que operará la Estación de Descompresión y llevará a cabo en caso de un evento.

La promovente cuenta con los siguientes procedimientos:

- ✓ PG-SYS-GEN-01. Plan de respuesta a emergencia
- ✓ PO-SYS-GEN-06. Activación del Plan Integral de Seguridad_ITO-000
- ✓ Procedimiento de Emergencia por Fuga

➤ **Selección de Materiales.**

Los materiales para los principales sistemas de tuberías y válvulas de gas de proceso cumplirán con los requisitos de ASME B31.8.

Los ductos de gas en baja presión que se utilizará en el tendido de la línea de la interconexión del Equipo de Descompresión y la EM son en Acero al carbón, Cedula 40, API 5L GRADO B, la cual es fabricada bajo las Normas Oficiales Mexicanas NOM-B-10-1986 y NOM-B-177-1990, sin costura laminada en caliente, superficie barnizada, con extremos biselados de 3" de diámetro como cabezal principal.

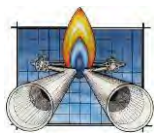
➤ **Tuberías.**

En las Tuberías de alta y baja presión, se consideran las siguientes medidas de seguridad:

Baja Presión:

La tubería de acero que se utilizará en el tendido de la línea de la interconexión con la descarga del descompresor de gas natural, es API 5L GRADO B, la cual es fabricada bajo las Normas Oficiales Mexicanas NOM-B-10-1986 y NOM-B-177-1990, con costura laminada en caliente, superficie barnizada, con extremos biselados y con el espesor indicado en el cálculo de tuberías.

La velocidad del flujo del Gas Natural no excede 25 m/s.



La tubería y/o tubo flexible en equipos dinámicos deben ser instalados de la forma más directa como sea práctico, con las medidas de protección adecuadas para resistir expansión, contracción, vibración, golpes y asentamiento del suelo.

Las tuberías instaladas arriba del nivel del piso estarán protegidas contra daños mecánicos y corrosión atmosférica.

Las uniones y/o conexiones roscadas y/o bridadas deben estar en un lugar accesible para su inspección y mantenimiento.

Alta Presión:

La presión de diseño de las tuberías de alta presión debe ser al menos 10% mayor a la presión de trabajo.

Se usarán bridas o conexiones para alta presión Ced. XXS, compatibles con la presión de operación de la tubería y no se permitirá su uso en líneas que queden enterradas sin ser registrables para su inspección y mantenimiento.

Cabe señalar, que las instalaciones contemplan el uso de manómetros en los siguientes puntos:

- Estación de regulación y medición.
- En cada etapa de regulación.
- En todos los recipientes o en la línea de conexión.
- En postes de descarga.

Los manómetros serán capaces de medir por lo menos 1.2 (uno punto dos) veces la presión de disparo del dispositivo de relevo de presión del sistema.

Se deberán realizar pruebas radiográficas en el 100% de las soldaduras, las que por complicación geométrica no puedan ser radiografiadas, se les aplicará la prueba de líquidos penetrantes o partículas magnéticas por un laboratorio acreditado.

La tubería, tubos flexibles, Conectores y Componentes deben ser capaces de soportar una prueba neumática con presión de 1.1 veces la presión de operación como mínimo, sin que se presente fuga.

➤ Pruebas de tubería

Se deben realizar pruebas radiográficas en el 100% de las soldaduras, las que por complicación geométrica no puedan ser radiografiadas, se les aplicara la prueba de líquidos penetrantes o partículas magnéticas por un laboratorio acreditado.

La tubería, tubos flexibles, Conectores y Componentes deben ser capaces de soportar una prueba neumática con presión de 1.1 veces la presión de operación como mínimo, sin que se presente fuga.

Todas las tuberías deberán estar identificadas de acuerdo con la NOM-026-STPS-2008, indicando sentido de flujo, presión de trabajo y contenido del fluido



Las válvulas supresoras de flujo accionarán a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentren instaladas.

➤ **Soldadura.**

La Calificación de los Soldadores para tuberías en la Estación de Descompresión, será de acuerdo con establecido en el código ASME B31.8 (2012): "Sistemas de Tubería para Transporte y Distribución de Gas", deben realizarse bajo los requerimientos de ensayos mecánicos destructivos indicados en la NORMA API 1104. Aplicable para Proyectos de Compresión, Descompresión y Estaciones de Suministro de GNC.

➤ **Protección para tuberías:**

Todas las tuberías deberán estar eléctricamente aisladas, tanto en sus conexiones como en soportería, para evitar la degradación por corrientes galvánicas, con un material dieléctrico apropiado para cada servicio.

La tubería bajo la superficie del terreno puede estar enterrada, instalada dentro de una trinchera o encamisada. En el caso de tubería enterrada, ésta debe de contar con un sistema de control de la corrosión externa de acuerdo con el Apéndice II de la NOM-003-SECRE-2011, o aquella que la cancele o sustituya (NOM-003-ASEA-2016).

Las conexiones de tuberías enterradas deben ser soldadas, no se deben utilizar conexiones roscadas o bridadas en tuberías enterradas.

A excepción de la tubería de acero inoxidable, todas las demás tuberías deberán ser protegidas contra la corrosión, con una capa de pintura primer y 2 capas de pintura esmalte, de acuerdo con el código de colores establecido en la NOM-026-STPS-2008.

Las tuberías de acero que no estén galvanizadas deberán estar convenientemente protegidas contra la corrosión, mientras que ello no será necesario para tuberías de acero inoxidable o de cobre.

Se deberá revisar y realizar el mantenimiento de las tuberías con la frecuencia necesaria de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar, consistente en aplicación de pintura esmalte a todo el recubrimiento de tuberías y válvulas, para evitar la corrosión, como lo que indica la norma NOM-003-ASEA-2016, y la señalización según lo indicado en la norma NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Así también se deberá garantizar que las tuberías de acero al carbón como las de acero inoxidable no tengan contacto con tierra física para evitar degradación del espesor del material, es decir que los soportes tengan un buen material dieléctrico que aisle la tubería en toda su trayectoria de la tierra física.



VIII.3. Recomendaciones Técnico Operativas.

Tabla 1. Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos.

No.	Recomendación	Id. Del nodo	Elemento del SASISOPA asociado a recomendaciones	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
R1	Verificar el llenado de tanques y considerar la capacitación de los operadores en las actividades de carga y descarga.	Nodo 1	Elemento VI. - Competencia del personal, capacitación y entrenamiento.	Escenario 1	Fuga de Gas Natural en el Equipo de descompresión	GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R2	Supervisar la descarga de GNC		Elemento X.- Control de actividades y procesos.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R3	Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.		Elemento VI. - Competencia del personal, capacitación y entrenamiento. Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	B
R4	Verificar que el equipo de descompresión cuente con un dispositivo de ruptura.		Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	B
R5	Asignar código de identificación al Procedimiento de emergencias por fuga y asegurarse que los Procedimientos se encuentren dentro de su Sistema de Gestión.		Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	B
R6	Tener una bitácora de la revisión diaria de las instalaciones, previo al arranque de operaciones.		Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	D
R7	Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.		Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	D
R8	Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento para los elementos que componen los		Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos,	C



No.	Recomendación	Id. Del nodo	Elemento del SASISOPA asociado a recomendaciones	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	tanques del contenedor móvil.					S.A. de C.V.	
R9	Verificar que se cuente con aislamiento térmico en los elementos del sistema.		Elemento IX.- Mejores prácticas y Estándares. Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R10	Asegurar que en los procedimientos de emergencia, se consideren los eventos externos, como por ejemplo un incendio, donde deberán parar operaciones de descarga y alejar el contenedor móvil (camión) a una zona segura.		Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R11	Contar con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.		Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R12	Colocar letreros que especifiquen las condiciones de operación del equipo y las instrucciones de trabajo para realizar con seguridad el Procedimiento de descarga de GNC.	Nodo 2	Elemento X.- Control de actividades y procesos. Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.	Escenarios 2, 3 y 4	Fuga de Gas Natural en el Equipo de descompresión	GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	D
R13	Considerar la instalación de una planta auxiliar de energía eléctrica y elaborar un procedimiento para actuar durante el desabasto de energía eléctrica en la Estación.		Elemento IX.- Mejores prácticas y Estándares.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R14	Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo al sistema de tierras físicas y pararrayos		Elemento IX.- Mejores prácticas y Estándares. Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R15	Asegurar la Inspección periódica y	Nodo 3	Elemento IX.- Mejores prácticas y			GNC	C



No.	Recomendación	Id. Del nodo	Elemento del SASISOPA asociado a recomendaciones	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	aplicación del programa de mantenimiento preventivo al sistema de aislamiento térmico de las tuberías del sistema.		Estándares. Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			Hidrocarburos, S.A. de C.V.	
R16	Considerar la colocación de señalización correspondiente a la leyenda Normalmente abierta - Normalmente cerrada, para válvulas.	Nodo 4	Elemento X.- Control de actividades y procesos. Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.	Escenarios 5 y 6	Fuga de Gas Natural en el Área de la Estación de Medición	GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C
R17	Supervisar los trabajos de mantenimiento a la Estación		Elemento IX.- Mejores prácticas y Estándares. Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	c
R18	Asegurar la aplicación del recubrimiento anticorrosivo al sistema de tuberías.		Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	c

Así mismo, se adicionan las siguientes recomendaciones generales que el promovente deberá tomar en cuenta para la gestión de riesgos:

- R19.- Considerar la atención de las observaciones y/o comentarios realizados en la Lista de Verificación desarrollada para el Análisis Preliminar de Peligros.
- R20.- Asegurar la aplicación de los procedimientos operativos conforme a los manuales, códigos de diseño y asegurarse que se encuentre establecido dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA).
- R21.- El Análisis de Riesgos deberá evaluarse cada 5 años, previo al inicio, previo a un desmantelamiento o cuando ocurran accidentes.
- R22.- El Análisis de Riesgos se deberá actualizar en caso de modificaciones que impliquen cambios en los equipos, instalaciones o procesos originalmente aprobados en la Asignación, Contrato o Permiso otorgado o cualquier otra modificación que afecte el resultado del Análisis de Riesgo en cualquiera de las Etapas de Desarrollo del Proyecto.



Tabla 2. Programa para la implementación de las Recomendaciones

No.	Recomendación	Id. Del nodo	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o Periodo para su implementación
			No.	Descripción			
R1	Verificar el llenado de tanques y considerar la capacitación de los operadores en las actividades de carga y descarga.	Nodo 1	Escenario 1	Fuga de Gas Natural en el Equipo de descompresión	GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R2	Supervisar la descarga de GNC				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R3	Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	B	
R4	Verificar que el equipo de descompresión cuente con un dispositivo de ruptura.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	B	
R5	Asignar código de identificación al Procedimiento de emergencias por fuga y asegurarse que los Procedimientos se encuentren dentro de su Sistema de Gestión.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	B	
R6	Tener una bitácora de la revisión diaria de las instalaciones, previo al arranque de operaciones.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	D	
R7	Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	D	
R8	Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento para los elementos que componen los tanques del contenedor móvil.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	



No.	Recomendación	Id. Del nodo	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o Período para su implementación
			No.	Descripción			
R9	Verificar que se cuente con aislamiento térmico en los elementos del sistema.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R10	Asegurar que en los procedimientos de emergencia, se consideren los eventos externos, como por ejemplo un incendio, donde deberán parar operaciones de descarga y alejar el contenedor móvil (camión) a una zona segura.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R11	Contar con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R12	Colocar letreros que especifiquen las condiciones de operación del equipo y las instrucciones de trabajo para realizar con seguridad el Procedimiento de descarga de GNC.	Nodo 2	Escenarios 2, 3 y 4	Fuga de Gas Natural en el Equipo de descompresión	GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	D	
R13	Considerar la instalación de una planta auxiliar de energía eléctrica y elaborar un procedimiento para actuar durante el desabasto de energía eléctrica en la Estación.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R14	Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo al sistema de tierras físicas y pararrayos				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R15	Asegurar la Inspección periódica y aplicación del programa de mantenimiento preventivo al sistema de aislamiento térmico de	Nodo 3			GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	



No.	Recomendación	Id. Del nodo	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o Período para su implementación
			No.	Descripción			
	las tuberías del sistema.						
R16	Considerar la colocación de señalización correspondiente a la leyenda Normalmente abierta - Normalmente cerrada, para válvulas.	Nodo 4	Escenarios 5 y 6	Fuga de Gas Natural en el Área de la Estación de Medición	GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R17	Supervisar los trabajos de mantenimiento a la Estación				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R18	Asegurar la aplicación del recubrimiento anticorrosivo al sistema de tuberías.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	C	
R19	Considerar la atención de las observaciones y/o comentarios realizados en la Lista de Verificación desarrollada para el Análisis Preliminar de Peligros.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	No Aplica	Durante la siguiente etapa del proyecto
R20	Asegurar la aplicación de los procedimientos operativos conforme a los manuales, códigos de diseño y asegurarse que se encuentre establecido dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA).				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	No Aplica	Durante la etapa de operación
R21	El Análisis de Riesgos deberá evaluarse cada 5 años, previo al inicio, previo a un desmantelamiento o cuando ocurran accidentes.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	No Aplica	Cuando Aplique
R22	El Análisis de Riesgos se deberá actualizar en caso de modificaciones que impliquen cambios en los equipos, instalaciones o procesos originalmente aprobados en la Asignación, Contrato o Permiso otorgado o cualquier otra modificación que afecte el resultado del Análisis de Riesgo en cualquiera de las Etapas de Desarrollo del Proyecto.				GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.	No Aplica	Cuando Aplique



ÍNDICE

IX. CONCLUSIONES.....	2
-----------------------	---



IX. CONCLUSIONES.

El presente Análisis de Riesgo realizado a la Estación de Descompresión Embotelladora AGA, se apega a lo requerido en la “Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)”.

El ARSH llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Estación, es la ocurrencia de incendio y explosión por fuga de Gas Natural, lo anterior derivado de fallas de instrumentación o equipos, desvío en los procedimientos de operación y/o mantenimiento, así como a las condiciones de operación, por lo que las medidas de prevención y control que se instauraron en cada punto de la instalación para reducir los riesgos existentes, juegan un papel muy importante durante la operación de la Estación.

El riesgo existente en la actividad realizada (Descompresión de Gas natural) es evidente, mismo que es controlable y puede ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de las instalaciones de la Estación. Aunado a lo anterior, los aspectos constructivos que aseguren al sistema una integridad funcional alta y aceptable, la correcta aplicación de los procedimientos y/o programas de operación y mantenimiento que la promovente tiene establecidos para la aplicación de las buenas prácticas de ingeniería en la operación, permitirá que se pueda realizar una mejora continua, además, estas ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pudiera presentar.

Con la aplicación de la metodología HAZOP se identificaron y evaluaron los escenarios (desviaciones) de riesgo con diferente grado de importancia, los cuales pueden causar daños al personal, impacto ambiental y daños a la instalación. Los resultados se distribuyen de la siguiente manera:

Hazop:

- 9 escenarios (18%) de nivel Bajo catalogado como Riesgo aceptable sin revisión.
- 38 escenarios (74 %) de nivel Medio que se catalogan como Riesgo aceptable con revisión.
- 4 escenarios (8 %) de nivel Serio que se catalogan como Riesgo indeseable.

Así mismo, se aplicó un análisis cuantitativo (Árbol de Fallas), con el fin de obtener de manera cuantitativa, la probabilidad de ocurrencia de las fallas o desviaciones con nivel de riesgo serio, identificadas en la metodología cualitativa. Posteriormente, los resultados de estas metodologías sirvieron de base para determinar los posibles escenarios de riesgo en la instalación y efectuar el análisis de consecuencias.

Las simulaciones consideradas en el ARSH, dan como resultado que pueden presentarse eventos por fugas que derivan en un incendio y/o explosión del combustible, mismas que tendrían afectaciones de alto riesgo a las instalaciones propias de la Estación, y posiblemente a las construcciones externas que se encuentran dentro de las Zonas de Alto Riesgo (ZAR) de los eventos simulados, debido a los radios resultantes de los escenarios, E1-N01-PC-ED_AGA (CHOF y UVCE) y E3-N02-PC-ED_AGA (CHOF y UVCE), obtuvieron los mayores radios de afectación y peores consecuencias para las instalaciones, donde el alcance de las ZAR para incendio y explosión del Escenario 1, fue de 96.52 y 205.85 m de distancia, respectivamente y para el Escenario 2, su alcance de la ZAR para Incendio fue de 109.55 m y explosión fue de 283.24 m, mismos radios que abarcan por completo las instalaciones de la Estación y tres



empresas aledañas: Skytex México, S.A. de C.V., Extra Gas, S.A. de C.V. y Desde el Fruto del Corazón, S.A.

Referente a las simulaciones E5-N04-PC-ED_AGA (CHOF) y E6-N04-CMP-ED_AGA (CHOF), tienen alcances de afectación solo dentro de la propia Estación, mismos que presentan consecuencias poco graves.

De lo anterior, es importante mencionar que de acuerdo con la ponderación empleada en el análisis cualitativo (de acuerdo a la Matriz de Riesgos) y en el análisis cuantitativo (Árbol de fallas), los escenarios más catastróficos (Peor caso - PC), tienen una probabilidad muy baja de ocurrencia y los escenarios menos catastróficos (Caso Más Probable - CMP), representan una probabilidad de ocurrencia media.

Es importante señalar, que para las simulaciones se consideraron las máximas condiciones de operación y los peores escenarios y circunstancias atmosféricas, por lo que dichos resultados representarán las consecuencias y afectaciones más catastróficas que pudieran ocurrir en la Estación.

Para realizar el análisis de consecuencias, se asumieron los criterios bajo consenso del equipo de análisis de riesgo, así como los criterios propuestos en la “Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)”.

Una vez revisados los valores / índices de frecuencia y gravedad del Análisis cualitativo y considerando los resultados de Análisis Detallado de Frecuencias y Análisis de Consecuencias, resulta que el escenario E3-N02-PC-ED_AGA representa el Peor Caso (caso más catastrófico) que pudiera ocurrir en la Estación de Descompresión y el escenario E6-N04-CMP-ED_AGA corresponde al Caso Más Probable (escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia).

Cabe recalcar, que las medidas de seguridad tanto de diseño, como de operación y los planes, programas y/o procedimientos con que cuenta o contará la instalación, harán que dichos escenarios sean muy poco probables y que sus posibles consecuencias se reduzcan considerablemente.



ÍNDICE

X. RESUMEN EJECUTIVO.....	2
X.1. Resumen del Proyecto.....	2
X.2. Informe Técnico.....	4



X. RESUMEN EJECUTIVO.

X.1. Resumen del Proyecto.

El presente proyecto corresponde al diseño ejecutivo para la construcción, instalación y operación de la Estación de Descompresión Embotelladora AGA (PROYECTO), propiedad de GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V., será utilizada para descomprimir el Gas Natural Comprimido (GNC) y almacenado en los tanques del contenedor móvil (camiones/tráileres), con el fin de suministrar Gas Natural para uso Industrial. La Estación de Descompresión está ubicada en la Embotelladora AGA ubicada en Calle 2 y 7, manzana H, parque industrial Quetzalcóatl, C.P. 74160 Huejotzingo, Puebla.

La Estación de Descompresión tendrá la capacidad de recibir el Gas Natural Comprimido a través de los Transportes viales con tanques Contenedores de GNC, los cuales son llenados con Gas Natural en la Estación de Compresión (Estación Madre). Los tanques son descargados (Alta presión de aproximadamente 253 kg/cm^2 (3600 Psi)) a través de mangueras especiales que alimentan al equipo de descompresión de la Estación de Descompresión (Estación Hija). El equipo de descompresión reduce la Presión y Alto flujo a través de válvulas reguladoras hasta 4.00 kg/cm^2 (56.89 Psi), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

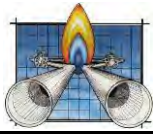
Una vez que la presión es significativamente reducida, se requerirá un equipo de calentamiento que eleve la temperatura del gas, mismo que consiste en una bobina eléctrica sumergida en glicol caliente que calienta un circuito de agua, que por transferencia de calor evita que el gas pueda alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de la unidad de descompresión.

La instalación de la Estación de Descompresión ocupará una superficie de 365.35 m^2 , distribuida de la siguiente manera:

- Área de Equipos: 2.10 m^2
- Área de Estación de Medición: 3.92 m^2
- Área de descarga: 231.11 m^2
- Área de servicios: 50.12 m^2
- Área de circulación peatonal: 78.10 m^2
- Área Total de la ED: 365.35 m^2

Para el presente Análisis de Riesgos se emplearon las siguientes metodologías y herramientas:

- HAZOP, para determinar las desviaciones (escenarios) de mayor riesgo en las instalaciones, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo con potencial de daño a la infraestructura y al medio ambiente.
- Matriz de Riesgos, para realizar la Jerarquización de los riesgos determinados en el análisis cualitativo.
- Árbol de fallas, para la estimación de la frecuencia cuantitativa de los escenarios ubicados en zonas de riesgo “ALARP” o “No Tolerable” del análisis cualitativo de riesgos.
- Software PHAST versión 6.7, para realizar los análisis de consecuencias de los escenarios de simulación propuestos.



Respecto a los resultados de las hojas de trabajo para los 4 nodos analizados mediante la metodología HAZOP, se encontraron un total de 51 desviaciones (escenarios) para posibles causas que originan la desviación, así mismo, entre estas se identificaron 9 escenarios con categoría de riesgo Bajo catalogado como Riesgo aceptable sin revisión, 38 de nivel Medio que se catalogan como Riesgo aceptable con revisión y 4 escenarios de riesgo Serio catalogado como Riesgo Indeseable.

Una vez revisados los valores / índices de frecuencia y gravedad del Análisis cualitativo y considerando los resultados de Análisis Detallado de Frecuencias y Análisis de Consecuencias, resulta que el escenario E3-N02-PC-ED_AGA representa el Peor Caso (caso más catastrófico) que pudiera ocurrir en la Estación de Descompresión y el escenario E6-N04-CMP-ED_AGA corresponde al Caso Más Probable (escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia).

De lo anterior, es importante que la promovente implemente y considere las recomendaciones derivadas del análisis HAZOP, donde las más significativas para el estudio y las cuales resultaron de las desviaciones que dieron origen a los Escenarios de Riesgo seleccionados para simulación, son los siguientes:

- R3.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.
- R4.- Verificar que el equipo de descompresión cuente con un dispositivo de ruptura.
- R5.- Asignar código de identificación al Procedimiento de emergencias por fuga y asegurarse que los Procedimientos se encuentren dentro de su Sistema de Gestión.
- R6.- Tener una bitácora de la revisión diaria de las instalaciones, previo al arranque de operaciones.
- R7.- Asegurar la aplicación del programa de mantenimiento preventivo a los accesorios e instrumentación del sistema.

El presente Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH) realizado a la Estación de Descompresión Embotelladora AGA, se apega a lo requerido en la “Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)”.

El ARSH llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Estación, es la ocurrencia de incendio y explosión por fuga de Gas Natural, lo anterior derivado de fallas de instrumentación o equipos, desvío en los procedimientos de operación y/o mantenimiento, así como a las condiciones de operación, por lo que las medidas de prevención y control que se instauraron en cada punto de la instalación para reducir los riesgos existentes, juegan un papel muy importante durante la operación de la Estación.

Así mismo, es importante mencionar que de acuerdo con la ponderación empleada en el análisis cualitativo (de acuerdo a la Matriz de Riesgos) y en el análisis cuantitativo (Árbol de fallas), los escenarios más catastróficos (Peor caso - PC), tienen una probabilidad muy baja de ocurrencia y los escenarios menos catastróficos (Caso Más Probable - CMP), representan una probabilidad de ocurrencia media.

Por lo antes mencionado, los riesgos existentes en la instalación son evidentes, mismos que son controlables y de ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en las actividades de operación. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda llegar a presentar.



La promovente tendrá que contar con la verificación de la integridad mecánica y de operación de la instalación con apego a la normativa, por una UV acreditada y aprobada por la Comisión Reguladora de Energía y la EMA, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación de la instalación.

En base a lo anterior, se concluye que existe la factibilidad técnica para el diseño, construcción y operación de la instalación.

X.2. Informe Técnico.

Datos Generales del Regulado

Fecha de Ingreso:		
DATOS DE LA EMPRESA CONTRATADA POR EL REGULADO PARA ELABORAR EL ANÁLISIS DE RIESGO*		
Nombre de la Empresa: Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V		
Nombre de la persona responsable: Ing. Raúl García Meraz	Cargo: Gerente Técnico	
DATOS GENERALES DEL REGULADO		
CURR: N/D	R.F.C.: GH130321CK7	
Nombre, razón o denominación social: GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.		
Nombre del Proyecto: “Estación de Descompresión Embotelladora AGA”.		
Objeto de la Instalación o Proyecto: Elaboración del análisis de riesgo del sector de hidrocarburos para la Estación de Descompresión Embotelladora AGA		
UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES		
Calle y Número: Circuito parque industrial	Colonia/Localidad: Parque industrial Quetzalcóatl	
Municipio/Delegación: Huejotzingo	Estado: Puebla	
Código Postal: 88176		
DOMICILIO PARA OIR O RECIBIR NOTIFICACIONES		
Calle y Número: : Av. Juan F. Brittingham No. 311	Colonia/Localidad: Ciudad Industrial	
Municipio/Delegación: Torreón	Estado: Coahuila	
Código Postal: 27019		
Teléfonos: 01(871) 7-18-80-12	Fax: N/D	Correo electrónico: lbravo@gasnaturalindustrial.com.mx
Nombre del Representante del Regulado: Ing. José de Jesús Meza Muñiz		
Cargo: Gerente General		



GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V.
“Estación de Descompresión Embotelladora AGA”
Huejotzingo, Puebla.

ACTIVIDAD DEL SECTOR HIDROCARBUROS (artículo 3o., fracción XI de la Ley de la ASEA)											
a	Reconocimiento, exploración superficial, exploración y extracción de Hidrocarburos	b	Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo	c	Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como transporte, almacenamiento y distribución y expendio de gas natural	d	Transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo	e	Transporte, almacenamiento y distribución de petrolíferos	f	Transporte por ducto y almacenamiento que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos, producto del procesamiento de gas natural y de la refinación del petróleo

USO DE SUELO DONDE SE ENCUENTRA LA EMPRESA					
Agrícola	X	Rural	N/A	Habitacional	N/A
Comercial	N/A	Mixto	N/A	Industrial	X
EL PROYECTO Y/O INSTALACIÓN SE ENCUENTRA UBICADA EN UNA ZONA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS					
Zona industrial	N/A	Zona habitacional	N/A	Zona suburbana	N/A
Parque industrial	X	Zona urbana	N/A	Zona rural	N/A
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			SUPERFICIE		
Coordenadas UTM X: 562,437.51			Requerida:	365.35 m ²	m ²
Coordenadas UTM Y: 2,125,097.58			Total:	N/D	m ²

N/A= No aplica.
N/D= No disponible.

Sustancias manejadas

No.	Clave del escenario	Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Capacidad de la unidad mayor
				C	R	E	T	I	
1	E1-N01-PC-ED_AGA	Gas natural	8006-14-2						500 Sm ³ /h
2	E2-N02-CMP-ED_AGA								
3	E3-N02-PC-ED_AGA								
4	E4-N02-CMP-ED_AGA					X		X	
5	E5-N04-PC-ED_AGA								
6	E6-N04-CMP-ED_AGA								



Identificación y clasificación de riesgos

No.	Clave del escenario	Accidente Hipotético				Ubicación					Metodología empleada para la identificación de peligros y evaluación de riesgos	Componente ambiental afectado
		Fuga	Derrame	Radiación térmica	Sobrepresión	Etapa de Operación				Unidad o equipo de proceso		
						Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios			
1	E1-N01-PC-ED_AGA	✓	N/A	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Equipo de descompresión	HAZOP	Aire y suelo
2	E2-N02-CMP-ED_AGA	✓	N/A	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Equipo de descompresión	HAZOP	Aire y suelo
3	E3-N02-PC-ED_AGA	✓	N/A	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Equipo de descompresión	HAZOP	Aire y suelo
4	E4-N02-CMP-ED_AGA	✓	N/A	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Equipo de descompresión	HAZOP	Aire y suelo
5	E5-N04-PC-ED_AGA	✓	N/A	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Estación de medición	HAZOP	Aire y suelo
6	E6-N04-CMP-ED_AGA	✓	N/A	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Estación de medición	HAZOP	Aire y suelo

N/A= No aplica.



Criterios para la estimación de consecuencias

No.	Clave del escenario	Tipo de caso simulado	Tipo de liberación		Inventario total liberado (m ³ /s, m ³ o kg)		Estado físico	Programa de simulación empleado	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Humedad	Tiempo de fuga (s)
			Masiva	Continua	Cantidad	Unidad						
1	E1-N01-PC-ED_AGA	Peor Caso	N/A	✓	1,621.242	Kg	Gas	PHAST 6.7	1.5	F	77%	60
2	E2-N02-CMP-ED_AGA	Caso más probable	N/A	✓	442.6974	Kg	Gas	PHAST 6.7	1.5	F	77%	60
3	E3-N02-PC-ED_AGA	Peor Caso	N/A	✓	2,861.448	Kg	Gas	PHAST 6.7	1.5	F	77%	60
4	E4-N02-CMP-ED_AGA	Caso más probable	N/A	✓	114.4578	Kg	Gas	PHAST 6.7	1.5	F	77%	60
5	E5-N04-PC-ED_AGA	Peor Caso	N/A	✓	194.7084	Kg	Gas	PHAST 6.7	1.5	F	77%	60
6	E6-N04-CMP-ED_AGA	Caso más probable	N/A	✓	7.78836	Kg	Gas	PHAST 6.7	1.5	F	77%	60

N/A= No aplica.

N/D = No disponible.

CHOF: Chorro de fuego o Jet fire, y UVCE: Explosión por nube de vapor no confinada.



Resultados de la estimación de consecuencias

No.	Clave del escenario	Dispersión tóxica			Radiación térmica			Sobrepresión		
		IDHL	TLV8h	TLV15 min	1.4 kW/m ²	5 kW/m ²	12.5 - 37.5 kW/m ²	0.5 psi	1.0 psi	3 - 10 psi
1	E1-N01-PC-ED_AGA	N/A	N/A	N/A	CHOF: 125.05	CHOF: 96.52	CHOF: 83.87 - 73.37	UVCE: 235.31	UVCE: 205.85	UVCE: 182.35 - 170.94
2	E2-N02-CMP-ED_AGA	N/A	N/A	N/A	CHOF: 63.62	CHOF: 45.76	CHOF: 37.56 - 29.66	UVCE: 105.36	UVCE: 91.53	UVCE: 80.49 - 75.14
3	E3-N02-PC-ED_AGA	N/A	N/A	N/A	CHOF: 159.63	CHOF 109.55	CHOF: 86.43 - 66.13	UVCE: 323.89	UVCE: 283.24	UVCE: 250.84 - 235.10
4	E4-N02-CMP-ED_AGA	N/A	N/A	N/A	CHOF: 30.57	CHOF: 22.92	CHOF: 19.17 - 15.09	UVCE: 45.65	UVCE: 39.53	UVCE: 34.64 - 32.27
5	E5-N04-PC-ED_AGA	N/A	N/A	N/A	CHOF: 41.01	CHOF: 30.20	CHOF: 25.12 - 20.03	UVCE: 61.28	UVCE: 52.95	UVCE: 46.31 - 43.09
6	E6-N04-CMP-ED_AGA	N/A	N/A	N/A	CHOF: 6.61	CHOF: 4.80	NR	NA	NA	NA

N/A= No aplica.

N/D= No disponible.

CHOF: Chorro de fuego o Jet fire, CHAF: Charco de fuego o Pool fire, y UVCE: Explosión por nube de vapor no confinada. NR: No reacciona