INDICE

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO. 3

I.1. Bases de Diseño. 3

I.1.1. Proyecto Civil. 5

I.1.2. Proyecto Mecánico. 7

I.1.3. Proyecto Sistema Contra-Incendio. 8

I.2. Descripción Detallada del Proceso. 9

I.2.1. Hojas de seguridad. 11

I.2.2. Almacenamiento. 12

I.2.3. Equipos de proceso y Auxiliares 15

I.2.4. Pruebas de Verificación. 19

I.3. Condiciones de Operación 19

I.3.1. Especificación del cuarto de control. 22

I.3.2. Sistemas de aislamiento. 23

I.4. Análisis y Evaluación de Riesgos. 24

1.4.1. Antecedentes de accidentes e incidentes. 24

I.4.2. Metodologías de identificación y jerarquización. 27

TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas. 17

Tabla 2. Requerimientos 18

Tabla 3. Balance de Materia de la Estación de Descompresión Sonoco. 20

Tabla 4. Antecedentes de accidentes e incidentes de Gas Natural. 27

Tabla 5. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) utilizado. 30

Tabla 6. Nodos Seleccionados. 31

Tabla 7. Categorías de severidad de accidente sugeridas. (MIL-STD-882D, 2000). 32

Tabla 8. Niveles de probabilidad de accidente sugeridos. (MIL-STD-882D, 2000). 33

Tabla 9. Matriz de Riesgos. 33

Tabla 10. Categorías de riesgo. (MIL-STD-882D, 2000). 33

Tabla 11. Resumen de la Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP. 34

Tabla 12. Descripción de las Fallas de Mayor Riesgo. 35

Tabla 13. Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas. 39

Tabla 14. Valor de Probabilidad de Frecuencia de Fallas. 39

Tabla 15. Descripción de escenarios. 40

FIGURAS

Figura 1. Plano de arreglo general de la Estación de Descompresión Sonoco. 4
Figura 2. Ubicación de la Señalética contemplada en la Estación de Descompresión Sonoco. 8
Figura 3. Señalética contemplada en la Estación de Descompresión Sonoco. 9
Figura 4. Sistema de Almacenaje de Gas Natural Comprimido. 13
Figura 5. Detalle exterior del remolque de transporte de Gas Natural Comprimido. 14
Figura 6. Detalle interior del remolque de transporte de Gas Natural Comprimido. 15
Figura 7. Equipos principales que conformarán la Estación de Descompresión Sonoco. 16
Figura 8. Diagrama de flujo de la Estación de Descompresión Sonoco. 20
Figura 9. Diagrama de Tuberías e Instrumentación del PRM. 21
Figura 10. Diagrama de Tuberías e Instrumentación del Panel de Decantación (decanting panel) 21
Figura 11. Diagrama de Tuberías e Instrumentación de la EM. 22
Figura 12. Árbol de falla en Operación y Mantenimiento. 39

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.

El presente proyecto consiste en el diseño ejecutivo para la construcción, instalación y operación de la "Estación de Descompresión Sonoco" (ED-Sonoco), propiedad de GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V., la cual será utilizada para descomprimir el Gas Natural Comprimido almacenado en los tanques de almacenamiento del contenedor móvil (camiones/tráileres), mismos que llegaran directamente a la Estación de Descompresión. El proyecto tendrá incidencia en el municipio de Tijuana, Baja California, Mex.

I.1. Bases de Diseño.

La ED-Sonoco 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 GNC en la Estación de Compresión (Estación Madre). Los tanques son vaciados a través del panel de decantación de descarga en la Estación Hija, a través de una tubería el gas será enviado a alta presión de aproximadamente 253 kg/cm2 (3600 Psig), a la estación de despresurización. En el Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto flujo (PRM/PRS) a través de válvulas reguladoras se reducirá la presión del gas hasta 4 kg/cm2 (56 Psig), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Una vez que la presión es significativamente reducida, se requiriera un equipo (Modulo de Control de Calentamiento (HCM) de calentamiento que eleve la temperatura del gas por medio de circulación de agua caliente en la trayectoria de la tubería de descarga a través de un serpentín, debido a que el gas puede alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de la unidad de descompresión.

La instalación de la Estación de Descompresión ocupará una superficie de 899.22 m^2.

El proyecto incluye Área de Panel de Decantación (Decanting Post), Área de Descompresión, Área de Servicios Propios (Taller de Mantenimiento / Cuarto de Tableros) y Área de Patio de Maniobras. El diseño, construcción y operación de la Estación está basada en la **NOM-010-ASEA-2016.**

Dentro del alcance de la Estación de Descompresión, estará divida en las siguientes áreas **(Ver Figura 1):**

Áreas:

- Área de Panel de Decantación (Decanting Panel/Post)
- 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 (PRM/PRS).
- Sistema de Calentamiento (HCM)
- 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:

- Panel de Decantación.
- PRM Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto Flujo (High Flow Pressure Reduction System).
- HCM Modulo de Control de Calentamiento (Heating Control Module).
- Tablero de Distribución de Alumbrado y Contactos.

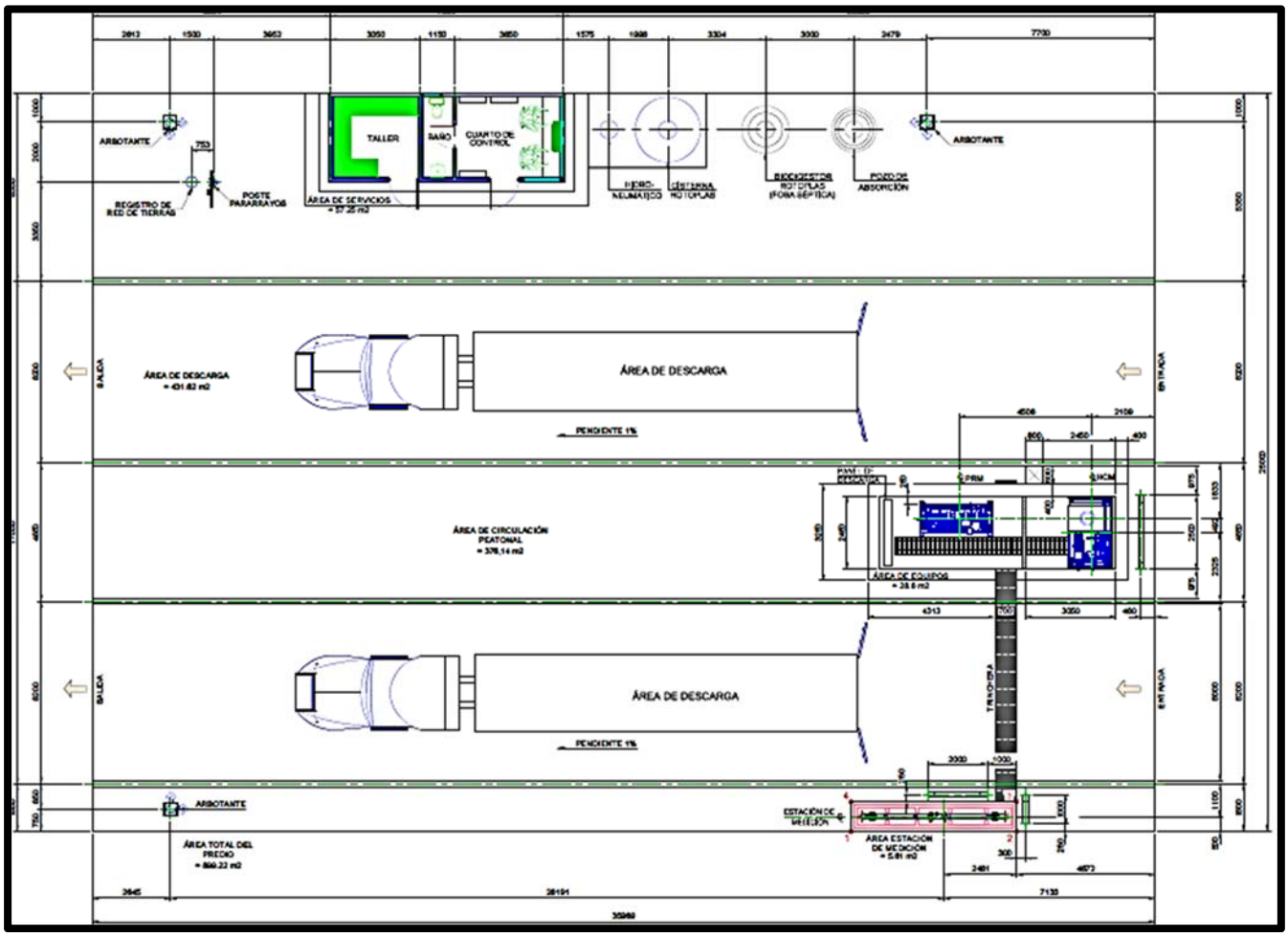


Figura 1. Plano de arreglo general de la Estación de Descompresión Sonoco.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 1. Planos de la instalación (1.1 Arreglo general).**

I.1.1. Proyecto Civil.

Se consideraron los criterios generales más importantes y las bases que rigen el diseño de ingeniería civil; los detalles, así como las dimensiones finales de las estructuras y cimentaciones, se definirán durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle y se verán reflejados en los planos y memorias de cálculo que serán emitidos para la construcción de la Estación.

La normatividad aplicable en este proyecto y las buenas prácticas de Ingeniería deben conducir a análisis y diseños que garanticen la resistencia, la seguridad estructural, la seguridad de los equipos y de las personas, procurando la economía de las instalaciones.

Para el diseño de la Estación, la ingeniera se elaboró en base y en cumplimiento con lo establecido en la **NOM-010-ASEA-2016**, la cual rige en el tipo de proyecto a que se refiere.

La obra se refiere al proyecto que se destinará para una Estación de Descompresión de Gas Natural Comprimido en un predio con una superficie de 899.22 m², la cual estará constituida por la siguiente distribución de áreas:

- Área de Acometida de Gas o de Estación de Medición (EM).
- Área de Cuarto eléctrico, de Control, Baño, almacén de refacciones y Taller.
- Área de Descarga de Remolques.
- Área de Descompresión.
- Área de Patio de Maniobras.

Para el diseño de la Estación de Descompresión, la ingeniería se elaborará en base y cumpliendo lo requerido por las Normas Mexicanas aplicables en su última edición.

Descripción de las áreas

Área de Plataforma de Descarga de Remolques.

Se conformará con una estructura de terracerías y un acabado de pavimento asfaltico con espesor adecuado según el diseño de la mezcla asfáltica, quedando a un nivel de 20 cm como mínimo por arriba de la vialidad municipal.

Los caminos deben tener un ancho mínimo de 6 m, el trazado y radio de las curvas deben permitir la maniobra adecuada de remolques.

Área de Equipo de Descompresión.

Esta área está conformada por una base de concreto reforzado y estará 0.20 m arriba del nivel de piso terminado.

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

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.

Se construirán a base de muros de block de concreto hueco con resistencia nominal de 60 kg/cm^2 con espesor de 15 cm de ancho, confinados con dalas y castillos de concreto y acero de refuerzo según su resistencia y cantidad de refuerzo requerida. La cimentación se empleará del tipo corrida de concreto reforzado.

En caso de que el proyecto lo requiera se instalara una caseta móvil, en lugar de realizar una construcción civil para cumplir con lo indicado líneas arriba.

Para recibir la caseta se conformará con una estructura de terracerías y un acabado de pavimento asfaltico con espesor adecuado según el diseño de la mezcla asfáltica, quedando a un nivel de 15 cm como mínimo por arriba de la vialidad municipal.

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 de las vialidades interiores como mínimo.

Área de Patio de Maniobras.

Se conformará con una estructura de terracerías y un acabado de pavimento asfaltico con espesor adecuado según el diseño de la mezcla asfáltica, quedando a un nivel de 20 cm como mínimo por arriba de la vialidad municipal.

Previo a la cimentación de las edificaciones se realizará un estudio de mecánica de suelos como ya se ha mencionado en el cuál se determinará el extracto de suelo más apropiado para el desplante y construcción de las diferentes áreas

La construcción del Cuarto Eléctrico y Control, Baño, Almacén de refacciones y Taller, se construirán con materiales en su totalidad incombustibles, ya que su losa será de concreto, los muros de block de concreto hueco con puertas y ventanas de herrería metálica. Dichas construcciones se diseñarán y construirán para que puedan soportar los esfuerzos a los que puedan estar sujetos, de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes para garantizar su estabilidad estructural.

El terreno que ocupará la Estación de Descompresión, se tendrá delimitado por una malla perimetral con una altura mínima de 2.00 m cumpliendo con la norma **NOM-010-ASEA-2016**, Esto con la finalidad de restringir el acceso a personas ajenas a la Estación.

En el área donde se alojarán las tuberías de Gas Descomprimido se construirán unas trincheras de 0.6 m de ancho por 0.5 m de profundidad aproximadamente, la cual será protegida con una rejilla Irving con una resistencia adecuada para soportar las cargas generadas por el paso de vehículos y peatones, este sistema de trinchera contará con pendientes para canalizar el agua pluvial.

I.1.2. Proyecto Mecánico.

Los criterios de diseño de ingeniería mecánica tienen la intención de servir como una guía de diseño para el proyecto, mismos que son aplicables a todos los equipos mecánicos salvo que se indique lo contrario. En la descripción particular de cada equipo, se regirán por las especificaciones del equipo específico y todo el equipo mecánico estará diseñado para mantener su integridad estructural, la capacidad funcional en las condiciones de servicio especificadas y en el comportamiento requerido bajo el presente criterio:

Los criterios de diseño mecánico establecen las normas y prácticas de ingeniería a seguir en la ejecución del diseño mecánico, los cuales se regirán por los siguientes documentos:

- Especificaciones técnicas.
- Hojas de datos.
- Planos de arreglos generales mecánico.
- Planos de detalle de diseño y montaje.
- Memorias de cálculo para equipo estático.

Todos los equipos mecánicos y materiales serán diseñados, fabricados y probados de acuerdo con las últimas ediciones aplicables de normas, códigos o especificaciones.

Las obras mecánicas se iniciarán en el Panel de Decantación (Decanting Post), el cual consiste en un conjunto de elementos, el cual se encargará de realizar la descarga que va desde los tanques de los módulos a la línea de entrada del PRM. El gas natural comprimido que fluye hacia el equipo de descompresión es manejado a través de una tubería de 2” Ø Ced. XXS, antes de la llegada al equipo de descompresión se cuenta con un accesorio para reducir el diámetro de la tubería a 1½” Ø.

Una vez que la presión es reducida por el PRM, se requerirá un equipo (Modulo de Control de Calentamiento (HCM) de calentamiento que eleve la temperatura del gas por medio de circulación de agua caliente en la trayectoria de la tubería de descarga a través de un serpentín, debido a que con la reducción de presión del gas en la descarga de la unidad de descompresión, el gas llega a alcanzar temperaturas de congelamiento.

Ver **Anexo 2. Dimensiones de los Equipos (PRM y HCM).**

Después de pasar por el equipo de descompresión el gas natural es conducido por una tubería de 4” Ø Ced. 40, a la Estación de Medición la cual cuenta con un medidor de turbina Actaris Itrón Modelo G-400 de 4” de Ø bridado RF en ANSI 150, además de dos indicadores de presión y un transductor de temperatura.

La entrega de gas natural al cliente es a una presión de 7.0 kg/cm² (99.56 Psi).

I.1.3. Proyecto Sistema Contra-Incendio.

En la ED-Sonoco se instalaran 5 extintores de Polvo Químico Seco de 9 kg, distribuidos en las áreas contempladas para la Descompresión de Gas Natural, área de descarga y en las áreas de otros servicios (oficinas y cuartos).

Según el plano de la Estación, las áreas a contemplarse para la colocación de los extintores y señalética, se encuentran indicadas en la **Figura 2.**

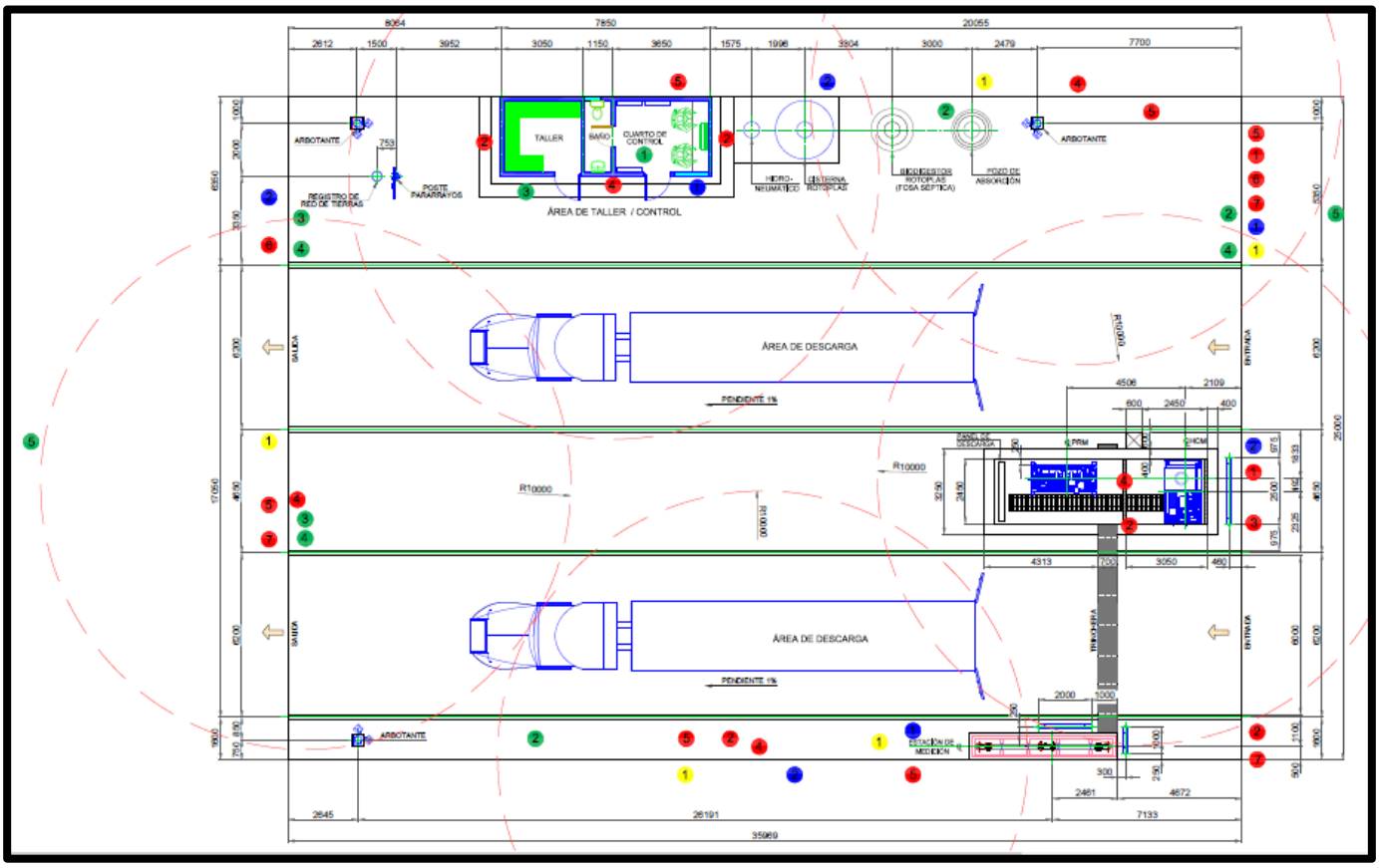


Figura 2. Ubicación de la Señalética contemplada en la Estación de Descompresión Sonoco.

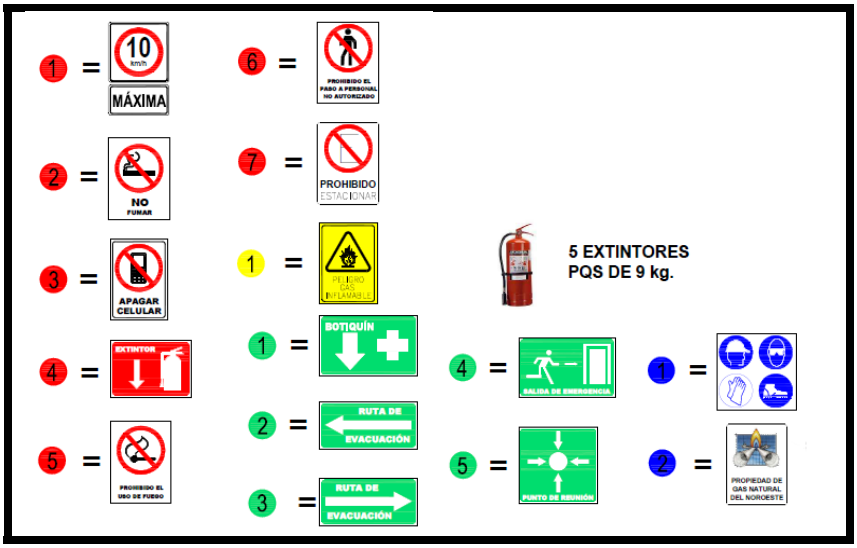


Figura 3. Señalética contemplada en la Estación de Descompresión Sonoco.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 1. Planos de la instalación 1.2 Señalética.**

I.2. Descripción Detallada del Proceso.

Recepción de Gas Natural Comprimido.

La Estación móvil 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 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 los remolques se conectan al panel de decantación, el cual consiste en un conjunto de elementos el cual se encargan de realizar la descarga que va desde los tanques de los módulos a la línea de entrada de la PRM.

Los tanques serán vaciados a través del panel de decantación de descarga en la Estación de Descompresión Sonoco, a través de una tubería el gas es enviado a alta presión de aproximadamente 253 kg/cm^2 (3600 Psig), a la estación de despresurización. En la PRM a través de válvulas reguladoras se reduce la presión del gas, permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Descompresión de Gas Natural.

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

- El modulo con GNC es conectado al panel de decantación de la Estación a través de mangueras especiales, las cuales son conectadas desde el manifold de los módulos por medio de conectores rápidos hembra/macho y llegan hasta el manifold del panel de decantación.
- Por medio de este panel fluye el Gas Natural Comprimido desde el contenedor hasta la entrada de la PRM (Modulo Reductor de Presión) y así iniciar el proceso de descompresión. El panel de decantación 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 gas natural comprimido que fluye hacia el equipo de descompresión es manejado a través de una tubería de 2 Ø Ced. XXS, antes de la llegada al equipo de descompresión se cuenta con un accesorio para reducir el diámetro de la tubería de $1^{1}/_{2}$" Ø.
- El equipo de descompresión tiene una capacidad de 2,000 Sm^3/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 bar (4.07 kg/cm^2 / 58.01 Psi), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Acondicionamiento (elevación de temperatura) del GN.

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 circulación de agua-glycol caliente en la trayectoria de la tubería de descarga a través de un serpentín. Este enfriamiento en el gas es detectado por 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 entre el gas natural y la mezcla de agua - glicol.

El equipo utilizado para este propósito se llama Modulo de Control de Calentamiento (HCM) que es simplemente un boiler que calienta un circuito de agua y por transferencia de calor, evita el congelamiento de los componentes y tuberías del equipo de despresurización o PRM.

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 de equipo.

Después de pasar por el equipo de descompresión el gas natural es conducido por una tubería de 4" Ø Ced. 40, a la Estación de Medición (ubicada en las coordenadas X; 506506.7589, Y; 3596072.5690) la cual cuenta con un medidor de turbina Actaris Itr+on Modelo G-400 de 4" de Ø bridado RF en ANSI 150, además de dos indicadores de presión y un transductor de temperatura.

- 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.

Recepción, medición y acondicionamiento del Gas Natural para la entrega al cliente

Con la temperatura del gas ya controlada, el gas es enviado al área de proceso para su utilización a través de ductos de polietileno, llegando hasta los usuarios finales, realizando por única vez los ajustes necesarios en reguladores y espreas de los quemadores.

La entrega de gas natural al cliente es a una presión de 4 bar (4.07 kg/cm² / 58.01 Psi).

Sistemas y equipos de seguridad operativa.

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, Oficinas y otros puntos, 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 pude 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.

I.2.1. Hojas de seguridad.

La sustancia química peligrosa involucrada en la etapa de operación del proyecto, es el Gas Natural, por lo que a continuación se describen algunas de las características de esta sustancia:

Nombre: Gas Natural.
Familia química: Hidrocarburo parafínico.
Peso molecular: 16,042.
Estado físico, color y olor: Gas incoloro, inodoro e insípido.
Punto de fusión (760 mm Hg): - 182,50 °C.
Punto de ebullición (760 mm Hg): - 161,50 °C.
Temperatura crítica: - 82,50°C.
Calor específico: 1,308 Kcal/Kg.
Calor de fusión: 14 Kcal/Kg.
Calor de vaporización: 122 Kcal/Kg.
Presión crítica: 45,8 atm.
Densidad crítica: 0,162.
Densidad del vapor (760 mm Hg): 0,554.
Densidad específica (aire= 1): 0,68.
Temperatura de auto ignición: Entre 5 370 y 6 510°C.
Volumen crítico: 0,098 m^3/Kg/mol.
Solubilidad en agua: 0,4 – 20 micrograms/100 cm^3.
Punto de inflamación: 5 370 °C.
Límite inferior de explosividad: 5 % gas en el aire.
Límite superior de explosividad: 15 % gas en el aire.
m^3 de aire para quemar 1 m^3 gas: 9,53.

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 -161ºC. 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 (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.

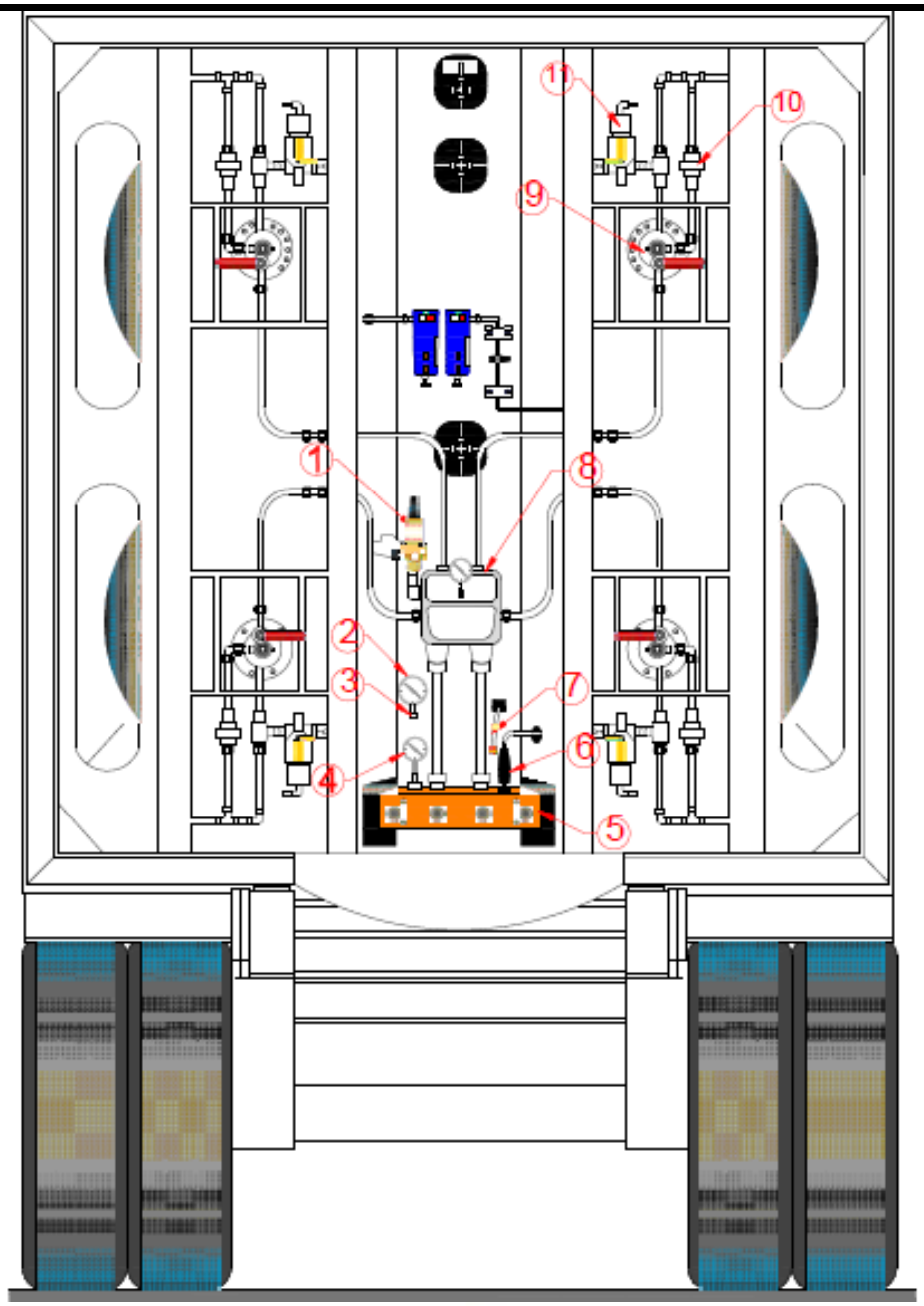
Para mayor detalle, **Ver Anexo 3. Hoja de Datos de Seguridad.**

I.2.2. Almacenamiento.

La Estación de Descompresión no contará con un Área de Almacenamiento como tal, debido a que las áreas de la Estación 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 (equivalente a 6,710 kg de Gas Natural) y con una presión de almacenamiento de 3,600 Psi. El equipo de descompresión (PRM/PRS) tiene una capacidad de 2,000 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.

Figura 4. Sistema de Almacenaje de Gas Natural Comprimido.



① VÁLVULA DE SEGURIDAD (4500 psi).

② MANÓMETRO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

③ PUNTO DE LLENADO DEL NITRÓGENO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

④ TERMÓMETRO (TEMPERATURA DEL GAS).

⑤ MANIFOLD DEL TRAILER.

⑥ VÁLVULA DE VENTEO.

⑦ CABLE DE TIERRA.

⑧ MANIFOLD DE DECANTACIÓN CON MANÓMETRO.

⑨ VÁLVULA DEL TANQUE.

⑩ DISCO DE ROPTURA (4750 psi).

⑪ VÁLVULA NEUMÁTICA.

⑫ TUBERÍA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (SE DERRITE A 110°C).

⑬ RESERVAS DE NITRÓGENO PARA EL SIST. DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

⑭ LÍNEA DE VENTEO-DESCARGA POR LA PARTE SUPERIOR.

Figura 5. Detalle exterior del remolque de transporte de Gas Natural Comprimido.

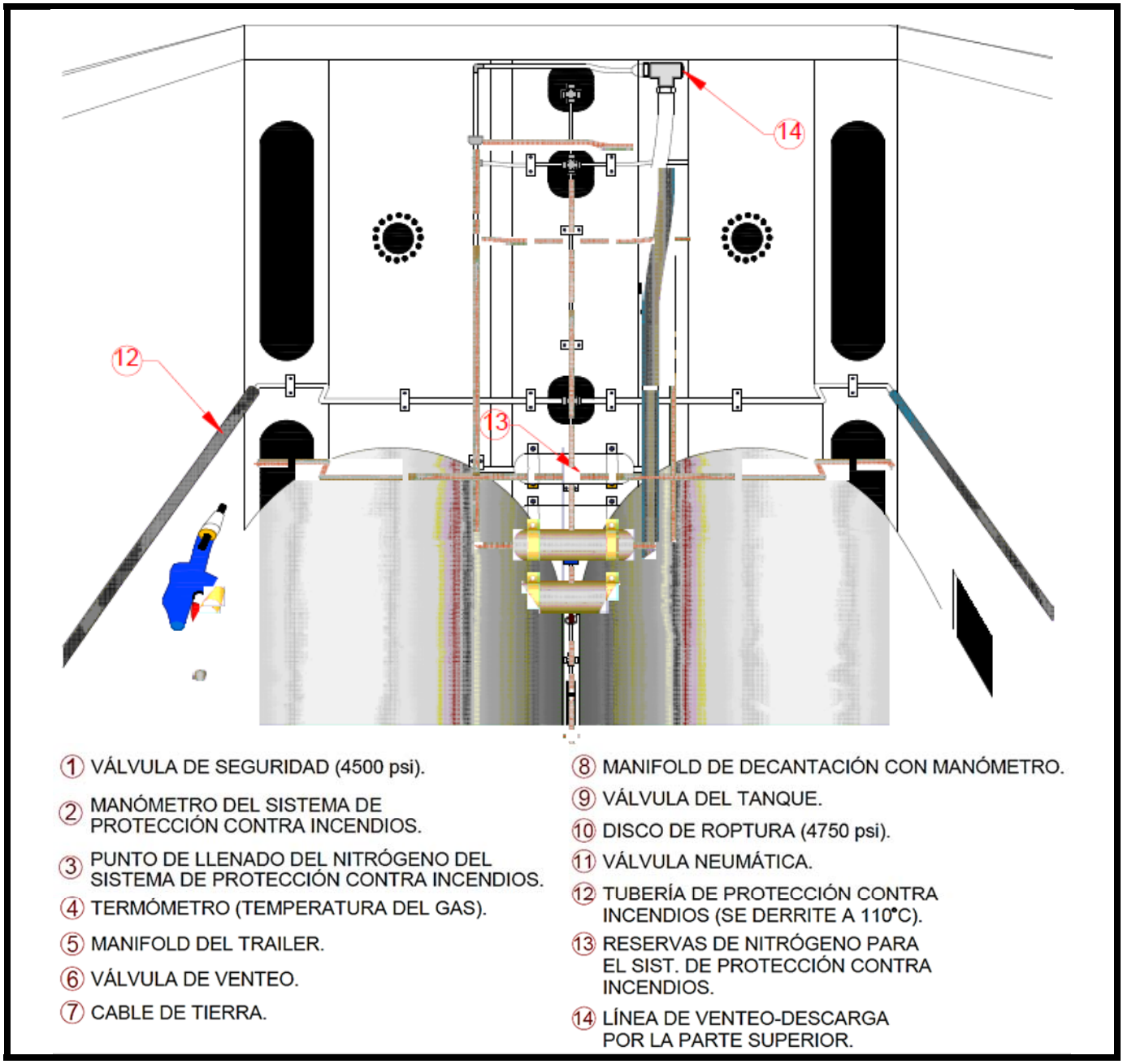


Figura 6. Detalle interior del remolque de transporte de Gas Natural Comprimido.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 1. Planos de la instalación 1.3 Detalles del Remolque.**

I.2.3. Equipos de proceso y Auxiliares

La ED-Sonoco tendrá la capacidad de recibir el gas natural comprimido a través de los Transportes viales con tanques Contenedores de GNC, los cuales fueron llenados con GNC en la Estación de Compresión (Estación Madre). Los tanques serán vaciados a través del panel de decantación de descarga en la Estación de Descompresión Sonoco (Estación Hija), a través de una tubería el gas será enviado a una alta presión al sistema de despresurización (PRM). En el Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto

flujo (PRM/PRS) a través de válvulas reguladoras se reducirá la presión, permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Por lo anterior, el proyecto incluirá los siguientes equipos:

- Panel de Decantación
- PRM Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto Flujo (High Flow Pressure Reduction System).
- HCM Modulo de Control de Calentamiento (Heating Control Module).
- Tablero de Distribución de Alumbrado y Contactos.

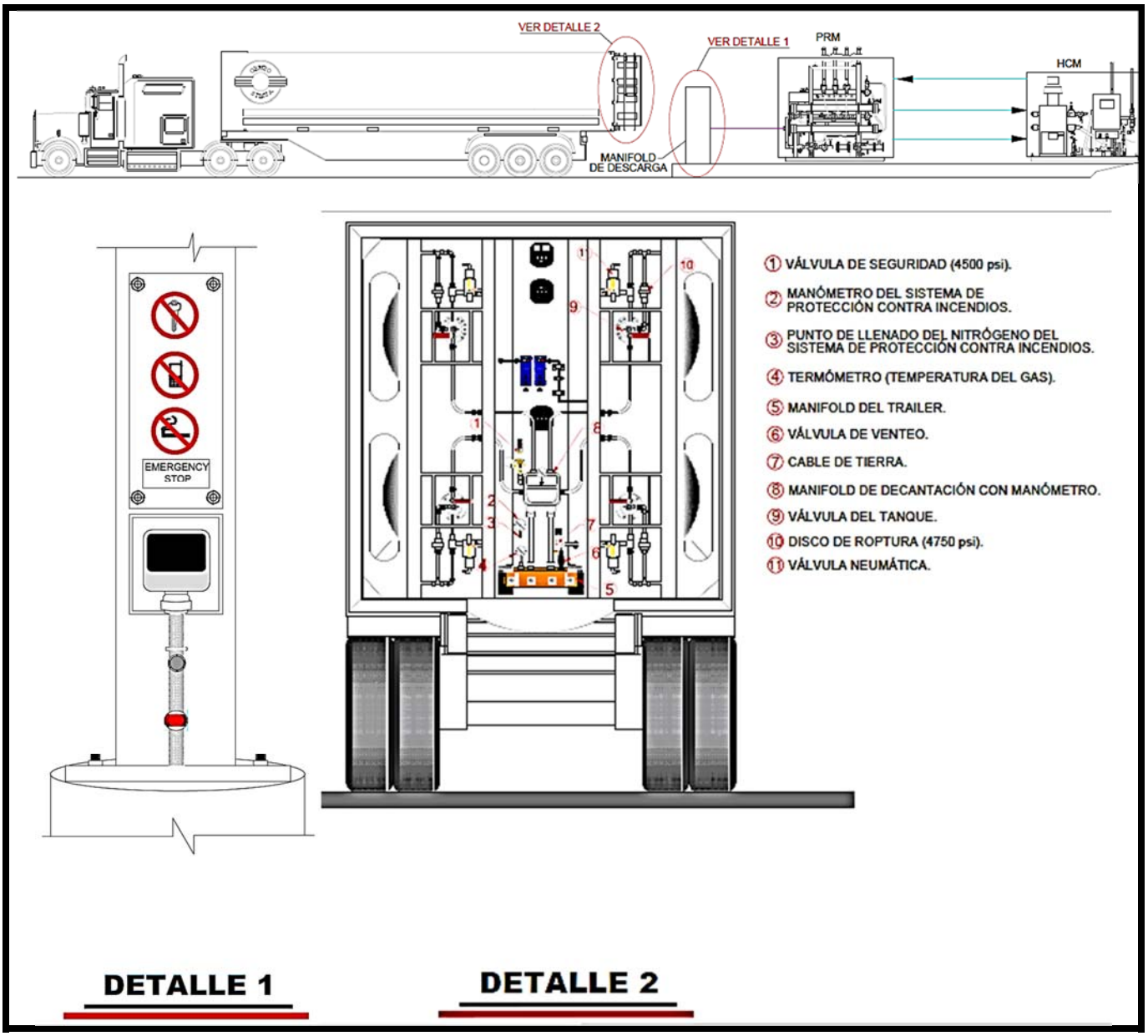


Figura 7. Equipos principales que conformarán la Estación de Descompresión Sonoco.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 1. Planos de la instalación 1.4 Equipos Principales.**

Panel de decantación (Decanting panel/post):

El Panel de decantación es un conjunto de elementos interconectados entre sí con el fin de abrir una válvula manualmente que permitirá el flujo de GNC hacia la PRM / PRS:

- PRS: (Pressure Reduction System o Sistema de Reducción de Presión), conjunto de elementos conectados entre sí cuya función es regular la presión y la temperatura del gas natural.

Este panel es conformado por:

1. Conectores.
2. Mangueras flexibles.
3. Manifold de entrada.
4. Tuberías.
5. Válvula de Corte.
6. Válvula Check.
7. Venteo.
8. Manómetros

- Manifold: pieza ubicada en el costado izquierdo del titán magnum v, en la cual se realiza la conexión de mangueras para la carga y distribución hacia los tanques de GNC.
- Mangueras de descarga: mangueras rojas por las cuales fluye el GNC del manifold de los módulos hacia el manifold del panel de decantación.
- Desfogue: desfogar/liberar presión de GNC.
- Conector macho: pieza metálica en forma cilíndrica, la cual tiene la función de válvula check para acoplar el manifold al conector hembra de la manguera.
- Conector hembra: pieza metálica en forma cilíndrica la cual tiene la función de válvula check para acoplar la manguera al conector macho del manifold.
- Válvula de desfogue: válvula de bola ubicada en la parte inferior del poste de llenado.
- Manifold de distribución: cuerpo metálico, en el cual se realiza la distribución de GNC hacia diversos componentes.

Sistema de Reducción de Presión y Alto Flujo

Modelo PRS-2000-250-4 (nominal de 2,000 Sm3/h), el sistema de reducción de presión (PRS) o módulo de reducción de presión (PRM) está diseñado para reducir la presión de gas natural entregado al sitio de un cliente de 200-250 bar (300-3600 Psi) de un almacenamiento móvil.

Tabla 1. Especificaciones técnicas.

Parámetro	Valor	Unidad
Medio	Gas Natural Dulce	
Rengo de Gravedad Especifica	0.56 – 0.70	
Rango de Presión de succión	15 – 250	Bar
Presión máxima de trabajo permitida	276	Bar
Rango de Presión de Descarga	19 - 22	Bar
Máxima Capacidad de Flujo a 22 bar de Descarga	2,000	Sm3/h
Mínima Presión de Succión a la PRS a 22.0 bar de Descarga	15	Bar

Parámetro	Valor	Unidad
Tipo de Medidor	Fluido Oscilante – Compensación por Presión y Temperatura.	
Precisión	Certificado para Transferencia de Custodia	
Temperatura de Descarga del Gas	10 – 30	°C
Máximo Calor del Gas de Entrada	500,000	Btu/h
Dimensiones de la PRM	2.5 X 2.0 (aprox.)	M
Dimensiones de la HCM	2.0 x 1.5	M

- Se trata de un Sistema de Reducción de Presión de alta capacidad (PRS), con componentes de tuberías de gran tamaño para minimizar la presión residual de almacenamiento móvil en "vacío" de 2” ANSI brida de conexión y de brida de salida de gas de baja presión.
  - Diseñado según CSA estándar Z662-99 – aceite y sistemas de tubería de Gas.
  - 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.
  - Sistema de calefacción compensado tipo "Joule Thompson"
  - Enfriamiento para que la temperatura del gas antes de la etapa final del regulador está controlada dentro de +/-14°C.
  - El calentador de agua caliente tiene un pequeño flujo de gas natural para el quemador de calefacción.
  - Consumo de gas natural es menos del 0,5% de rendimiento total de PRS.
  - Sistema de paro de emergencia con botón pulsador ESD.
  - PRM y HCM están montados sobre planchas de concreto con un gabinete alta capacidad.
  - DEFUELING POST, Tubo estructural puesto con base de montaje de Boquilla Staubli HPX20 3/4" GNC x 4.5 metros largo.
  - 1" válvula de bola con venteo.
  - 0 – 350 bar Manómetro indicador de presión.
  - 1 "x.109 tubo de acero inoxidable.
  - 1" Válvula Check.

Tabla 2. Requerimientos

Alimentación	Tamaño	Proceso
Energía Requerida HCM	4 KVA	220VAC 50 Hz
Tubería de Agua Caliente (HCM/PRM)	2” sch. 40 pipe	Alimentación de Agua Caliente
Tubería de Agua Fría (HCM/PRM)	2” sch. 40 pipe	Retorno de Agua Fría
Fuente de Gas (HCM/PRM)	1” pipe	Gas Natural
Canalización Eléctrica (HCM/PRM)	1” conduit	Fuerza/Instrumentos
Tubería de Descarga de Gas	2” – 150# ANSI	Gas Natural

I.2.4. Pruebas de Verificación.

La empresa promovente tiene contemplado asegurar la integridad mecánica de sus equipos y/o instalaciones (principalmente del sistema de descompresión, los tanques de almacenamiento del contenedor móvil, entre otros equipos auxiliares), realizando las respectivas pruebas de integridad mecánica, garantizando que la operación de la Estación de Descompresión sea confiable y segura para las condiciones del servicio a brindar, esto por medio de la determinación del estado actual, vida útil estimada, las necesidades de mantenimiento y/o reparación en sus equipos de proceso.

Para el mantenimiento adecuado de las instalaciones se desarrollará un programa de verificación de las instalaciones, el cual se diseñará de acuerdo a los manuales de procedimiento de la empresa.

El Programa de Verificación incluirá la verificación de los siguientes aspectos:

- Características del producto a manejar (Gas Natural)
- Estado en que se encuentran las tuberías, válvulas y demás sistemas de control y conducción del producto.
- Estado en que se encuentran los equipos de control
- Estado en que se encuentran los Tanques de Almacenamiento del contenedor móvil
- Estado y funcionamiento del Sistema de Descompresión

I.3. Condiciones de Operación.

El gas natural llega hasta la ED-Sonoco a través de los remolques que cuentan con una capacidad de 11,000 m³ con una presión de almacenamiento de 3,600 Psi, mismos que serán vaciados a través del panel de decantación de descarga ubicado en la Estación, a través de una tubería el gas será enviado a alta presión de aproximadamente 253 kg/cm^2 (3600 Psig), a la estación de despresurización. En el Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto flujo (PRM/PRS) a través de válvulas reguladoras se reducirá la presión del gas hasta 4 kg/cm2 (56 Psig), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

En el siguiente diagrama se describe el flujo de operación desarrollado en la Estación de Descompresión, para mayor detalle se describe en la **Tabla 3** el balance de materia.

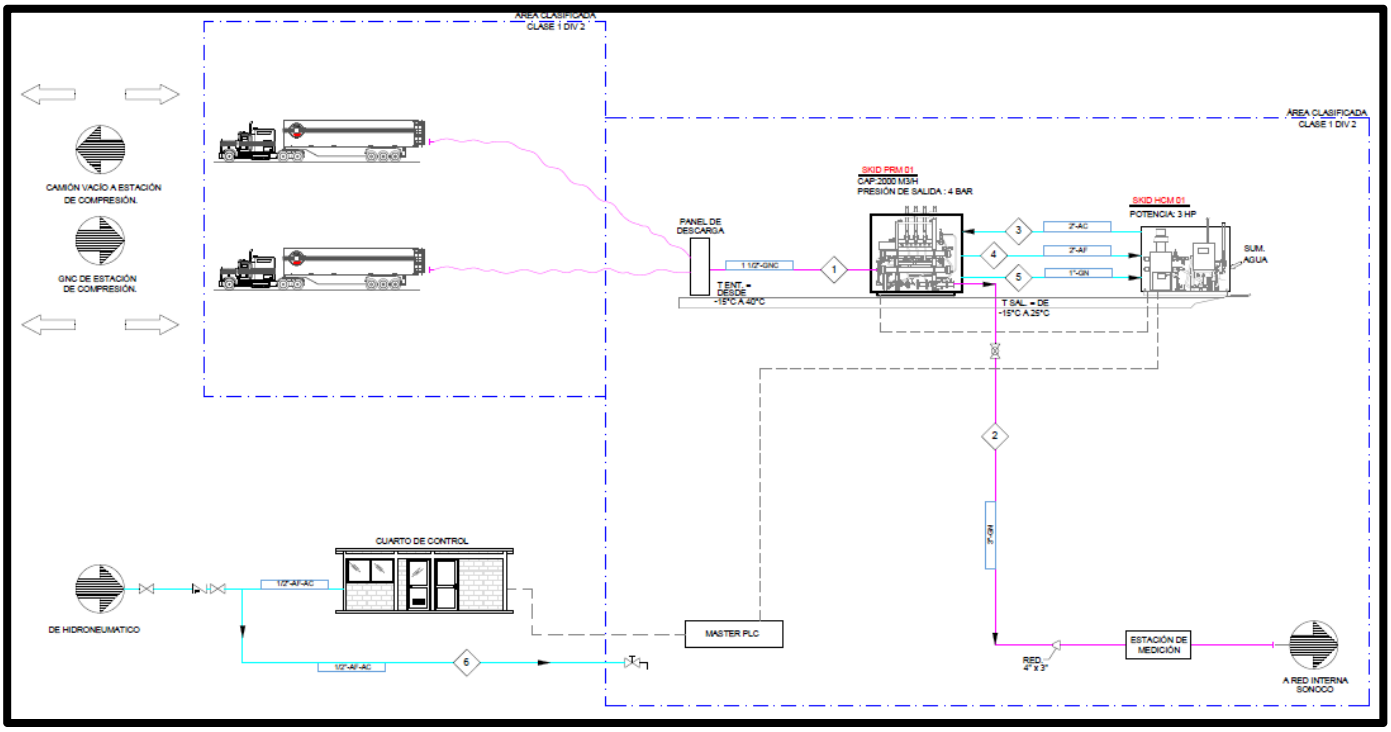


Figura 8. Diagrama de flujo de la Estación de Descompresión Sonoco.

Tabla 3. Balance de Materia de la Estación de Descompresión Sonoco.

N. de Corriente		1	2	3	4	5	6
Descripción	Unidades	Gas natural alta presión	Gas natural Descomprimido	Agua caliente de HCM	Agua fría de HCM	Gas Natural descomprimido a HCM	Agua de servicios
		continuo	continuo	intermitente	intermitente	intermitente	intermitente
Flujo	Sm^3/h	2,000.00	2,000.00	15.57	15.57	25.00	1.50
Flujo	$Spies^3/min$	1,177.16	1,177.16	9.16	9.16	14.71	0.88
Humedad	%	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	100.00
Temperatura	(^0C)	-15 a 40	-15 a 25	40.00	25.00	-15 a 25	25.00
Densidad	Kg/m^3	0.65 a 0.79	0.68 a 0.79	1.00	1.00	0.69 a 0.80	1.00
Presión de operación	BAR	248.21 a 30	4.00	2.00	1.00	2 a 15	1.00

A continuación se muestran los elementos y el Diagrama de Tuberías e Instrumentación correspondientes al panel de decantación, sistema de descompresión y la estación de medición **(Ver Figuras 9, 10 y 11).**

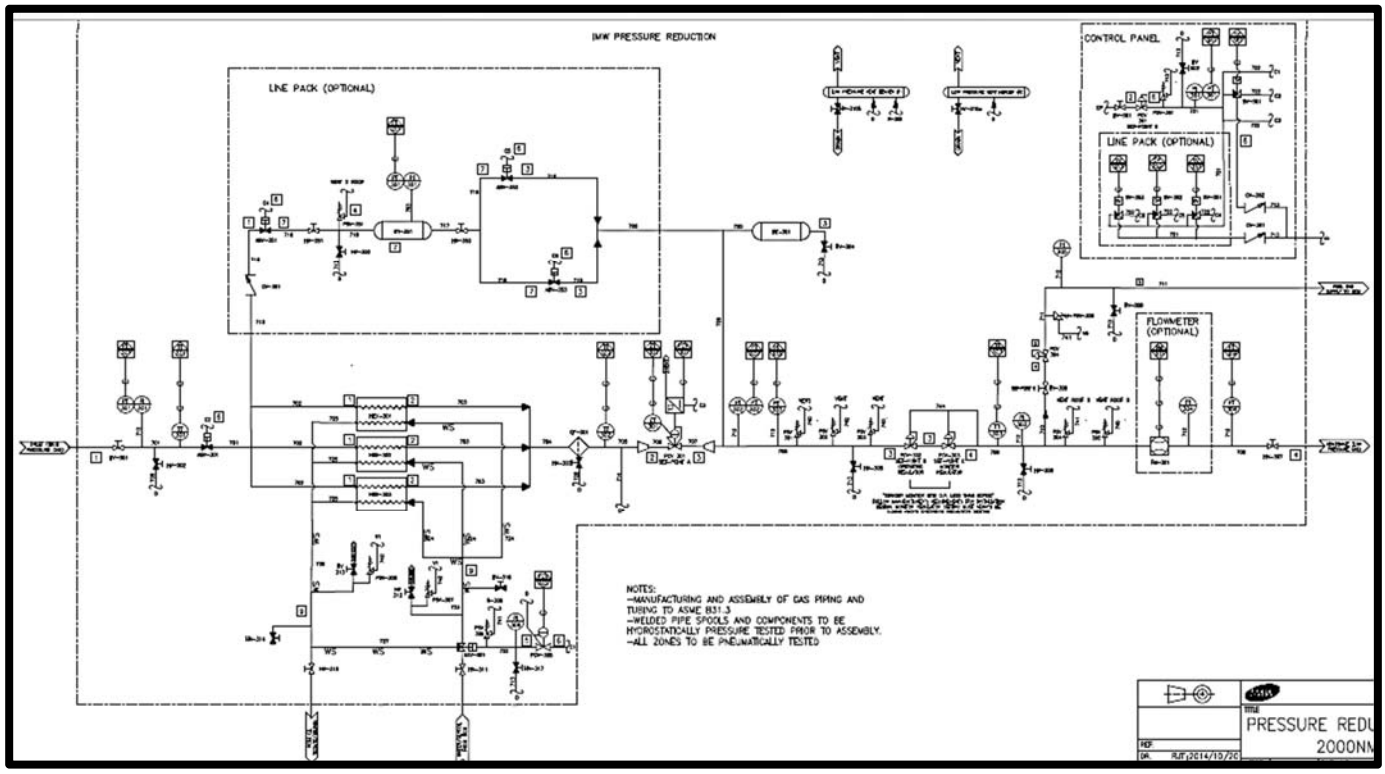


Figura 9. Diagrama de Tuberías e Instrumentación del PRM.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 4. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI).**

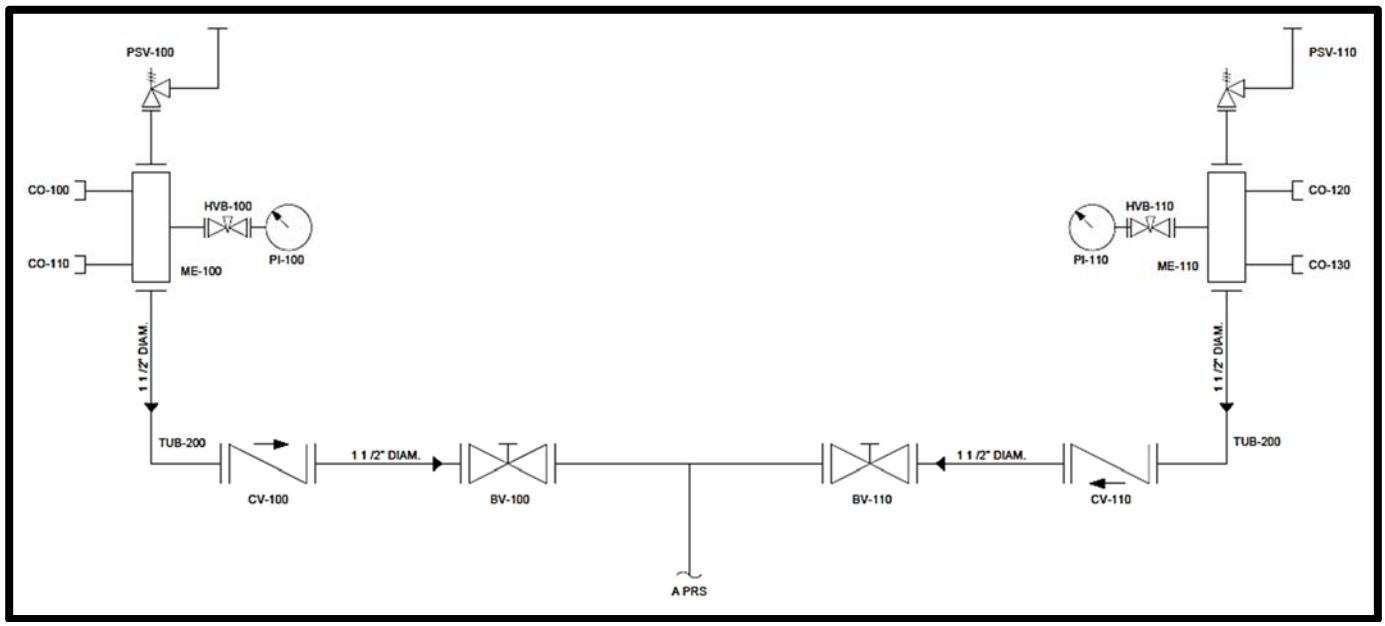


Figura 10. Diagrama de Tuberías e Instrumentación del Panel de Decantación (decanting panel)

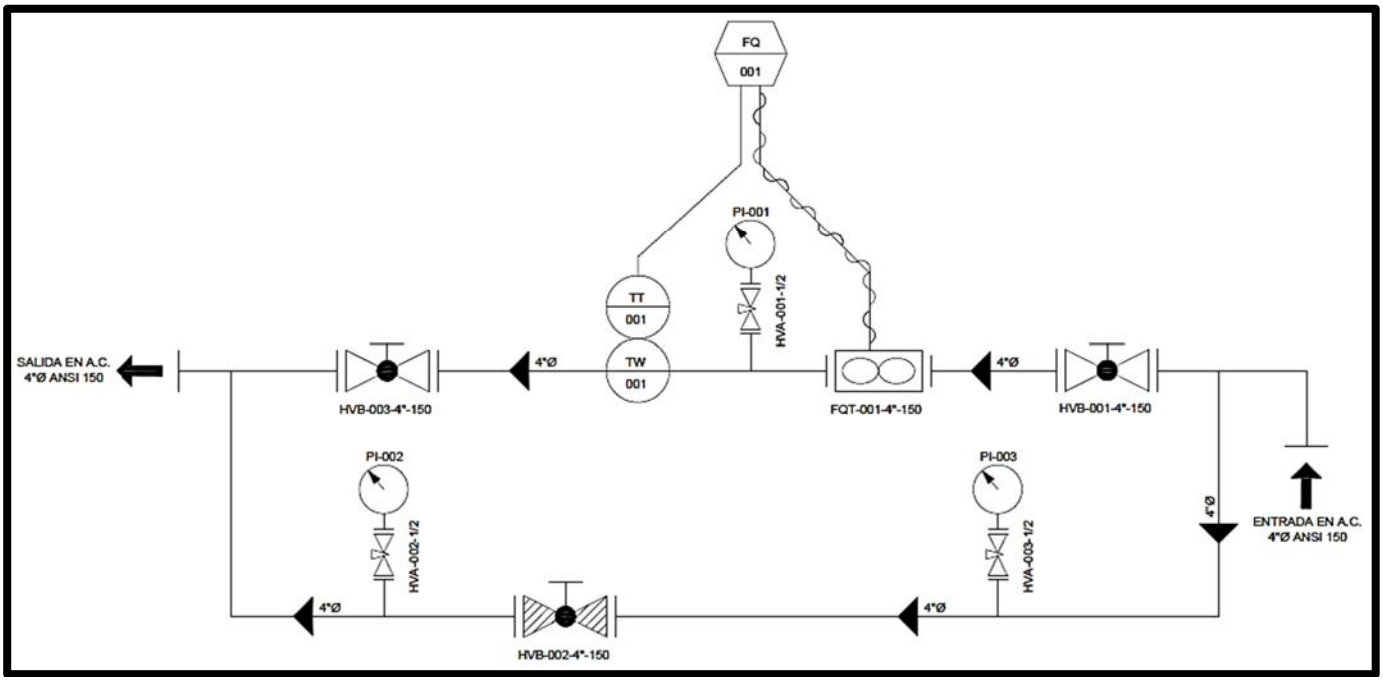


Figura 11. Diagrama de Tuberías e Instrumentación de la EM.

I.3.1. Especificación del cuarto de control.

Todo el proceso desarrollado en la Estación de Compresión será gestionado por un tablero principal de control localizado en el Cuarto de Control, que determina el momento de arranque/inicio de los equipos principales de la Estación, controla las presiones, temperaturas, entre otros. La función es controlar automáticamente todos los parámetros de la Estación de Descompresión. Todos los parámetros que se miden son enviados al cuarto de control para verificar el correcto funcionamiento de equipo.

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, Oficinas y otros puntos, 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 pude ser la 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.

I.3.2. Sistemas de aislamiento.

Como se mencionó anteriormente, todos estos procesos son gestionados por el tablero principal de control localizado en el Cuarto de Control.

Aunado al anterior, la ED-Sonoco contempla para las diferentes áreas y/o equipos con riesgos potenciales de incendio y explosión, sistemas de aislamiento, los cuales se enlistan a continuación:

- Sistema de venteo en el sistema de descompresión, el Modulo de Control de Calentamiento y tanques de almacenamiento del contenedor móvil (camión).
- Sistema de detección de mezclas explosivas en el sistema de descompresión.

Se tienen instalados botones de paro de emergencia en el equipo de descompresión, Oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados, desenergizan los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga, seguido a esto una alarma audible y sonora, la cual indica una situación anormal de operación; posteriormente para su reinicio de operaciones es necesario tener bien identificado donde se suscitó la alarma y que sea corregido el evento que origino el paro de los equipos.

I.4. Análisis y Evaluación de Riesgos.

1.4.1. 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 ocurridos en México y otras partes del mundo, relacionados con explosiones y/o incendios en el manejo de GNC.

1. 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.

2. 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 sean necesarios 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

3. Explosión en estación de gas deja cuatro muertos.

14 de septiembre del 2016 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 las muertes de cuatro personas y heridas 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 este 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, adonde 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.

4. 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

5. 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

6. 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

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 4).**

Tabla 4. 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	16 julio del 2003	Córdoba, Argentina	Estación de Compresión ECGN	Gas natural	Explosión	Viviendas sufrieron algunos daños	La Estación fue clausurada
2	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
3	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
4	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 municipio (240). Suspensión de los servicios de gas
5	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
6	22 de abril del 2015	Emiliano Zapata, Veracruz	Estación de compresión	Gas Natural	Explosión	Suspensión de actividades por una hora	Evacuación de 38 empleados

I.4.2. Metodologías de identificación y jerarquización.

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.

Para la identificación de los riesgos involucrados con los procesos de la Estación de Descompresión, se analizarán las condiciones de operación y de los equipos auxiliares que serán instalados en la estación, para lo cual, se cuenta con los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's), así como las memorias técnico descriptivas del proceso.

En base al análisis de falla, se identifican aquellos puntos vulnerables donde exista mayor probabilidad de riesgo de que ocurra un evento no deseado, los cuales estarán dados principalmente por tuberías de alta y baja presión, filtros, válvulas, medidores de flujo, uniones e interconexiones, los cuales son equipos e instrumentos expuestos a fallas por rotura, por desgaste o por simple defecto de fabricación, además de que el riesgo aumenta si éstos no son conservados debidamente por la efectiva aplicación de un programa de mantenimiento y la supervisión constante de los mismos, sin descartar fallas por el factor humano, vandalismo o actividades antropogénicas.

Aunado a lo anterior, se analizan las situaciones donde la presencia de algún evento no deseado, como una explosión o un incendio en la Estación de Descompresión, puedan afectar a otras instalaciones ya que en caso de ocurrir una fuga de gas natural que entre en contacto con una fuente de ignición, puede llegar a ocasionar un chorro de fuego que afecte a dichas instalaciones, y que por las características de inflamabilidad de la sustancia que en ellas se maneja, el evento pueda desencadenar un evento mayor, con mayores repercusiones a la infraestructura de la zona y daños al medio ambiente (efecto dominó).

Una vez identificados los riesgos presentes en la operación de la Estación de Descompresión, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos relacionados con dichos riesgos, en base a datos históricos ocurridos en condiciones semejantes de operación, así como en base a las recomendaciones de falla del fabricante de los instrumentos de medición, control y regulación, para así determinar cuantitativamente la probabilidad de que ocurran accidentes en los componentes de la estación, mismos que puedan afectar a la población circundante y al medio ambiente, principalmente.

Al definir la probabilidad de ocurrencia de accidentes de una forma analítica y objetiva, aplicando métodos cualitativos y cuantitativos, se determina el análisis de las consecuencias y los resultados que se pueden obtener en caso de ocurrir un evento catastrófico en la operación de la Estación de Descompresión, lo cual se realiza, empleando las metodologías específicas para obtener las consecuencias de los eventos lo más objetivo posible, tal es el caso del Análisis HAZOP, mismos que se describen más adelante.

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.

Hyatt, Nigel. (2004) Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification and Risk Analysis. (1ª. Ed) DYADEM Press

Storch de Gracia, J. M. (1998) Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, evaluación de riesgo y diseño. Volumen 1. (1ª. Ed) España.:McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.

Storch de Gracia, J. M. (1998) Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras,

Cabe mencionar, que todas 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 operación, se seleccionó la metodología HAZOP y así 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.

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.

A. HAZOP.

El método Hazop (**HAZ**ard and **OP**erability "Riesgo y Operabilidad") o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistémico para identificar tanto riesgos como problemas de operatividad, más del 80% de las recomendaciones del estudio son problemas de operatividad y no problemas de riesgo. Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operatividad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El análisis de operación y riesgo HAZOP, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. El análisis HAZOP, es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, siendo así, sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operatividad de una instalación industrial.

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 fallas en la operación de estos, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.
2. 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 esta.
3. En la elaboración del HAZOP se asignan ponderaciones a los parámetros de Probabilidad y Severidad, con lo que, en base a lo establecido en la matriz de riesgos, se determina el Nivel de Riesgo de cada desviación analizada. Con lo anterior, una vez realizado el HAZOP se realiza la Matriz de Riesgo de acuerdo con los resultados de este.
4. Una vez identificadas las desviaciones (fallas) que resultaron de mayor riesgo en el HAZOP, se identificaron y describieron las fallas de mayor riesgo con repercusiones al ambiente.
5. Para el conjunto de fallas Identificadas, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología Árbol de Fallas.

El proceso del HAZOP involucra aplicar de una manera sistemática, todas las combinaciones relevantes de palabras claves a la planta bajo estudio, en un esfuerzo de descubrir los problemas potenciales. Los resultados se registran, en un formato de tabla o matriz con encabezados principales, identificados por palabras guía.

A manera de resumen, en el presente Análisis de Riesgos se emplearon las siguientes metodologías:

a) HAZOP (Software SCRI HAZOP 2.5) para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo con potencial daño de la infraestructura y al medio ambiente.

b) Árbol de Fallas, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer escenarios de simulación.

c) Software SCRI Fuego 2.1, para realizar el análisis de consecuencias acorde a los resultados de simulación.

La información necesaria referente a la Instrumentación de la Estación de Descompresión Sonoco, se obtuvo de los Diagramas de Tubería e Instrumentación elaborados en la fase de Diseño del presente proyecto.

Tabla 5. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) utilizado.

ID del Plano	Título (DTI)
GNC-BCN-TIJ-SON-ED-ASEA-DTI-AM-19-01	DTI de la EM
GNC-BCN-TIJ-SON-ED-ASEA-DTI-19-01	DTI del Panel de Decantación
702401	DTI del Sistema de Descompresión

Para mayor detalle, **Ver Anexo 4. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI).**

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. Se determinaron en base a las etapas del proceso.

2. Registro de 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. Repaso 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, se 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 del 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. Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.

7. 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.

8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.

9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia 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.

10. 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.

A.1 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 5 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación, mismos que se describen a continuación:

Tabla 6. Nodos Seleccionados.

Nodo	Descripción	DTI
1	Tanques de almacenamiento del contenedor móvil	GNC-BCN-TIJ-MEC-DAT-1854_01
2	Panel de Decantación (Manifold de descarga)	GNC-BCN-TIJ-SON-ED-ASEA-DTI-19-01
3	Sistema de Descompresión (PRM/PRS)	702401
4	Módulo de Control de Calentamiento (HCM)	702401
5	Estación de Medición (EM)	GNC-BCN-TIJ-SON-ED-ASEA-DTI-AM-19-01

Ver Anexo 5. Análisis HAZOP, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Es importante mencionar que el número de nodos analizados, se determinó en base a las etapas del proceso del sistema de GNC, considerando sus características propias. Como ya se mencionó, para la selección de nodos se consideró el DTI del proyecto, al igual que la descripción del proceso del proyecto

para establecer los nodos y sus fronteras. De los nodos seleccionados, se tomaron las características, parámetros y variables de operación del proceso para su análisis.

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

- En la Tabla de Severidad: En función del riesgo que se tendría, se selecciona la descripción de la consecuencia que podría ocurrir y se busca el número correspondiente en la parte superior de la tabla.
- En la Tabla de Frecuencia, en función de la frecuencia de la posibilidad de ocurrencia y con el número obtenido de la tabla de Consecuencia, se obtiene la letra correspondiente al grado de riesgo, para Seguridad a la Vida.
- Se repiten los pasos anteriores para daños a las instalaciones, medio ambiente y operativo.
- De las categorías de riesgos obtenidos para la seguridad a la vida, daños a las instalaciones y operativo, se selecciona el menor en el orden alfabético y es el que se utiliza para calificar el grado de riesgo de la medida correctiva de incidente.
- Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de Severidad de acuerdo a lo que indica la **Tabla 5**, así como la Frecuencia de Falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 6**, con la cual, mediante lo establecido en la **Tablas 7 y 8**, se determina el nivel o categoría de Riesgo.

Tabla 7. Categorías de severidad de accidente sugeridas. **(MIL-STD-882D, 2000).**

Valor	Categoría	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
4	Catastrófica.	Puede resultar en muerte, discapacidad total permanente, pérdida excediendo 1.000.000 USD o daño ambiental severo irreversible que viola ley o regulación.	Puede causar muertes	Pérdida del sistema o proceso
3	Crítico	Puede resultar en discapacidad parcial permanente, heridas o enfermedad laboral que resulte en la hospitalización de al menos tres personas del personal, pérdida excediendo los 200.000 USD pero menos de 1.000.000 USD o daño ambiental reversible que viola ley o regulación	Puede causar heridas severas, enfermedad ocupacional severa	Daño mayor a la propiedad o al sistema
2	Marginal	Puede resultar en herida o enfermedad laboral resultando en uno o más días perdidos, pérdida excediendo los 10.000 USD pero menos de 200.000 USD, o daño ambiental mitigable sin lugar a violación de ley o regulación donde actividades de restauración pueden conseguirse.	Puede causar heridas menores, enfermedad ocupacional menor	Daño menor a la propiedad o al sistema
1	Insignificante	Puede resultar en herida o enfermedad sin causar la pérdida de un día de trabajo, pérdida excediendo los 2.000 USD pero menos de 10.000 USD, o daño ambiental mínimo sin lugar a violación de ley o norma.	No es suficientemente serio para causar heridas o enfermedad ocupacional	Mínimo daño a la propiedad o al sistema, puede resultar en mantenimientos o reparaciones fuera de lo programado

Tabla 8. Niveles de probabilidad de accidente sugeridos. **(MIL-STD-882D, 2000).**

Valor	Categoría	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
5	Frecuente	Probable de ocurrir seguido en la vida de un elemento, con una probabilidad mayor que 10^{-1} en ese período de vida.	Se experimenta continuamente	Probable que ocurra frecuentemente
4	Probable	Ocurre varias veces en la vida de un elemento, con una probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-1} pero mayor que 10^{-2} en ese período de vida.	Ocurrirá frecuentemente	Puede ocurrir varias veces en la vida del equipo o proceso
3	Ocasional	Probable de ocurrir a veces en la vida de un elemento, con una probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-2} pero mayor que 10^{-3} en ese período de vida.	Ocurrirá varias veces	Probable que ocurra alguna vez en la vida del equipo o proceso.
2	Remoto	Improbable pero posible de ocurrir durante la vida de un elemento, con una probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-3} pero mayor que 10^{-6} en ese período de vida. Improbable pero es posible que ocurra	Improbable, pero es razonable esperar que ocurra	Improbable pero es posible que ocurra en la vida del equipo o proceso
1	Improbable	Tan improbable que puede asumirse que no se experimentará durante la vida de un elemento, con una probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-6} en ese período de vida.	Improbable de ocurrir, pero posible.	Tan improbable que se asume imposible

Fuente: MIL-STD-882D. 2000. 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.

Tabla 9. Matriz de Riesgos**.**

Frecuencia	Severidad			
	4. Catastrófica	3. Critico	2. Marginal	1. Insignificante
5. Frecuente	D1	D3	C7	B13
4. Probable	D2	D5	C9	B16
3. Ocasional	D4	C6	B11	A18
2. Remoto	C8	B10	B14	A19
1. Improbable	B12	B15	B17	A20

D	Riesgo Inaceptable	B	Aceptable con revisión
C	Riesgo Indeseable	A	Aceptable sin revisión.

Tabla 10. Categorías de riesgo. **(MIL-STD-882D, 2000).**

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

Fuente: MIL-STD-882D. 2000. 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.

Los riesgos no tolerables (serio - alto) se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional, así como los requisitos de las instalaciones, maquinaria, necesidades de capacitación y los controles operacionales para el control de riesgos, de igual manera, se deberá considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

El proceso se dividió en 5 nodos. Los equipos de trabajo se conformaron por especialistas de las áreas de proceso, mantenimiento, y seguridad y protección ambiental.

A continuación, se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los 5 nodos evaluados en el HAZOP, el cual fue determinado después de considerar las salvaguardas:

Tabla 11. Resumen de la Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	Categoría de Riesgo			
				A	B	C	D
1	Sin flujo	1	1.1		B11		
	Presión más baja	1	1.1			C6	
			1.2		B14		
		2	2.1		B14		
			2.2			C6	
	Corrosión	1	1.1		B10		
2	Sin flujo	1	1.1			C6	
		2	2.1	A20			
		3	3.1		B14		
	Menos flujo	1	1.1		B10		
	Presión más baja	1	1.1		B14		
	Presión más alta	1	1.1		B10		
	Temperatura más alta	1	1.1		B10		
3	Sin flujo	1	1.1		B10		
		2	2.1	A18			
		3	3.1		B11		
		4	4.1	A18			
		5	5.1			C6	
	Menos flujo	1	1.1	A19			
		2	2.1		B14		

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	Categoría de Riesgo			
				A	B	C	D
		3	3.1			C6	
	Flujo en reversa	1	1.1		B14		
			1.2			C6	
	Sin Presión	1	1.1		B14		
	Presión más baja	1	1.1		B14		
		2	2.1			C6	
	Presión más alta	1	1.1			C6	
			1.2			C6	
		2	2.1			C6	
			2.2			C6	
	Temperatura más baja	1	1.1		B11		
		2	2.1		B10		
	Temperatura más alta	1	1.1			C6	
			1.2			C6	
	Corrosion	1	1.1		B10		
4	Temperatura más baja	1	1.1		B10		
		2	2.1		B10		
		3	3.1		B10		
			3.2		B10		
		4	4.1		B10		
	Temperatura más alta	1	1.1		B10		
			1.2		B10		
	Sin flujo	1	1.1		B14		
		2	2.1		B10		
		3	3.1		B10		
			3.2		B10		
	Menos flujo	1	1.1		B14		
	Más flujo	1	1.1		B14		
5	Sin flujo	1	1.1		B14		
		2	2.1	A19			
		3	3.1		B14		
	Menos flujo	1	1.1		B14		
		2	2.1			C6	
	Más flujo	1	1.1		B11		
			1.2			C6	
	Corrosión	1			B10		

Tabla 12. Descripción de las Fallas de Mayor Riesgo.

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
1	Sin flujo	Válvula de alivio de presión pegada y	• Fuga de GNC durante el transporte hacia la Estación de Descompresión

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
		abierta después de levantarse	
	Presión más baja	Válvula de alivio de presión abierta por falla	• Fuga de gas con riesgo de incendio o explosión si entra en contacto con una fuente de ignición.
		Desconexión (conector hembra) de una de las mangueras de descarga del panel de decantación	• Fuga de gas con riesgo de incendio o explosión si entra en contacto con una fuente de ignición.
	Corrosión	Daño (Fisura) en alguno de los tanques de GNC causada por falta de aplicación del mantenimiento	• Fuga de gas con riesgo de incendio o explosión si entra en contacto con una fuente de ignición.
2	Sin flujo	Desconexión (conectores) de las líneas (manguera flexible) de descarga del panel de decantación	• Fuga de gas con riesgo de incendio o explosión si entra en contacto con una fuente de ignición.
	Menos flujo	Válvula de alivio de presión (PSV-100) pegada abierta después de levantarse	• Liberación de gas natural a la atmósfera y con posibilidad de incendio si entra en contacto inmediatamente con una fuente de ignición.
3	Sin flujo	Válvula de control de presión (PCV-301,302 o 301) cerrada debido a falla de control o instrumentación	• Sobrepresión en las líneas y accesorios corriente arriba de la válvula de control • Posible liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión.
	Menos flujo	Válvula de control de presión (PCV-301, 302 o 301) semi-cerrada debido a falla de control o instrumentación	• Sobrepresión en las líneas corriente arriba de la válvula de control • Sobrepresión de la válvula ABV-301 • Posible liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión.
		Línea rota corriente arriba por terceros o personal operativo	• Posible liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión..
	Presión más baja	Falla en los sellos mecánicos del sistema de descompresión	• Posible liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión.

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
	Presión más alta	Fuego en la cercanía (Externo a la Estación)	• Sobrepresión en las líneas de conducción del Gas Natural y del equipo en general. • Fallas en la integridad estructural de las bridas conexiones y/o accesorios del equipo de descompresión • Liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión.
		Falsa señal del transmisor de presión (PT 301) dentro del equipo	• Sobrepresión en la línea de entrada del equipo, ocasionando fallas en la integridad estructural de las bridas conexiones y/o accesorios del equipo de descompresión. • Posible liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión
		Operador fija la temperatura demasiado alta en el calentador (HCM)	• Sobrepresión en las líneas de conducción gas natural, ocasionando fallas mecánicas en el sistema • Posible liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión.
4	No se encontraron fallas de mayor riesgo ya que es un equipo auxiliar del sistema de descompresión, el cual maneja una mezcla de agua – glicol, sin embargo, la falla de este puede llegar a repercutir en el óptimo funcionamiento del equipo de descompresión y representar un riesgo considerable. **Ver filas anteriores del Nodo 3.**		
5	Menos flujo	Rotura en la línea de entrada de la EM por terceras personas	• Liberación (fuga) de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión.
	Más flujo	Alta presión de entrada (descontrol corriente arriba)	• Fallas en la integridad estructural de las bridas, conexiones y/o accesorios del sistema de tuberías que integran la estación de medición. • Fuga de gas con riesgo de incendio o explosión si entra en contacto con una fuente de ignición.
	Corrosión	Descargas de energía estática (presencia de corrientes parasitas) provocada por el flujo y la fricción del gas.	• -Presencia de fisuras en los ductos de entrada a la EM. • Posible liberación de gas natural que al entrar en contacto con una fuente de ignición, se puede presentar un caso de incendio y/o explosión.

Debido a que en los resultados de la anterior Matriz de Riesgos de los 5 nodos, existen fallas de nivel **C** y **B** (de acuerdo a los resultados del HAZOP), a partir de dichos resultados la determinación de los escenarios de simulación se hace compleja, por lo que se decidió aplicar métodos más específicos en el proceso de jerarquización de riesgos; de modo que en un primer momento se recurrió a la técnica del juicio de expertos, la cual, consta de un filtro en el que se descartaron aquellas fallas o desviaciones identificadas en el HAZOP que no repercuten significativamente en el ambiente, es decir, que no

desencadenan una fuga de gas con repercusiones de fuego o explosión, por lo que a partir de dicho filtro, se determinaron los escenarios de simulación.

Para mayor detalle, **Anexo 5. Análisis HAZOP.**

B. ÁRBOL DE FALLAS.

Análisis Cuantitativo de Riesgo.

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir 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.

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 terminal, 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 13:**

Tabla 13. 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 falla 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 la **Figura 12** se plasma el árbol de falla en operación y mantenimiento.

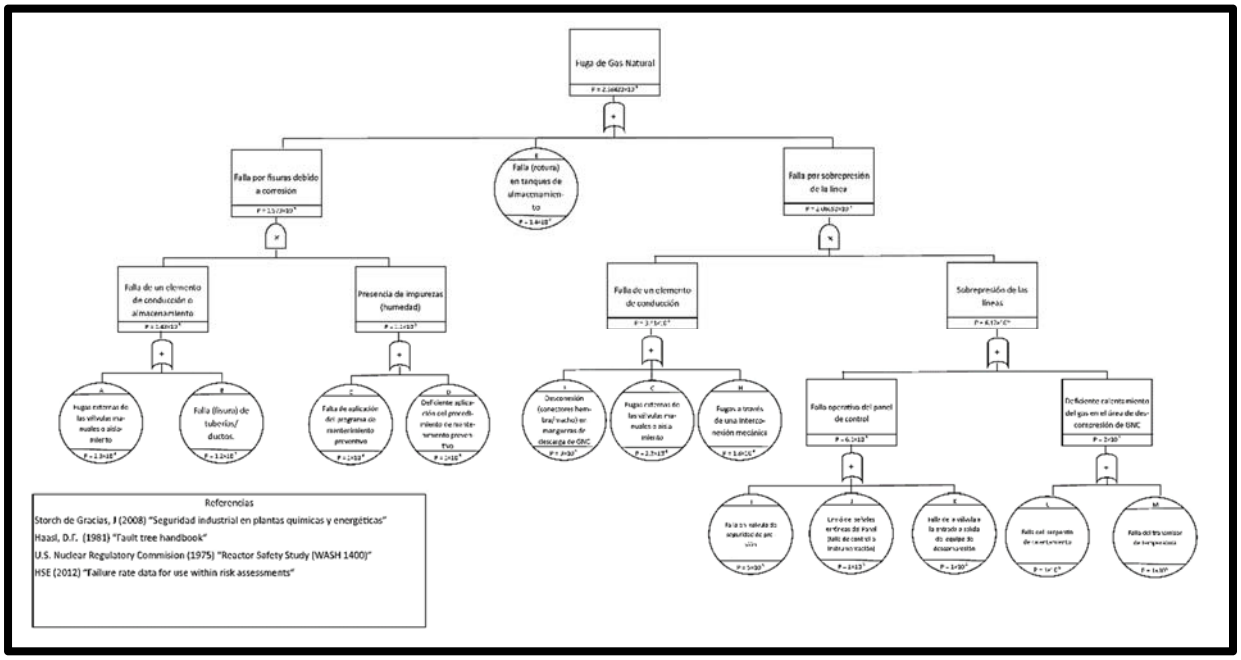


Figura 12. Árbol de falla en Operación y Mantenimiento.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 6. Árbol de Falla.**

Tabla 14. Valor de Probabilidad de Frecuencia de Fallas.

Nodo	Evento Básico	Probabilidad de falla
A	Fugas externas de las válvulas manuales o aislamiento	2.3×10^{-4}
B	Falla (fisura) de tuberías/ductos	1.2×10^{-3}
C	Falta de aplicación del programa de mantenimiento preventivo	1.0×10^{-3}

Nodo	Evento Básico	Probabilidad de falla
D	Deficiente aplicación del procedimiento de mantenimiento preventivo	1.0×10^{-4}
E	Falla (rotura) en tanques de almacenamiento (contenedor móvil)	1.4×10^{-6}
F	Desconexión (conectores hembra/macho) en mangueras de descarga de GNC.	3.0×10^{-3}
G	Fugas externas de las válvulas manuales o aislamiento	2.3×10^{-4}
H	Fugas a través de una interconexión mecánica	1.8×10^{-4}
I	Falla en válvula de seguridad de presión	5.0×10^{-3}
J	Envió de señales erróneas del Panel (falla de control o instrumentación)	1.0×10^{-3}
K	Falla de la válvula a la salida de los compresores	1.0×10^{-4}
L	Falla del ventilador de enfriamiento	1.0×10^{-5}
M	Falla del transmisor de temperatura	1.0×10^{-5}

Storch de Gracias, J (2008) "Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas"
Haasl, D.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"
Arthur D. Little, Inc (1996) - Faultrease
N.H. Roberts, University of Washington
D.F. Institute of System Sciences,Inc.

De acuerdo a las probabilidades de falla resultantes en la tabla anterior de la metodología cuantitativa, junto a la metodología cualitativa, se propusieron los escenarios de riesgo para determinar los radios de afectación y realizar el análisis de consecuencias, lo anterior, en base al criterio del experto y la experiencia del equipo evaluador. Para dichos escenarios de riesgo, se establecieron los casos más probables y los peores casos (Catastrófico) en los que se puede considerar un evento de incendio y/o explosión originados por distintas fallas.

A continuación, se indican los escenarios de riesgo:

Tabla 15. Descripción de escenarios.

No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación
1	E1.1	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1") en una de las mangueras del panel de descarga, a causa de la rotura de la mismas debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de descarga de GNC, en las coordenadas geográficas 32°30'6.91"N, 116°55'50.13"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.	1 y 2	Área de descarga de GNC
2	E1.2	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1") en una de las mangueras del panel de descarga, a causa de la rotura de la mismas debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de formarse una nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de descarga de GNC, en las	1 y 2	Área de descarga de GNC

No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación
		coordenadas geográficas 32°30'6.91"N, 116°55'50.13"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.		
3	E2.1	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en contacto inmediatamente con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.	3 y 4	Área de descompresión
4	E2.2	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de la formación de la nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.	3 y 4	Área de descompresión
5	E2.3	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en contacto inmediatamente con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.	3 y 4	Área de descompresión
6	E2.4	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de la formación de la nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.	3 y 4	Área de descompresión
7	E3.1	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 4") en la válvula de esfera (HVB-001-4"-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la fricción ejercida por el gas natural, la cual entra en contacto inmediatamente con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de medición (EM), en las coordenadas geográficas 32°30'6.81"N, 116°55'50.28"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.	5	Área de Medición (EM)

No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación
8	E3.2	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 4”) en la válvula de esfera (HVB-001-4”-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la fricción ejercida por el gas natural, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de la formación de la nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de medición (EM), en las coordenadas geográficas 32°30'6.81"N, 116°55'50.28"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.	5	Área de Medición (EM)

INDICE

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES. 2

II.1. Radios Potenciales de Afectación. 2

II.1.1. Descripción de Escenarios. 6

II.1.2. Representación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento. 11

II.2. Interacciones de Riesgo. 19

II.3. Efectos Sobre el Sistema Ambiental. 32

TABLAS

Tabla 1. Efectos de la radiación calórica incidente. 4

Tabla 2. Estimado de daños por sobrepresión en explosiones. 5

Tabla 3. Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet fire. 32

Tabla 4. Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión. 33

FIGURAS

Figura 1. Escenario 1.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco. 12

Figura 2. Escenario 1.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco. 13

Figura 3. Escenario 2.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco. 14

Figura 4. Escenario 2.2 Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco. 15

Figura 5. Escenario 2.3. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco. 16

Figura 6. Escenario 2.4. Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco. 17

Figura 7. Escenario 3.1. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco. 18

Figura 8. Escenario 3.2 Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco. 19

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES.

II.1. Radios Potenciales de Afectación.

Justificación de los modelos matemáticos para la simulación.

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa promovente del presente proyecto, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen la "Estación de Descompresión Sonoco" (ED-Sonoco). En todo el sistema existen una serie de uniones, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas la emisión del gas natural a la atmósfera es inmediata.

Una fuga procedente de las tuberías, equipos y accesorios, deriva en el traslado de una masa de gas a través de la atmósfera en forma de una nube limitada geométricamente o de una pluma gaseosa, con un punto de escape y una masa extendida en la dirección del viento y con la distribución de distintas concentraciones en su interior.

Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión. El grado de dilución depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI fuego Versión 2.1, 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. Para las actividades de operación y mantenimiento del sistema para descompresión de Gas Natural, se han identificado 5 Escenarios de riesgo potencial, los cuales involucran eventos por incendio que a su vez podrían desencadenar una explosión.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego (Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones) en la Versión 2.1, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora fugas y derrames de sustancias, así como daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si se inicia con la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.

El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).

Modelación de Incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9,5 kW/m^2 y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m^2 de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros del gas natural:

- Peso molecular.
- Gravedad específica.
- Temperatura.
- Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de los mismos, se utilizan los criterios dados por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades riesgosas del Instituto Nacional de Ecología.

Cabe señalar que, para cada una de las simulaciones desarrolladas, se consideraron algunos datos en el programa de Simulación matemática (simulador de consecuencias), entre ellos se encuentran:

a. Condiciones climáticas.
b. Dimensiones del equipo o tubería.
c. Propiedades de la sustancia.
d. Diámetros de fuga o ruptura considerados.
e. Tiempos de duración de la fuga.
f. Condiciones de operación, entre otros.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los parámetros que se indican a continuación:

	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (Concentración)	IDLH (ppm)	$TLV_{(8\ h,\ TWA)}$ o $TLV_{(15\ min\ STEL)\ (ppm)}$
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 KW/m^2	1.4 KW/m^2
Explosividad (Sobrepresión)	1.0 lb/in^2 (0.070 kg/cm^2)	0.5 lb/in^2 (0.035 kg/cm^2)

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en la ED-Sonoco y su efecto en las inmediaciones de la instalación y en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias 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.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente.
- Dispersión.
- Efecto.

Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m^2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m^2 durante sólo 0,4 segundos antes de que sienta dolor.

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 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 prensado. 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 INTERVENCIÖN: 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 segundos.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede	-

(KW/m^2)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
	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 (psig)	Daño esperado
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.
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 de leves a serias debido a laceraciones de la piel por pedazos volantes de vidrio y otros misiles.

Sobrepresión (psig)	Daño esperado
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.
2.4 - 12.2	Rango de 1 a 90% de rotura de tímpanos entre las personas expuestas.
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.
14.5 - 29.0	Rango de 1 a 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.
300	Formación de cráter.

Baker, W.E; Explosion Hazards and Evaluation

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

II.1.1. Descripción de Escenarios.

A continuación, se presenta un resumen de la memoria de cálculo donde se determinan los criterios técnicos considerados para determinar cada uno de los datos alimentados al simulador, los tiempos de duración de la descarga y los diámetros del orificio considerados.

Derivado de las simulaciones se describen los resultados para cada escenario de riesgo simulado, así como los datos para los radios de la zona de alto riesgo y la zona de amortiguamiento obtenidos en cada uno de ellos. **(**Para mayor detalle, **Ver anexo 7. Resultados de Simulaciones)**.

Escenario No. 1.1				
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1”) en una de las mangueras del panel de descarga, a causa de la rotura de la mismas debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de descarga de GNC, en las coordenadas geográficas 32°30'6.91"N, 116°55'50.13"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.			
Consideraciones operativas			**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	En el Área de descarga de GNC		**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de	-15 °C		**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr

operación:	(258.15 °K)			
Presión en el punto de fuga:	24821.00 kPa		**Precipitación:**	244 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1'' (0.0254 m)		**Humedad relativa:**	81%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un Jet Fire.
- La tasa de emisión de masa es de: 14.45 kg/s (calculado por el software SCRI).
- Para la formación del Jet Fire se considera una fuente de ignición inmediatamente, con un tiempo de respuesta de los sistemas de control a los 60 segundos de haberse generado el evento.
- La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 248.21 Bar.
- La Altura de la base de la flama es de 1 m.

RESULTADOS	
JET FIRE	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m^2):	40.68 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	75.02 m

Escenario No. 1.2	
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1") en una de las mangueras del panel de descarga, a causa de la rotura de la mismas debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de formarse una nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de descarga de GNC, en las coordenadas geográficas 32°30'6.91"N, 116°55'50.13"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.

Consideraciones operativas			**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	En el Área de descarga de GNC		**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de operación:	-15 °C (258.15 °K)		**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr
Presión en el punto de fuga:	248.21 bar (24821.00 kPa)		**Precipitación:**	244 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1'' (0.0254 m)		**Humedad relativa:**	81%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario solo se considera la determinación de la concentración de la nube de gas natural y la explosión de la misma.
- La nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de haberse formado, tiene una masa de: 867.00 kg (ver cálculo debajo). Lo anterior considerando que es el tiempo en que los sistemas de detección de mezclas explosivas entran en operación.
- La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 248.21 Bar.

RESULTADOS	
Nube Explosiva	
Zona de Alto Riesgo (1 psi)	117.85 m
Zona de Amortiguamiento (0.5 psi)	200.33 m

Cálculo de la masa de la nube explosiva a los 60 segundos:

$$m = \dot{m}t \quad \rightarrow \quad m = \left(14.45 \ \frac{kg}{s}\right)(60 \ s) = 867.00 \ kg$$

Escenario No. 2.1	
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en

	contacto inmediatamente con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.

Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	En el Área de descompresión	**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de operación:	40 °C (313.15 °K)	**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr
Presión en el punto de fuga:	248.21 bar (24821.00 kPa)	**Precipitación:**	244 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1.5'' (0.0381 m)	**Humedad relativa:**	81%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un Jet Fire.
- La tasa de emisión de masa es de: 29.53 kg/s (calculado por el software SCRI).
- Para la formación del Jet Fire se considera una fuente de ignición inmediatamente, con un tiempo de respuesta de los sistemas de control a los 60 segundos de haberse generado el evento.
- La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 248.21 Bar.
- La Altura de la base de la flama es de 1 m.

RESULTADOS	
JET FIRE	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	105.60 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	57.27 m

Escenario No. 2.2	
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 100%, Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de la formación de la nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.

Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	En el Área de descompresión	**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de operación:	40 °C (313.15 °K)	**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr
Presión en el punto de fuga:	248.21 bar (24821.00 kPa)	**Precipitación:**	244 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1.5'' (0.0381 m)	**Humedad relativa:**	81%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario solo se considera la determinación de la concentración de la nube de gas natural y la explosión de la misma.
- La nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de haberse formado, tiene una masa de: 1,771.80 kg (ver cálculo debajo). Lo anterior considerando que es el tiempo en que los sistemas de detección de mezclas explosivas entran en operación.
- La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 248.21 Bar.

RESULTADOS	
Nube Explosiva	
Zona de Alto Riesgo (1 psi)	254.22 m
Zona de Amortiguamiento (0.5 psi)	149.56 m

Cálculo de la masa de la nube explosiva a los 60 segundos:

$$m = \dot{m}t \quad \rightarrow \quad m = \left(29.53\ \frac{kg}{s}\right)(60\ s) = 1{,}771.80\ kg$$

Escenario No. 2.3				
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en contacto inmediatamente con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.			
Consideraciones operativas			**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	En el Área de descompresión		**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de operación:	40 °C (313.15 °K)		**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr
Presión en el punto de fuga:	248.21 bar (24821.00 kPa)		**Precipitación:**	244 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	0.3'' (0.00762 m)		**Humedad relativa:**	81%
Consideraciones para simulaciones: ▪ Para el presente Escenario se considera la simulación de un Jet Fire. ▪ La tasa de emisión de masa es de: 1.18 kg/s (calculado por el software SCRI). ▪ Para la formación del Jet Fire se considera una fuente de ignición inmediatamente, con un tiempo de respuesta de los sistemas de control a los 60 segundos de haberse generado el evento. ▪ La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 248.21 Bar. ▪ La Altura de la base de la flama es de 1 m.				
RESULTADOS				
JET FIRE				
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m^2):	12.19 m			
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	22.59 m			

Escenario No. 2.4				
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 1.5") en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de la formación de la nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de descompresión, en las coordenadas geográficas 32°30'6.84"N, 116°55'50.09"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.			
Consideraciones operativas			**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	En el Área de descompresión		**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de operación:	40 °C (313.15 °K)		**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr
Presión en el punto de fuga:	248.21 bar (24821.00 kPa)		**Precipitación:**	244 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	0.3'' (0.00762 m)		**Humedad relativa:**	81%
Consideraciones para simulaciones: ▪ Para el presente Escenario solo se considera la determinación de la concentración de la nube de gas natural y la explosión de la misma. ▪ La nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de haberse				

formado, tiene una masa de: 70.80 kg (ver cálculo debajo). Lo anterior considerando que es el tiempo en que los sistemas de detección de mezclas explosivas entran en operación. ▪ La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 248.21 Bar.

RESULTADOS	
Nube Explosiva	
Zona de Alto Riesgo (1 psi)	51.13 m
Zona de Amortiguamiento (0.5 psi)	86.91 m

Cálculo de la masa de la nube explosiva a los 60 segundos:

$$m = \dot{m}t \quad \rightarrow \quad m = \left(1.18\ \frac{kg}{s}\right)(60\ s) = 70.80\ kg$$

Escenario No. 3.1				
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 4") en la válvula de esfera (HVB-001-4"-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la fricción ejercida por el gas natural, la cual entra en contacto inmediatamente con una fuente de ignición, causando un Jet Fire en el área de medición (EM), en las coordenadas 32°30'6.81"N, 116°55'50.28"O, con un tiempo de respuesta de 60 segundos.			
Consideraciones operativas			**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	En el Área de Medición (EM)		**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de operación:	25 °C (298.15 °K)		**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr
Presión en el punto de fuga:	4 bar (400 kPa)		**Precipitación:**	244 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	0.8'' (0.02032 m)		**Humedad relativa:**	81%
Consideraciones para simulaciones: ▪ Para el presente Escenario se considera la simulación de un Jet Fire. ▪ La tasa de emisión de masa es de: 0.14 kg/s (calculado por el software SCRI). ▪ Para la formación del Jet Fire se considera una fuente de ignición inmediatamente, con un tiempo de respuesta de los sistemas de control a los 60 segundos de haberse generado el evento. ▪ La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 4 Bar. ▪ La Altura de la base de la flama es de 1 m.				
RESULTADOS				
JET FIRE				
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	7.49 m			
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	3.10 m			

Escenario No. 3.2				
Descripción:	Fuga de Gas Natural (rotura equivalente al 20% de Ø 4") en la válvula de esfera (HVB-001-4"-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la fricción ejercida por el gas natural, la cual entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de la formación de la nube explosiva, causando una explosión (sobrepresión) en el área de medición (EM), en las coordenadas 32°30'6.81"N, 116°55'50.28"O. Tiempo de respuesta de 60 segundos.			
Consideraciones operativas			**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	En el Área de Medición (EM)		**Temperatura ambiente:**	22.2 °C
Temperatura de operación:	25 °C (298.15 °K)		**Velocidad del viento:**	5.74 Km/hr
Presión en el punto de fuga:	4 bar (400 kPa)		**Precipitación:**	244 mm (anual)

Diámetro considerado para simulación:	0.8'' (0.02032 m)		**Humedad relativa:**	81%
Consideraciones para simulaciones: ▪ Para el presente Escenario solo se considera la determinación de la concentración de la nube de gas natural y la explosión de la misma. ▪ La nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición a los 60 segundos de haberse formado, tiene una masa de: 8.40 kg (ver cálculo debajo). Lo anterior considerando que es el tiempo en que los sistemas de detección de mezclas explosivas entran en operación. ▪ La presión del gas almacenado en el punto de fuga es de 4 Bar				
RESULTADOS				
Nube Explosiva				
Zona de Alto Riesgo (1 psi)	25.12 m			
Zona de Amortiguamiento (0.5 psi)	42.71 m			

Cálculo de la masa de la nube explosiva a los 60 segundos:

$$m = \dot{m}t \quad \rightarrow \quad m = \left(0.14\ \frac{kg}{s}\right)(60\ s) = 8.40\ kg$$

II.1.2. Representación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento.

En las imágenes siguientes pueden observarse que las Zonas de Alto Riesgo (ZAR) están representadas con el color verde y las Zonas de Amortiguamiento (ZA) con el color azul, 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 a 10 lb/in^2, de igual manera se muestran las distancias de afectación en cada uno de los escenarios. **(**Para mayor detalle, **Ver Anexo 8. Radios de Afectación)**.

Figura 1. Escenario 1.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco.

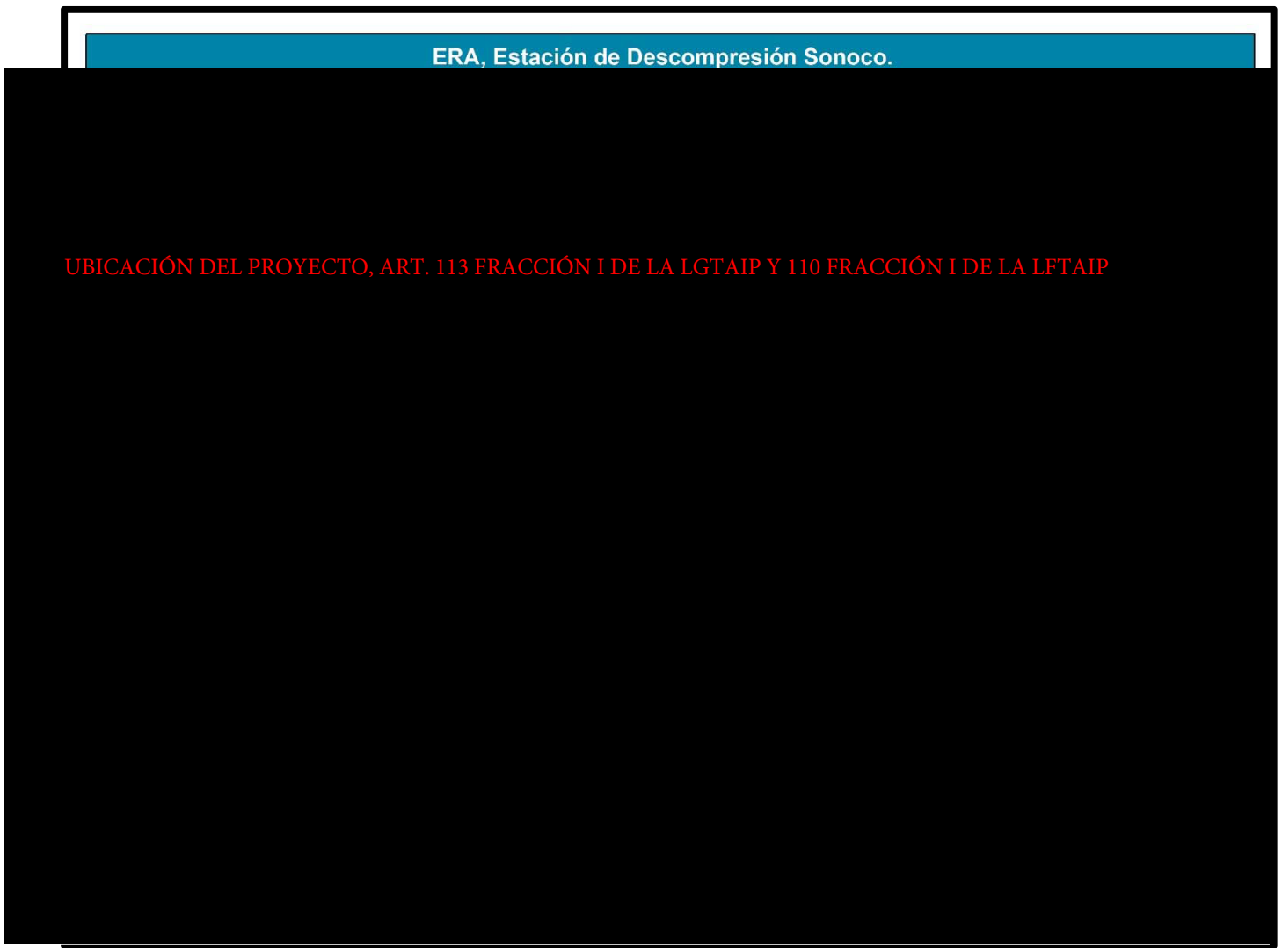


Figura 2. Escenario 1.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco.

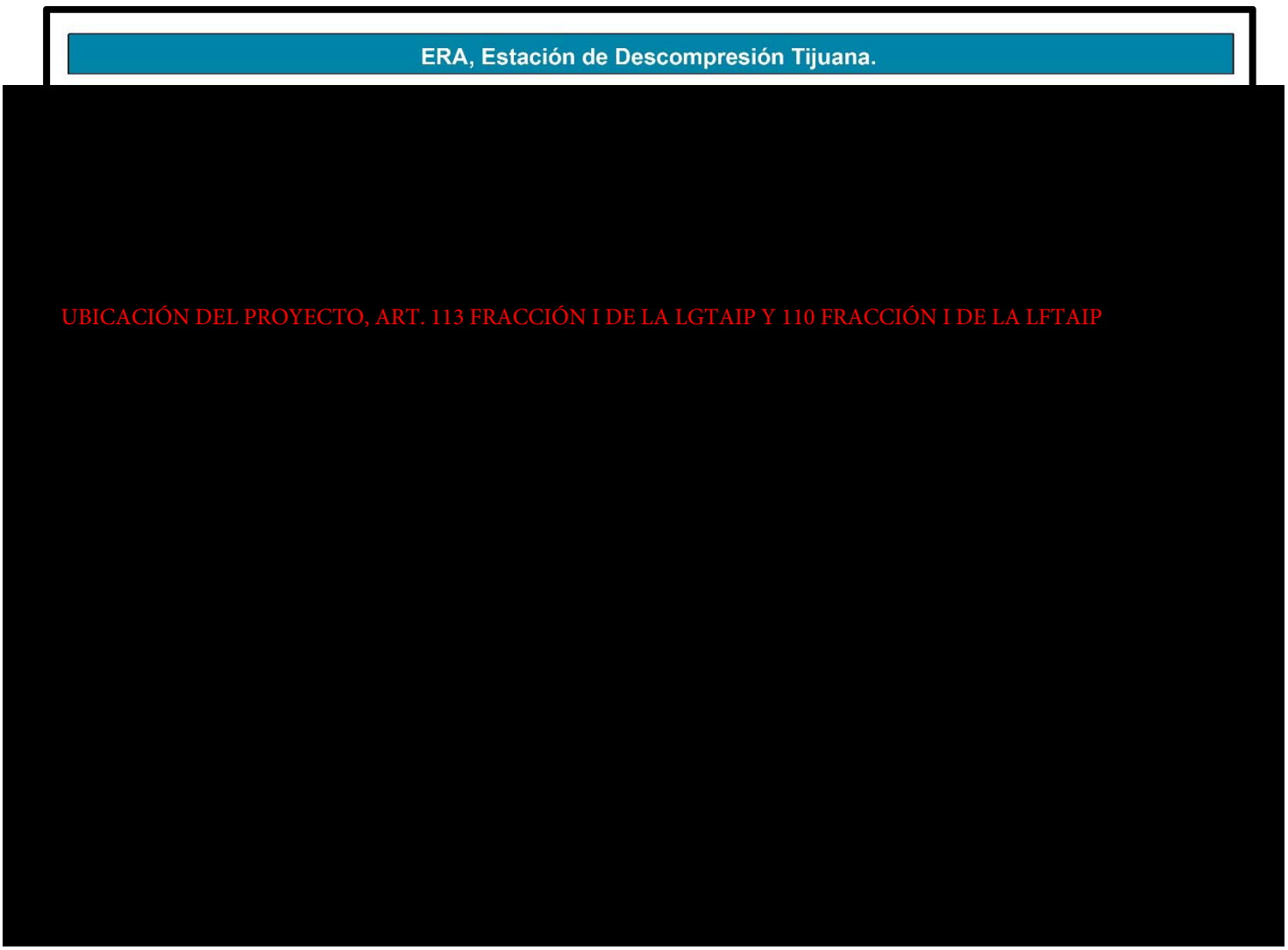


Figura 3. Escenario 2.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco.

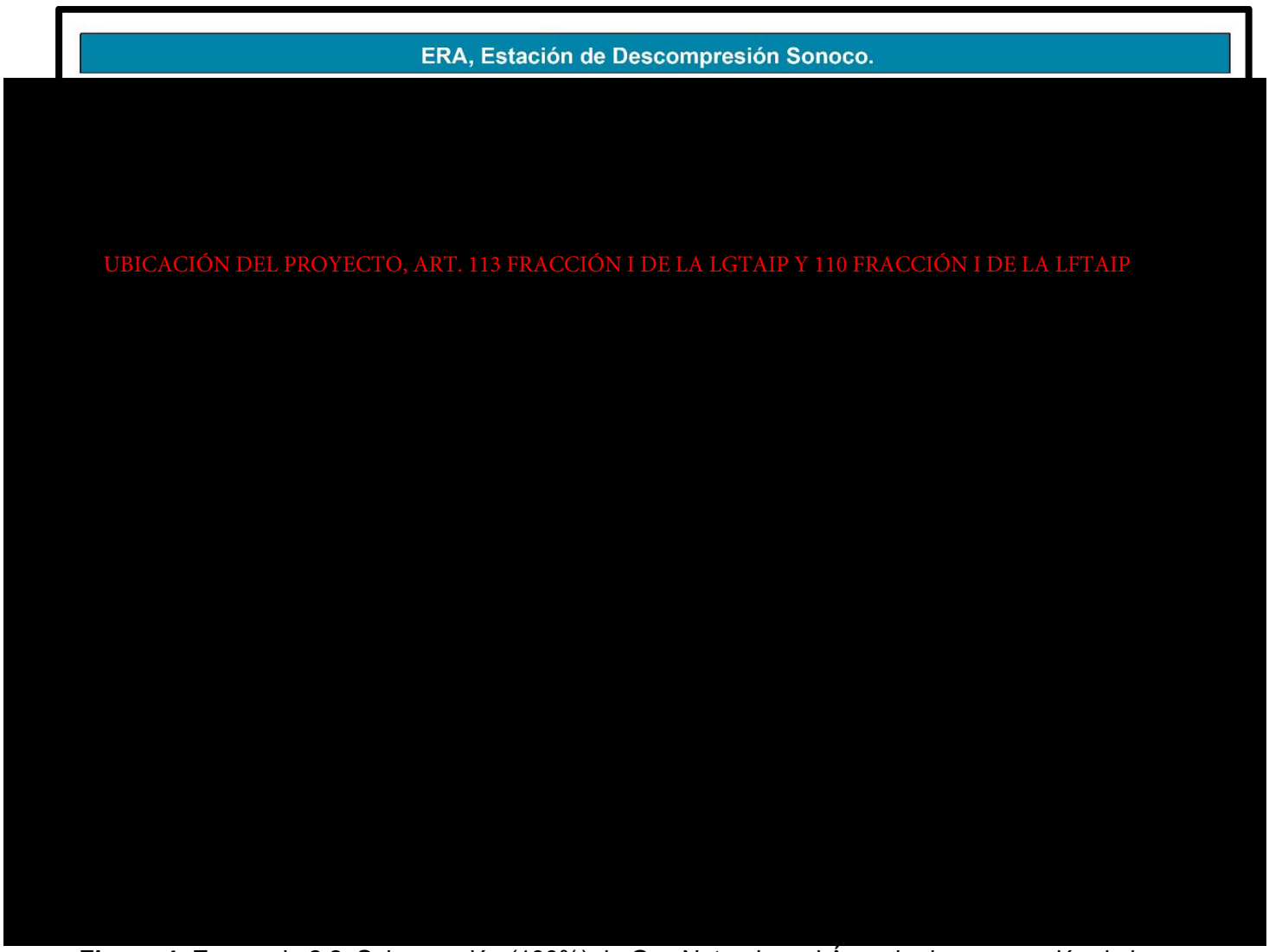


Figura 4. Escenario 2.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco.

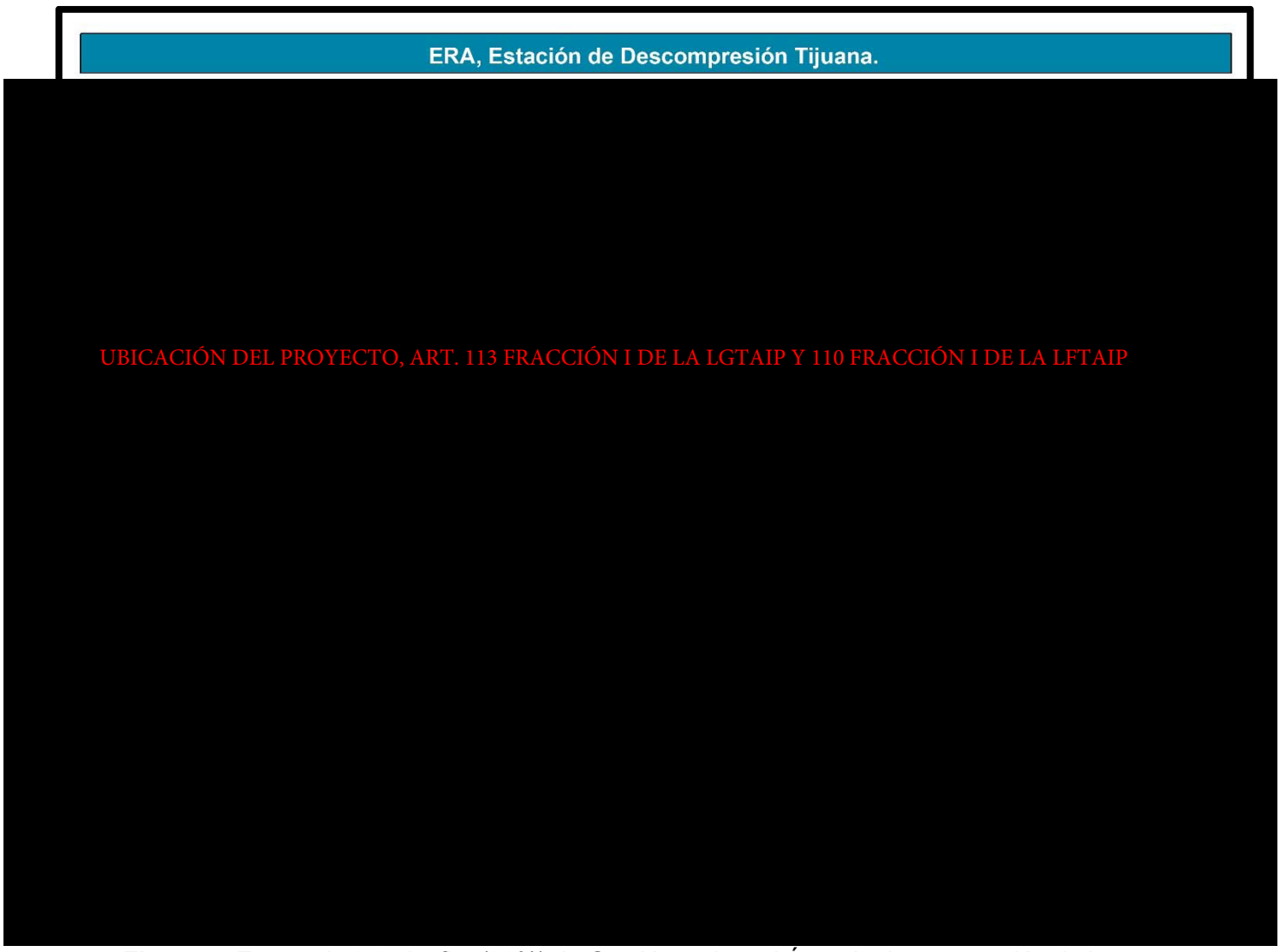


Figura 5. Escenario 2.3. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco.

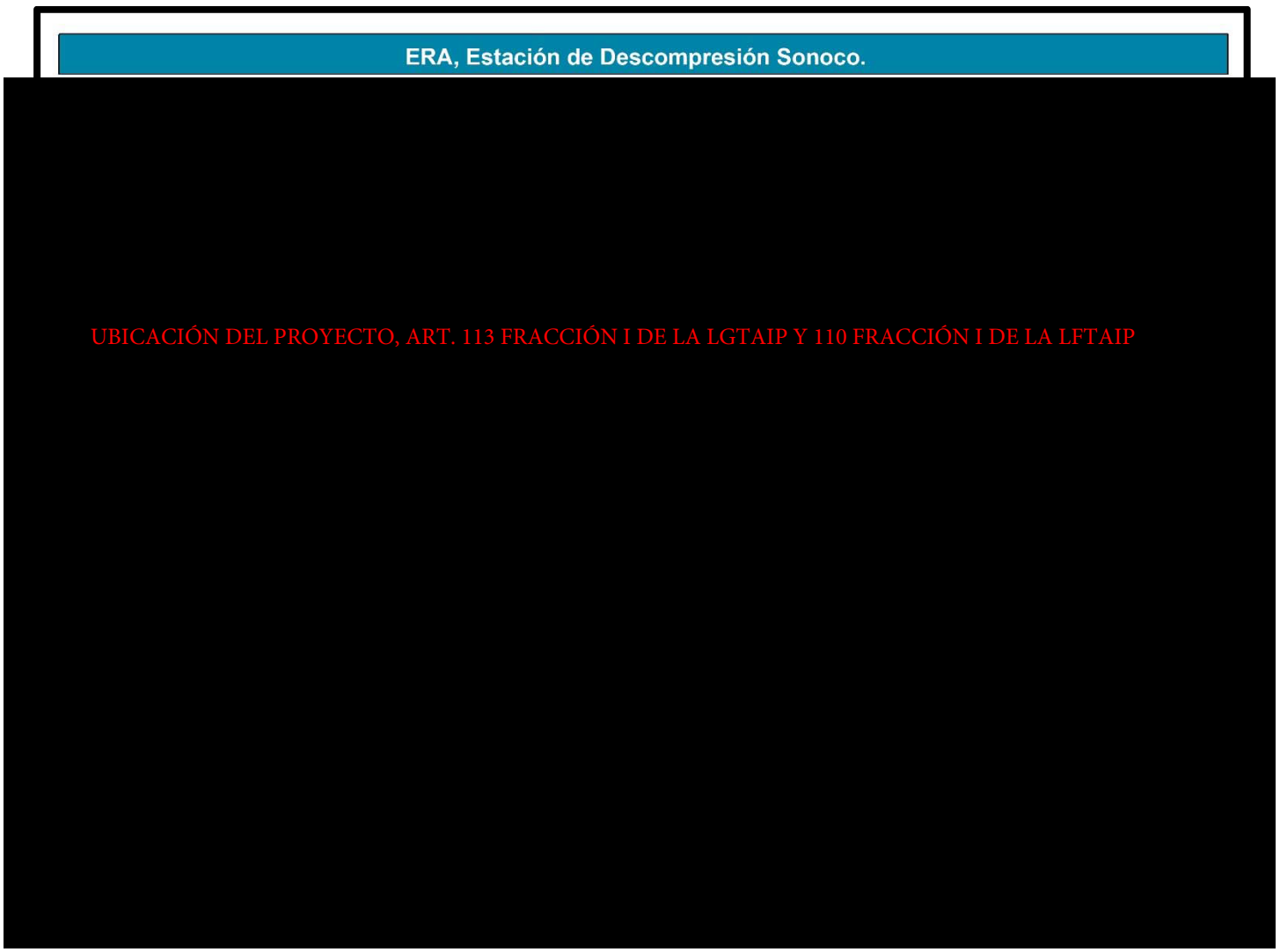


Figura 6. Escenario 2.4. Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco.

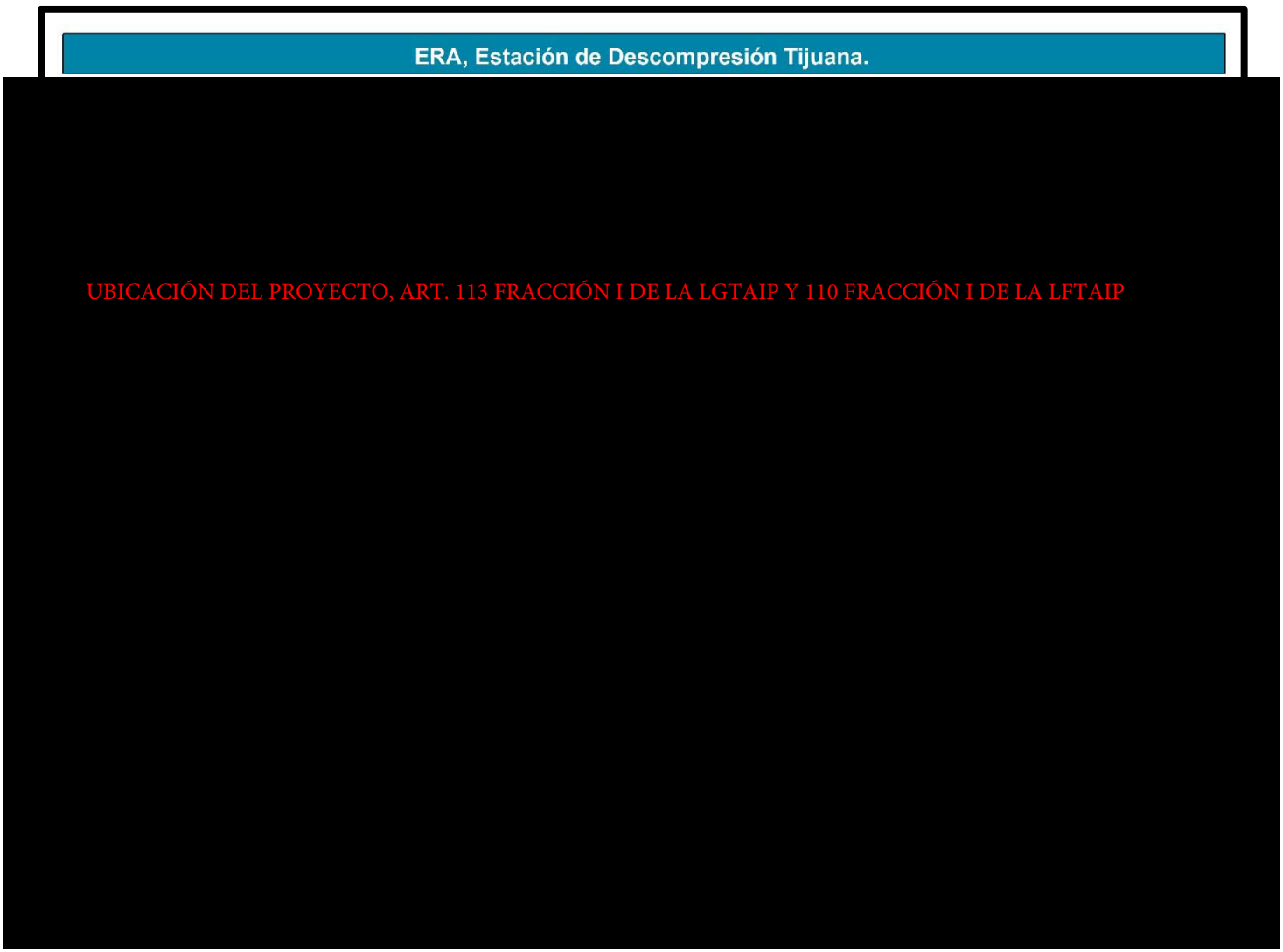


Figura 7. Escenario 3.1. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco.

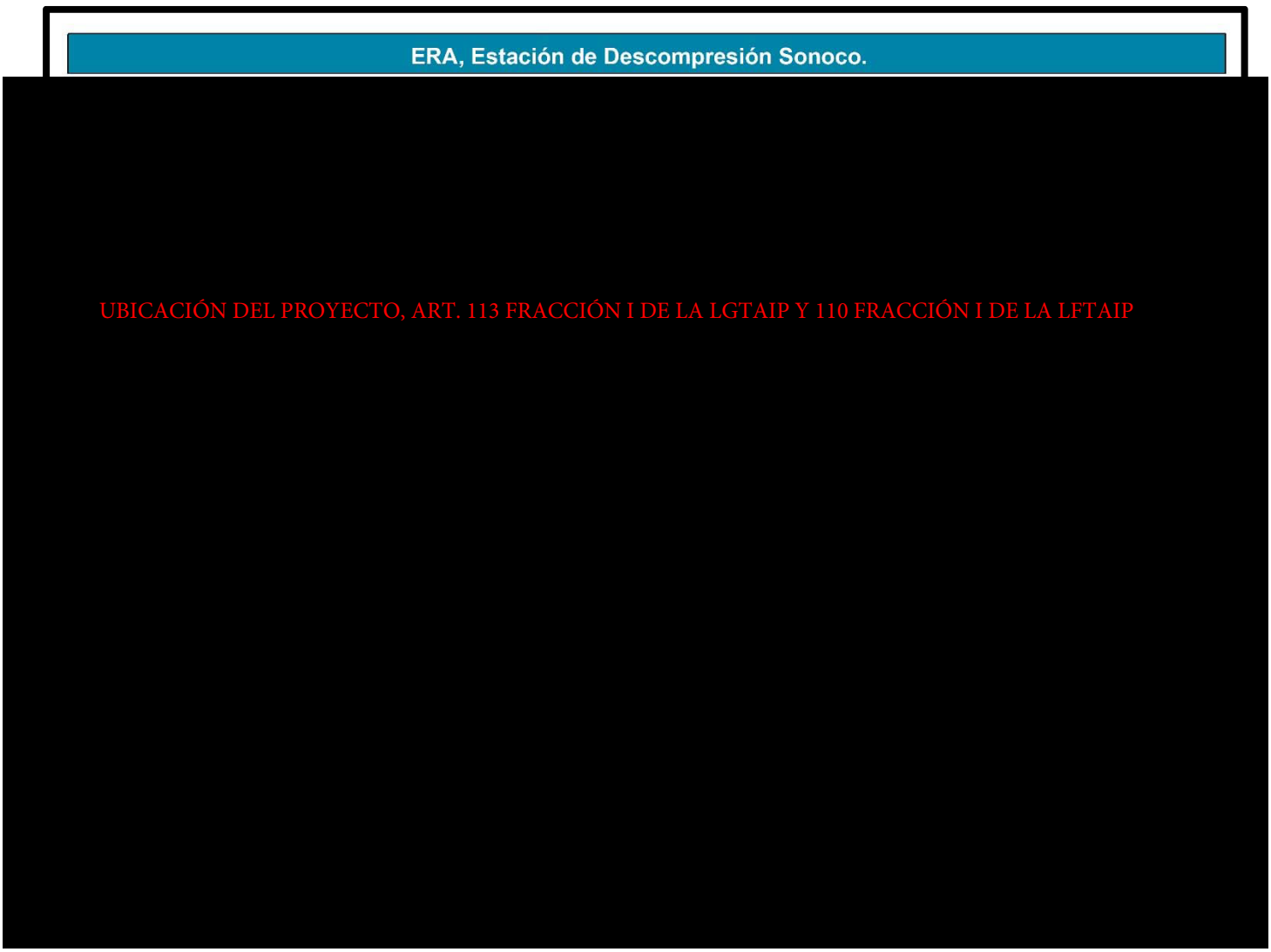


Figura 8. Escenario 3.2. Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco.

II.2. Interacciones de Riesgo.

Para cada escenario de riesgo simulado se realiza un análisis y evaluación de posibles interacciones, en el probable caso de que estos se lleguen a presentar, considerando las áreas de interés, instalaciones, población, personal, ductos, cruzamientos, que se encuentren dentro de las zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, donde se consideró la probabilidad de ocurrencia de un efecto dominó, se describe detalladamente las posibles afectaciones a los receptores de riesgo (personas, población, medio ambiente, instalaciones, etc.).

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, se consideran los programas de mantenimiento, e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicarán una vez que se ponga en marcha el proyecto.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI fuego, 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.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 1.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de radiación para la Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento obtenidos para el presente evento, causarán daños al personal, la población o el ambiente de acuerdo a los siguientes datos: • A 37 kW/m^2. 100% de mortalidad en 1 minuto. • A 25 kW/m^2. 1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos. • A 12,5 kW/m^2. Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado. Es más que conveniente, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos. • A 9,5 kW/m^2. Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos. • A 8 kW/m^2. 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. **Personal y Población:** La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana, dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma, por lo que, en un radio de hasta 15.1 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. A partir de los 30 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzaran 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 40.6 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. Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 75 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:** Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna área natural protegida cercana, al igual que ningún cuerpo de agua que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación y debido a que carece de esta en los límites de las instalaciones del área de descarga de GNC, las afectaciones prácticamente serán nulas, por lo que no puede resultar con daños debido a los efectos de la radiación causada por el evento (jet fire). **Producción/Instalación:**	• PLC de proceso. • Indicadores de presión. • Botones de paro de emergencia. • Sistema de venteos (Válvula de seguridad de presión). • Sistema contra incendios.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 1.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco	
Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de radiación para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: • A 11,7 kW/m^2. El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica. • A 12,5 kW/m^2. Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama Ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. • A 25 kW/m^2. El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama daños severos a equipos de instrumentación. • A 37,5 kW/m^2. Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras. • A 40 kW/m^2. Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado, destrucción de equipos y tanques. • A 60 kW/m^2. Máxima radiación tolerable por el cemento. • A 200 kW/m^2. Debilitamiento del hormigón armado. 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 de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 14 m, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos, además de que alcanzara los equipos adyacentes a este y el incendio consecutivo de los equipos provocando un efecto dominó. A 26 m recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que los equipos de instrumentación del panel de decantación (descarga de GNC), sistema de descompresión, el sistema de calentamiento, y la EM, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo, se encuentran instalaciones pertenecientes a la instalación industrial donde se ubicara la Estación, misma que puede presentar perdida de su integridad estructural debido al evento generado.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 1.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de sobrepresión obtenidos para el presente evento, causarán daños en personas, la población o ambiente de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 0,3 psi. 95% de probabilidad de no sufrir daños importantes en personas. ▪ A 2,3 psi. Umbral (1%) de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 12,5 psi. 90% probabilidad de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 14,3 psi. Umbral (1%) de probabilidad de muertes por hemorragia	• PLC de proceso. • Indicadores de presión. • Botones de paro de emergencia. • Sistema de venteos (Válvula de seguridad de presión).

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 1.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco	
pulmonar. ▪ A 25,16 psi. 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar. **<u>Personal y población:</u>** La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma. La afectación a las personas que se encuentre dentro de un radio de 5.3 m de distancia donde se tendrán 300 psi, será la muerte instantánea y a partir de 17 m se tiene el 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 21 m del evento las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos. 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). **<u>Ambiente:</u>** La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el tipo de suelo, ya que, con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra hasta una distancia de 5.3 m. **<u>Producción/Instalación:</u>** Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de sobrepresión para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 3 psi. Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado. ▪ A 4,0 psi. Ruptura de recubrimientos ▪ A 5,0 psi. Postes de madera arrancados. ▪ A 7,0 psi. Volcadura de carros de ferrocarril con carga. ▪ A 9,0 psi. Demolición de contenedores de ferrocarril con carga. ▪ A 10,0 psi. Posible destrucción total de edificios. ▪ A 14,5 - 29,0 psi. Rango de 1 a 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido. ▪ A 300 psi. Formación de cráter. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 5.3 m ya que se tendrá la formación de un cráter en el suelo y por ende la desaparición total de los equipos o instalaciones asociadas. A 25.3 m donde se reciben 10 psi será inminente la posible destrucción total de edificios, además, a un radio de 30.65 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos aledaños por la sobrepresión ejercida, así como volcadura de vehículos que se encuentren en el área cuando ocurra el evento. A partir de los 51 m y los límites de la Zona de Alto Riesgo (117.85 m) se encuentran las instalaciones y equipos auxiliares de la Estación,	• Sistema contra incendios.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 1.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descarga de GNC de la Estación de Descompresión Sonoco	
así como gran proporción (50 %) de la instalación industrial perteneciente al predio donde estará ubicada la Estación, las cuales 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). 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 casas e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de radiación para la Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento obtenidos para el presente evento, causarán daños al personal, la población o el ambiente de acuerdo a los siguientes datos: • A 37 kW/m^2. 100% de mortalidad en 1 minuto. • A 25 kW/m^2. 1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos. • A 12,5 kW/m^2. Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado. Es más que conveniente, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos. • A 9,5 kW/m^2. Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos. • A 8 kW/m^2. 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. **<u>Personal y Población:</u>** La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana, dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma, por lo que, en un radio de hasta 21.3 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. A partir de los 40 m donde se tendrán 10 kW/m^2 aproximadamente de radiación, las personas alcanzaran 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 57.2 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. Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 105.6 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la	• Indicadores de presión y temperatura. • Válvula con actuador neumático. • Paro automático del equipo por detección de gas. • Alarma por paro del compresor. • Protección interna del equipo por baja presión. • Panel de Control. • Sistema de Venteo. • Detectores de gas/mezclas explosivas. • Sistema de tierras físicas y pararrayos. • Sistema contra incendios.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.1. Jet fire (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
exposición prolongada. **Ambiente:** Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna área natural protegida cercana, al igual que ningún cuerpo de agua que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación y debido a que carece de esta en los límites de las instalaciones del área de descompresión, las afectaciones prácticamente serán nulas, por lo que no puede resultar con daños debido a los efectos de la radiación causada por el evento (jet fire). **Producción/Instalación:** Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de radiación para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: • A 11,7 kW/m^2. El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica. • A 12,5 kW/m^2. Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama Ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. • A 25 kW/m^2. El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama daños severos a equipos de instrumentación. • A 37,5 kW/m^2. Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras. • A 40 kW/m^2. Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado, destrucción de equipos y tanques. • A 60 kW/m^2. Máxima radiación tolerable por el cemento. • A 200 kW/m^2. Debilitamiento del hormigón armado. 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 de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 19 m, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos, además de que alcanzara los equipos adyacentes a este y el incendio consecutivo de los equipos provocando un efecto dominó. A 36 m recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que los equipos de instrumentación del panel de decantación (descarga de GNC), sistema de descompresión, el sistema de calentamiento, y la EM, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo, se encuentran instalaciones pertenecientes a la instalación industrial donde se ubicara la Estación, misma que puede presentar perdida de su integridad estructural debido al evento generado.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de sobrepresión obtenidos para el presente evento, causarán daños en personas, la población o ambiente de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 0,3 psi. 95% de probabilidad de no sufrir daños importantes en personas. ▪ A 2,3 psi. Umbral (1%) de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 12,5 psi. 90% probabilidad de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 14,3 psi. Umbral (1%) de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar. ▪ A 25,16 psi. 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar. **<u>Personal y población:</u>** La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana, dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma. La afectación a las personas que se encuentre dentro de un radio de 6.7 m de distancia donde se tendrán 300 psi, el daño a la población será la muerte instantánea y a partir de 20 m se tiene el 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 27.5 m del evento las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos. 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. **<u>Ambiente:</u>** La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el tipo de suelo, ya que, con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra hasta una distancia de 6.7 m. **<u>Producción/Instalación:</u>** Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de sobrepresión para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 3 psi. Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado. ▪ A 4,0 psi. Ruptura de recubrimientos ▪ A 5,0 psi. Postes de madera arrancados. ▪ A 7,0 psi. Volcadura de carros de ferrocarril con carga. ▪ A 9,0 psi. Demolición de contenedores de ferrocarril con carga. ▪ A 10,0 psi. Posible destrucción total de edificios. ▪ A 14,5 - 29,0 psi. Rango de 1 a 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido. ▪ A 300 psi. Formación de cráter. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 6.7 m ya que se tendrá la formación de un cráter en el suelo y por ende la desaparición total de los equipos o instalaciones asociadas. A 32 m donde se	• Indicadores de presión y temperatura. • Válvula con actuador neumático. • Paro automático del equipo por detección de gas. • Alarma por paro del compresor. • Protección interna del equipo por baja presión. • Panel de Control. • Sistema de Venteo. • Detectores de gas/mezclas explosivas. • Sistema de tierras físicas y pararrayos. • Sistema contra incendios.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.2. Sobrepresión (100%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
reciben 10 psi será inminente la posible destrucción total de edificaciones, además, a un radio de 38.8 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos aledaños por la sobrepresión ejercida, así como volcadura de vehículos que se encuentren en el área cuando ocurra el evento. A partir de los 65.5 m y los límites de la Zona de Alto Riesgo (149.5 m) se encuentran las instalaciones y equipos auxiliares de la Estación, así como gran proporción (80 %) de la instalación industrial perteneciente al predio donde estará ubicada la Estación y casas habitacionales al Oeste de la Estación, las cuales 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). 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 casas e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.3. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de radiación para la Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento obtenidos para el presente evento, causarán daños al personal, la población o el ambiente de acuerdo a los siguientes datos: • A 37 kW/m^2. 100% de mortalidad en 1 minuto. • A 25 kW/m^2. 1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos. • A 12,5 kW/m^2. Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado. Es más que conveniente, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos. • A 9,5 kW/m^2. Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos. • A 8 kW/m^2. 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. **<u>Personal y Población:</u>** La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana, dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma, por lo que, en un radio de hasta 4.5 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. A partir de los 8.5 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 e de radiación, las personas alcanzaran el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8	• Indicadores de presión y temperatura. • Válvula con actuador neumático. • Paro automático del equipo por detección de gas. • Alarma por paro del compresor. • Protección interna del equipo por baja presión. • Panel de Control. • Sistema de Venteo. • Detectores de gas/mezclas explosivas. • Sistema de tierras físicas y pararrayos. • Sistema contra incendios.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.3. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
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 12.19 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. Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 22.5 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:** Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna área natural protegida cercana, al igual que ningún cuerpo de agua que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación y debido a que carece de esta en los límites de las instalaciones del área de descompresión, las afectaciones prácticamente serán nulas, por lo que no puede resultar con daños debido a los efectos de la radiación causada por el evento (jet fire). **Producción/Instalación:** Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de radiación para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: • A 11,7 kW/m^2. El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica. • A 12,5 kW/m^2. Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama Ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. • A 25 kW/m^2. El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama daños severos a equipos de instrumentación. • A 37,5 kW/m^2. Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras. • A 40 kW/m^2. Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado, destrucción de equipos y tanques. • A 60 kW/m^2. Máxima radiación tolerable por el cemento. • A 200 kW/m^2. Debilitamiento del hormigón armado. 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 de la Estación que se encuentren dentro de un radio de 4 m, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos, además de que alcanzara los equipos adyacentes a este y el incendio consecutivo de los equipos provocando un efecto dominó. A 7.7 m recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que los equipos de instrumentación del panel de decantación (descarga de GNC), sistema de descompresión y el sistema de calentamiento, sufran severos daños por la radiación emitida.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.3. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
En los límites de la Zona de Alto Riesgo, se encuentran instalaciones pertenecientes a la instalación industrial donde se ubicara la Estación, misma que puede presentar perdida de su integridad estructural debido al evento generado.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.4. Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de sobrepresión obtenidos para el presente evento, causarán daños en personas, la población o ambiente de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 0,3 psi. 95% de probabilidad de no sufrir daños importantes en personas. ▪ A 2,3 psi. Umbral (1%) de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 12,5 psi. 90% probabilidad de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 14,3 psi. Umbral (1%) de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar. ▪ A 25,16 psi. 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar. **<u>Personal y población:</u>** La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana, dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma. La afectación a las personas que se encuentre dentro de un radio de 2.3 m de distancia donde se tendrán 300 psi, el daño a la población será la muerte instantánea y a partir de 6 m se tiene el 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 9.2 m del evento las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos. 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. **<u>Ambiente:</u>** La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el tipo de suelo, ya que, con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra hasta una distancia de 2.3 m. **<u>Producción/Instalación:</u>** Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de sobrepresión para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 3 psi. Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado. ▪ A 4,0 psi. Ruptura de recubrimientos	• Indicadores de presión y temperatura. • Válvula con actuador neumático. • Paro automático del equipo por detección de gas. • Alarma por paro del compresor. • Protección interna del equipo por baja presión. • Panel de Control. • Sistema de Venteo. • Detectores de gas/mezclas explosivas. • Sistema de tierras físicas y pararrayos. • Sistema contra incendios.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 2.4. Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de descompresión de la Estación de Descompresión Sonoco	
▪ A 5,0 psi. Postes de madera arrancados. ▪ A 7,0 psi. Volcadura de carros de ferrocarril con carga. ▪ A 9,0 psi. Demolición de contenedores de ferrocarril con carga. ▪ A 10,0 psi. Posible destrucción total de edificios. ▪ A 14,5 - 29,0 psi. Rango de 1 a 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido. ▪ A 300 psi. Formación de cráter. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 2.3 m ya que se tendrá la formación de un cráter en el suelo y por ende la desaparición total del equipo o equipos auxiliares como el HCM. A 11 m donde se reciben 10 psi será inminente la posible destrucción total de edificaciones, además, a un radio de 13.3 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos aledaños por la sobrepresión ejercida, así como volcadura de vehículos que se encuentren en el área cuando ocurra el evento. A partir de los 22.4 m y los límites de la Zona de Alto Riesgo (51 m) se encuentran las instalaciones y equipos auxiliares de la Estación, así como gran proporción (80 %) de la instalación industrial perteneciente al predio donde estará ubicada la Estación, las cuales 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). 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 casas e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 3.1. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de radiación para la Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento obtenidos para el presente evento, causarán daños al personal, la población o el ambiente de acuerdo a los siguientes datos: • A 37 kW/m^2. 100% de mortalidad en 1 minuto. • A 25 kW/m^2. 1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos. • A 12,5 kW/m^2. Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado. Es más que conveniente, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos. • A 9,5 kW/m^2. Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos. • A 8 kW/m^2. 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. **<u>Personal y Población:</u>**	• Indicadores de presión y temperatura. • Válvulas con actuador neumático. • Computadora de flujo. • Medidor. • By pass. • Sistema contra incendios. • Sistema de tierras físicas y pararrayos.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 3.1. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco	
La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana, dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma, por lo que las personas que se encuentren inmediatas al punto donde se genere el evento, las consecuencias posiblemente sean fatales, o incluso, las personas alcanzaran el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 a una distancia de 1.5 m del jet fire, se entra al umbral de letalidad en un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 3.1 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. Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 7.4 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:** Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna área natural protegida cercana, al igual que ningún cuerpo de agua que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación y debido a que carece de esta en los límites de las instalaciones del área de medición, las afectaciones prácticamente serán nulas, por lo que no puede resultar con daños debido a los efectos de la radiación causada por el evento (jet fire). **Producción/Instalación:** Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de radiación para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: • A 11,7 kW/m^2. El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica. • A 12,5 kW/m^2. Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama Ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. • A 25 kW/m^2. El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama daños severos a equipos de instrumentación. • A 37,5 kW/m^2. Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras. • A 40 kW/m^2. Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado, destrucción de equipos y tanques. • A 60 kW/m^2. Máxima radiación tolerable por el cemento. • A 200 kW/m^2. Debilitamiento del hormigón armado. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente a los	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 3.1. Jet fire (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco	
equipos de instrumentación de la Estación de Medición y sufrirá severos daños por la radiación alcanzada (aprox. 10 kW/m^2). En los límites de la Zona de Alto Riesgo no se alcanzan instalaciones o equipos principales de la Estación de Descompresión.	

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 3.2. Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco	
Los niveles de sobrepresión obtenidos para el presente evento, causarán daños en personas, la población o ambiente de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 0,3 psi. 95% de probabilidad de no sufrir daños importantes en personas. ▪ A 2,3 psi. Umbral (1%) de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 12,5 psi. 90% probabilidad de rotura de tímpanos en personas. ▪ A 14,3 psi. Umbral (1%) de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar. ▪ A 25,16 psi. 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar. **<u>Personal y población:</u>** La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que la instalación se encuentra dentro de la mancha urbana, dentro del predio de una instalación industrial, además de que durante la operación de la Estación se encontrara personal operativo de la misma. La afectación a las personas que se encuentre dentro de un radio de 1.1 m de distancia donde se tendrán 300 psi, el daño a la población será la muerte instantánea y a partir de 3.5 m se tiene el 90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 4.5 m del evento las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos. 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. **<u>Ambiente:</u>** La afectación que sufrirá el medio ambiente será principalmente sobre el tipo de suelo, ya que, con 300 psi, son suficientes para formar un cráter en la tierra hasta una distancia de 1.1 m. **<u>Producción/Instalación:</u>** Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. Los niveles de sobrepresión para la Zona de Alto Riesgo obtenidos para el presente evento, causarán daños en infraestructura de acuerdo a los siguientes datos: ▪ A 3 psi. Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado. ▪ A 4,0 psi. Ruptura de recubrimientos	• Indicadores de presión y temperatura. • Válvulas con actuador neumático. • Computadora de flujo. • Medidor. • By pass. • Sistema contra incendios. • Sistema de tierras físicas y pararrayos.

Efectos sobre la población, infraestructura y/o ambiente existente en la Zona de Alto Riesgo y Zona de Amortiguamiento	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
Escenario 3.2. Sobrepresión (20%) de Gas Natural en el Área de medición (EM) de la Estación de Descompresión Sonoco	
▪ A 5,0 psi. Postes de madera arrancados. ▪ A 7,0 psi. Volcadura de carros de ferrocarril con carga. ▪ A 9,0 psi. Demolición de contenedores de ferrocarril con carga. ▪ A 10,0 psi. Posible destrucción total de edificios. ▪ A 14,5 - 29,0 psi. Rango de 1 a 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido. ▪ A 300 psi. Formación de cráter. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 1.1 m ya que se tendrá la formación de un cráter en el suelo y por ende la desaparición total del equipo. A 5.5 m donde se reciben 10 psi será inminente la posible destrucción total de edificaciones o alguna instalación colindante, además, a un radio de 6.5 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos de descompresión y panel de decantación aledaños por la sobrepresión ejercida cuando ocurra el evento. A partir de los 11 m y los límites de la Zona de Alto Riesgo (25 m) se encuentran las instalaciones y equipos auxiliares de la Estación, así como cierta proporción (10 %) de la instalación industrial pertenecientes al predio donde estará ubicada la Estación, las cuales 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). 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 casas e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.	

II.3. Efectos Sobre el Sistema Ambiental.

A continuación, se presentan los efectos en el Sistema Ambiental producto de la generación de un incendio o explosión, de acuerdo a las características planteadas en cada escenario de simulación **(Ver Tablas 3 y 4)**:

Tabla 3. Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet fire.

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	**Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)**
Clima: El tipo de clima existente en el Sistema Ambiental es Árido, Templado - BSks. Un evento de las características planteadas que desencadene un incendio producto de la fuga de Gas Natural, no causará ninguna modificación en las condiciones del clima existente. Si bien, se generarán emisiones producto de la combustión de materiales que en su momento se encuentren en contacto con el jet fire, éstas no serán significativas y no causarán variaciones en las condiciones micro climáticas de la zona, ya que, además, la atención por parte del personal encargado de la supervisión de la Estación será expedita y consistirá principalmente en el cierre de válvulas de aislamiento.	**Ninguno**

Geología y Geomorfología: La zona donde se ubicará el proyecto, es caracterizada por presentar una topoforma de Meseta (meseta compleja con lomeríos), su altitud varía entre los 50 y 100 msnm, el área muestra un litología de tipo sedimentaria, por lo anterior, en caso de generarse un jet fire producto de la fuga de gas natural, no se presentarán afectaciones significativas derivadas del contacto con la radiación del incendio.	**Reparable**
Suelos: La Edafología existente en el Sistema Ambiental del proyecto, es una mezcla de diferentes tipos, entre los que se encuentran Vertisol crómico + Fluvisol eútrico + Regosol eútrico, mismos en los que la generación de un jet fire no producirá cambios de ningún tipo en dicho suelo presente.	**Ninguno**
Hidrología superficial y subterránea: El Sistema Ambiental incidirá en la Cuenca Río Tijuana, Subcuenca Río Tijuana. También incidirá en el Acuífero Tijuana (0201), sin embargo la generación de un jet fire no producirá afectaciones.	**Ninguno**
Aspectos Bióticos	
Vegetación terrestre: La generación de un incendio dentro del Sistema Ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados casi nulos para la vegetación, ya que el área en que se planea desarrollar el proyecto atraviesa zonas urbanas principalmente (Zona industrial) y sobre terrenos donde los individuos vegetales (hierbas y arbustos), no son de importancia ecológica y su presencia es casi nula.	**Reparable**
Fauna: Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse un jet fire durante la operación de la Estación, ya que ésta se localizará en una zona perturbada donde las actividades urbanas e industriales son constantes, lo cual ha provocado que la fauna haya sido desplazada hacia partes más alejadas por la generación de ruido y por la movilidad de los habitantes de la zona; únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto, sin embargo esta probabilidad es casi nula dadas las condiciones ya indicadas. Aunado a lo anterior, se considera que las afectaciones a la fauna son nulas, puesto que se constató que dentro del Sistema Ambiental del proyecto no existen áreas de anidación o reproducción de fauna silvestre de importancia ecológica.	**Ninguno**

Tabla 4. Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión.

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	**Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)**
Clima: La generación de una explosión no confinada producto de la fuga de Gas Natural y formación de la nube explosiva, no causará ninguna modificación en las condiciones climáticas del Sistema Ambiental del proyecto.	**Ninguno**
Geología y Geomorfología: Si bien, el proyecto incide en suelo impactado por actividades urbanas e industriales, los niveles de sobrepresión generados en una explosión no confinada planteados en cada escenario de riesgo, serán lo suficientemente altos para formar un cráter en el suelo, lo cual significa que la afectación al suelo será inminente, ya que será desplazado por la sobrepresión generada en la explosión, ocasionando un impacto poco significativo, directo y puntual a las características geológicas del Sistema Ambiental del proyecto.	**Reparable**

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	**Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)**
Suelos: Al igual que en la Geología, en caso de generarse una explosión no confinada producto de la fuga de gas natural, la formación de un cráter en el suelo es inminente dados los niveles de sobrepresión que serán generados (más de 300 psi), lo cual afectará directamente la integridad física del suelo, por lo que, en caso de la formación de un orificio en el suelo, este será desplazado y arrancado de su formación original. Sin embargo, esto será de manera puntual y no se propagará en todo el Sistema Ambiental. Cabe mencionar, que aunque los efectos sean mínimos, el suelo se verá temporalmente afectado.	**Reparable**
Hidrología superficial y subterránea: De acuerdo a la distancia de la Estación con respecto a las fuentes de agua superficial, y a los niveles de sobrepresión en esa zona, no se causarán afectaciones hacia los cuerpos de agua, arroyos o ríos que se localicen dentro del SA del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de una explosión no confinada.	**Ninguno**
Aspectos Bióticos	
Vegetación terrestre: La generación de una explosión no confinada dentro del Sistema Ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados nulos sobre la vegetación terrestre, ya que el proyecto se ubicará dentro de la zona urbana.	**Ninguno**
Fauna: Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse una explosión durante la operación de la Estación, ya que ésta se localizará en zonas donde la fauna ha sido desplazada hacia partes más alejadas por la generación de ruido y por existencia de actividades antrópicas e industriales, únicamente se afectaría en la disminución y/o pérdida de los refugios, cambios en la composición y distribución espacial y temporal de las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto en el momento de que se genere la situación de riesgo, sin embargo esta probabilidad es casi nula dadas las condiciones ya indicadas.	**Ninguno**

En el caso de los efectos sobre la salud humana producto de un chorro de fuego, es la mortalidad de las personas que se expongan a la radiación por periodos prolongados de tiempo; ya que la máxima radiación obtenida en los escenarios de simulación fue de (775 kW/m^2), son suficiente para causar la muerte de personas si estas se exponen a la radiación por más de un minuto, sin embargo para que esto suceda, las personas deben estar contiguas al jet fire, ya que a mayor distancia de la fuente de calor, la radiación tiende a disminuir. En el caso de la explosión no confinada, los valores máximos obtenidos (4579 psi) son suficientes para causar la muerte instantánea en las personas que se localicen inmediatas al punto donde se genere el evento o muy cerca de las ondas de expansión de sobrepresión, incluso se puede esperar la afectación en la integridad física de las personas por el derrumbe de casas o instalaciones civiles que se localicen dentro de los radios de afectación por sobrepresión alcanzados dentro del Sistema Ambiental

INDICE

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL..... 2

III.1. Recomendaciones Técnico - Operativas. 2

III.1.1. Sistemas de Seguridad. 4

III.1.2. Medidas Preventivas. 6

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Señalética contemplada en la Estación de Descompresión Sonoco..... 5

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.

III.1. Recomendaciones Técnico - Operativas.

Cualquier instalación que presente riesgos de accidentes mayores tendrá que disponer de recomendaciones que disminuyan los riesgos de afectación a las instalaciones de la empresa. El tipo y características de dichas medidas dependerán de los riesgos que se pretendan minimizar durante la operación de la "Estación de Descompresión Sonoco" (ED-Sonoco).

- Aplicar los procedimientos operativos conforme a los manuales, códigos y bases de diseño y asegurarse que se encuentren actualizados e integrados dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA).
- Capacitar al personal en la aplicación de los manuales de operación y mantenimiento.
- Tener una bitácora de la revisión diaria de las instalaciones, previo al arranque de operaciones y durante la operación de la Estación.
- Las actividades de verificación visual bajo supervisión, se deberán realizar diariamente como ya se mencionó, y al detectar alguna anomalía en la instalación, actuar correctamente con apego a los procedimientos establecidos.
- Mantenimiento preventivo del sistema de instrumentación y accesorios de quipos y líneas de conducción de gas natural.
- Asegurar que los recipientes de almacenamiento de Gas Natural estén protegidos contra la corrosión mediante recubrimientos anticorrosivos.
- Revisión y mantenimiento del sistema de protección catódica.
- Se deberán realizar pruebas de hermeticidad por lo menos una vez al año, para asegurar la integridad mecánica de todos los componentes y sistemas de la Estación de Descompresión de Gas Natural (principalmente a los tanques de almacenamiento de los contenedores móviles).
- Asegurar que el programa de mantenimiento considere todos los equipos que serán instalados en la Estación de Descompresión.
- Aplicar el programa de mantenimiento Predictivo, Preventivo y Correctivo, y llevar registros de control, con el objeto de constatar que las actividades de mantenimiento se realizan de una manera eficiente y reducir los riesgos que se puedan generar debido a fallas en componentes mecánicos, instrumentación en general, y en la integridad mecánica de la estación.
- Definir un responsable de la elaboración y ejecución del programa de mantenimiento, así como un supervisor que asegure la correcta aplicación del mismo.
- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado de la Estación, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso de medición, y descompresión de Gas Natural, así como en el almacenamiento y descarga del mismo.
- Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación de cada uno de los equipos a instalar en la Estación.
- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Implementación de un protocolo de seguridad en caso de falta de energía eléctrica.
- Instalación de un generador como medida de emergencia ante la pérdida de energía eléctrica.
- Contar con personal operativo capacitado para la atención de emergencias.

- Elaborar el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA), en el cual se incluyan todos los procedimientos de emergencia con los que contará la ED-Sonoco; además donde se establezca que la empresa promovente deberá de estar en coordinación con Protección Civil municipal y estatal para la atención de cualquier emergencia que se llegue a presentar.
- Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos operativos para realizar acciones correctivas eficientes en caso de presentarse aumentos o caídas de presión en las instalaciones, así mismo, registrar en bitácora las lecturas diarias de los parámetros de operación establecidos, temperatura y presión, principalmente.
- Se deberá realizar un simulacro mayor (por lo menos una vez al año) y otro trimestralmente, los simulacros deben de ser con diferentes escenarios, de tal manera que se asegure la eficiente capacidad de respuesta, ante una emergencia o simplemente para la ejecución de las actividades de mantenimiento, con el fin de prevenir la afectación a la instalación, debido a maniobras erróneas por parte de los operadores.
- Instalar letreros y señalamientos alusivos al peligro que representa la instalación, con el objeto de alertar a las personas que transitan por dicha zona.
- Elaborar y poner en práctica una lista de verificación que asegure la correcta operación de los equipos a instalar en la Estación de Descompresión.
- Obtener el dictamen de conformidad con la NOM-010-ASEA-2016, para la Estación de Descompresión por parte de una UV acreditada y/o aprobada.

Recomendaciones conforme a la NOM-010-ASEA-2016.

- Los sistemas contraincendios deberán contar con los elementos necesarios para detectar, alarmar, controlar, mitigar y minimizar las consecuencias de fugas, incendios o explosiones del Gas Natural, el cual se debe diseñar y especificar con base en las Normas Oficiales Mexicanas **(Ver numeral 5.1.2.7 de la NOM).**
- Definir los dispositivos de seguridad de la Estación de Descompresión, cumpliendo con el **inciso 5.3.2.**
- Contar con un procedimiento de identificación para que el sistema de almacenamiento cuente con los datos del fabricante **(Ver inciso 5.3.3).**
- Contar con un sistema redundante para no dejar sin protección los recipientes cuando entren a mantenimiento.
- Para facilitar la inspección y mantenimiento de tanques de almacenamiento, deberá contar con espacio suficiente y poder desmontarse.
- Dar cumplimiento a los requisitos de las estructuras, que se encuentran enlistadas en el **inciso 5.3.5** para el sistema de almacenamiento.
- En el numeral **5.6.1.3** menciona que el Sistema de Descarga de Gas Natural Comprimido (GNC) deberá incluir y cumplir con los Componentes y condiciones siguientes:

  a. Las Mangueras de alta presión las cuales deben cumplir, entre otros, con los requisitos especificados en los numerales 5.4.2.3 y 5.4.2.4 de esta Norma Oficial Mexicana.

  b. Las mangueras deben contar con un dispositivo de ruptura que se separa cuando la manguera es jalada accidentalmente con una fuerza que excede el valor especificado a efecto de suspender el flujo de GNC y proteger contra daños al Poste de Descarga.

  c. La Boquilla de Descarga adecuada para los Conectores de Descarga de los Módulos de almacenamiento transportables que entregan el GNC.

  d. Los Componentes, dispositivos y Accesorios necesarios para controlar la fuga de GNC que pueda presentarse en caso de que la manguera se reviente por la presión o

se rompa porque el Módulo de almacenamiento transportable se aleje sin haber sido desconectado.

e. Los Postes para soportar la manguera de descarga, los cuales deben cumplir, entre otros, con los requisitos especificados en los numerales **5.4.1** a **5.4.1.3**, **5.4.2** a **5.4.2.2** de esta Norma Oficial Mexicana.

f. Las Tuberías de alta presión con los Componentes, dispositivos y Accesorios necesarios para controlar el flujo de descarga de GNC y, en su caso, la fuga de GNC que pueda presentarse cuando el Poste de Descarga es dañado o arrancado de posición. Entre otros, se requieren al menos los Componentes siguientes:

1. Válvulas de bola de alta presión manual de ¼ de vuelta;
2. Válvulas de Retención;
3. Válvulas de Exceso de Flujo;
4. Válvula de Paro de Emergencia manual;
5. Válvulas y Dispositivos de Relevo de Presión, y
6. Filtros

- De acuerdo al numeral **5.5.2.1**, los Sistemas de las Terminales de Descarga como unidades, así como los Componentes, aparatos, dispositivos y Accesorios que los integran deben cumplir con los requisitos siguientes:

  a. Estar diseñados para el manejo del flujo de Gas Natural a las presiones y temperaturas a las cuales serán sometidos bajo condiciones de operación previstas.

  b. Contar con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.
- Los activadores de Paro de Emergencia requeridos en el numeral **5.6.4.1** de la Norma, se deben ubicar donde sean Fácilmente accesibles y claramente visibles a una distancia no mayor a 3 m de cada Punto de Descarga. Se debe señalizar en forma prominente la ubicación de los activadores de Paro de Emergencia de acuerdo con lo especificado en el numeral **5.5.5 inciso c**, de esta Norma Oficial Mexicana.
- Se deberá contar con dictamen de evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana misma que deberá realizarse para cada una de sus etapas (en este caso; etapa de diseño), mediante la revisión documental y la verificación física de la Terminal de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables.

III.1.1. Sistemas de Seguridad.

Dentro de las medidas de seguridad durante la operación de la ED-Sonoco 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.**
  En la ED-Sonoco se tienen contemplados 5 extintores de polvo químico seco, distribuidos en las áreas con las que se contará para la descarga de Gas Natural Comprimido. Por lo tanto, se puede concluir que se tiene cubierto el mínimo de extintores requeridos para cumplir con lo estipulado en la normatividad aplicable para la prevención de incendios, dentro del rango de capacidad indicada y con el agente extintor adecuado.
- **Sistema de detección de mezclas explosivas y fuego.**
  En el sistema reductor de presión (PRM/PRS) se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el Panel de Control y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma sonora cuando hay presencia de gas en el entorno, activando los ventiladores para extraer los gases combustibles al ambiente, hasta dejar fuera de servicio el equipo de despresurización al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo.

- **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.
- **Plan de respuesta de emergencias.**
  En el cual está capacitado el personal que operará la ED-Sonoco y llevará a cabo en caso de un evento.
- **Botones de paro de emergencia.**
  1. Los paros de emergencia se encuentran localizados en diferentes puntos de la estación, como son los sistemas de descarga de GNC, en cada uno de los equipos de la estación, equipo de descompresión y cuarto de control. La activación de cualquiera de estos provoca que la estación deje operar a razón de que los equipos paran su operación por interrupción en el suministro de energía eléctrica, cerrando todas las válvulas automáticas.
  2. A la activación de un paro de emergencia, el PLC envía la orden de cierre de válvulas y la interrupción de energía eléctrica a los arrancadores en el Cuarto de Control, y manda una alarma visual y sonora indicada al tipo de alarma para su reconocimiento y valoración.
  3. El PLC mantiene un registro histórico de cada alarma activada para su consulta.
  4. El sistema cuenta con una unidad de respaldo de energía (UPS) para permitir que los sistemas de control de la estación se mantengan alertas.

En la **Figura 1** se muestra el Plano General de la ED-Sonoco, donde se incluye la señalización de algunos equipos de seguridad.

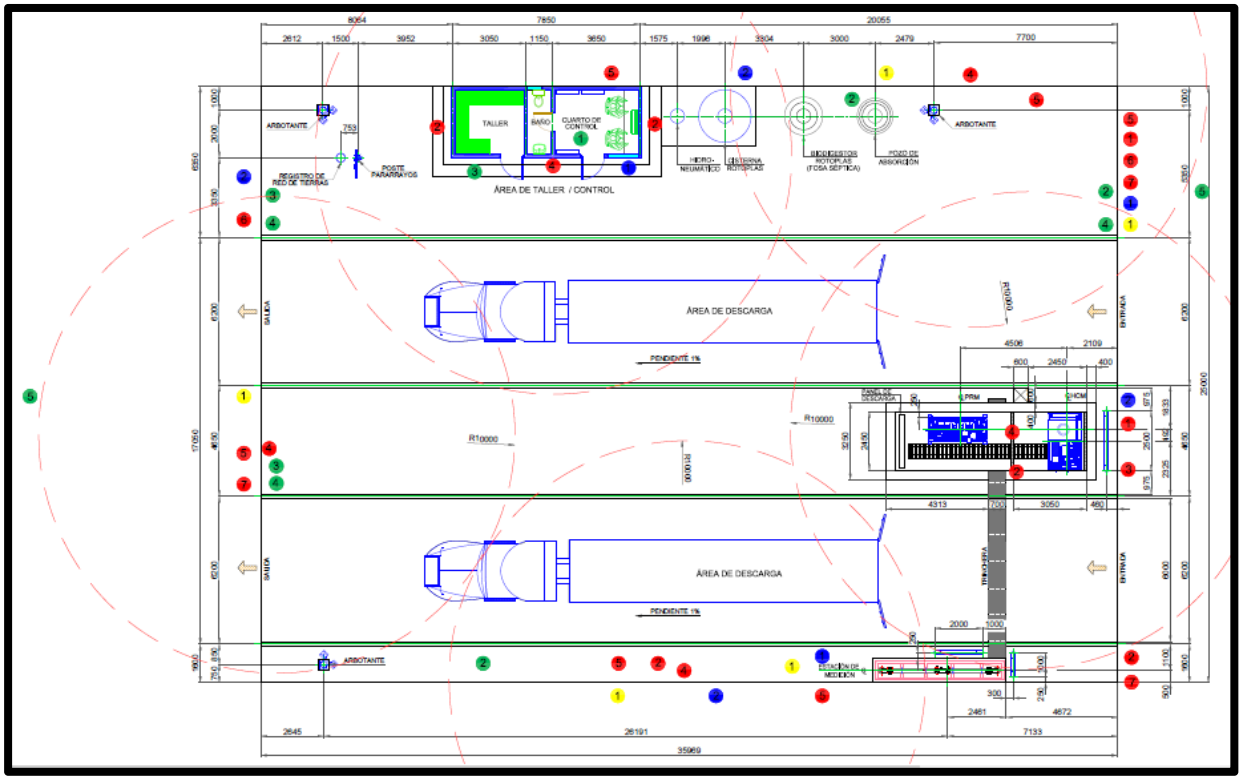


Figura 1. Ubicación de la Señalética contemplada en la Estación de Descompresión Sonoco.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 1. Planos de la instalación (1.2 Señalética).**

III.1.2. Medidas Preventivas.

Así mismo, como medidas preventivas y de seguridad, en la Estación de Descompresión se realizarán las siguientes actividades antes y durante la operación de la misma:

MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE SEGURIDAD
Se contará con un paro de emergencia en la unidad de descarga de GNC, equipo de descompresión, cuarto de control.
Se contará con un programa anual de operación y mantenimiento.
Todos los residuos peligrosos generados durante los mantenimientos de los equipos serán confinados en un almacén temporal de residuos peligrosos.
Se contará con un sistema de control automatizado (PLC) el cual monitorea la operación segura del sistema.
Se contará con detectores de gas natural (detección de mezclas explosivas).
Previo inicio de operaciones se contará con las pruebas de hermeticidad correspondientes.
Se contará con programas de capacitación y entrenamiento (técnico y seguridad).
Se contará con procedimientos de emergencia.
Se contará con programa de simulacro para asegurar el tiempo de respuesta.
Se realizarán inspecciones periódicas sobre el funcionamiento de los programas de operación, mantenimiento y seguridad.
Se contará con el Programa para la Prevención de Accidentes.
Se debe contar con procedimientos que proporcionen las condiciones de seguridad necesarias cuando se haya excedido los límites de diseño de operación. • Cierre de válvulas, • Rango de presión fuera de los límites de operación normal.
Se debe de contar con certificado de calidad del fabricante de los equipos de la estación.
Se contará con alarmas audibles y visuales cuando las condiciones de operación estén fuera de rango.
El terreno que ocupará la Estación de Descompresión, se tendrá delimitado por una malla perimetral con una altura mínima de 2.00 m para permitir el acceso sólo a personal autorizado, a fin de minimizar las posibilidades de daños personales, materiales y vandalismo.
En el área donde se alojarán las tuberías de Gas Descomprimido se construirán unas trincheras de 0.6 m de ancho por 0.5 m de profundidad aproximadamente, la cual será protegida con una rejilla Irving con una resistencia adecuada para soportar las cargas generadas por el paso de vehículos y peatones, este sistema de trinchera contará con pendientes para canalizar el agua pluvial.

INDICE

IV. RESUMEN EJECUTIVO. 2

IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental..... 2

IV.2. Resumen de la situación general que presenta el proyecto en Materia de Riesgo Ambiental. 2

TABLAS

Tabla 1. Sustancias involucradas. 4

Tabla 2. Antecedentes de accidentes e incidentes..... 4

Tabla 3. Identificación y jerarquización de riesgos ambientales. 5

Tabla 4. Estimación de consecuencias..... 8

Tabla 5. Criterios utilizados..... 8

IV. RESUMEN EJECUTIVO.

IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental.

El presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la "Estación de Descompresión Sonoco" (ED-Sonoco), es la ocurrencia de incendios y explosiones por la falla de equipos, válvulas o bridas, desvío en las condiciones y procedimientos de operación, facilitando que con el paso del tiempo y aunado a la falta o deficiencias en el mantenimiento preventivo, la integridad física de los mismos se deteriore llegando a provocar posibles fugas de gas natural; por lo anterior, la Promovente del proyecto da a conocer las medidas de prevención y control que se instaurarán en cada área o equipo de la Estación de Descompresión para reducir los riesgos existentes por eventos de incendio y explosión.

El riesgo existente en la actividad realizada (área de descompresión) 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 la Estación. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que se realizarán , el sistema de detección de mezclas explosivas, indicadores de presión y temperatura, alarmas y botones de paro de emergencia de la Estación, entre otros, ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pudiera presentar.

La verificación de la integridad mecánica y de operación de los tanques móviles (transportables), se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación de dichos Tanques de GNC. Cabe señalar que los tanques de almacenamiento trasportables (móviles) no se encuentran dentro de los límites del presente proyecto.

Por lo anterior y de acuerdo a los resultados del Análisis de Riesgos, se concluye que el nivel de riesgo de la ED-Sonoco es aceptable con revisión (categorizado entre el nivel Medio y Serio), ya que si bien, de acuerdo al análisis realizado mediante la metodología HAZOP las desviaciones de mayor riesgo fueron de nivel C (categoría de riesgo: indeseable), considerando su evaluación con las salvaguardas disponibles para cada desviación, es necesario que una vez puesta en operación la Estación de Descompresión, se realice la actualización del presente Estudio de Riesgo y se estructure el Programa para Prevención de Accidentes (PPA) conforme a los escenarios de riesgo resultantes, con el afán de minimizar al máximo la ocurrencia de los posibles eventos de riesgo.

IV.2. Resumen de la situación general que presenta el proyecto en Materia de Riesgo Ambiental.

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de la Estación de Descompresión Sonoco, la cual contará con las áreas para realizar la descarga de Gas Natural Comprimido al sistema de despresurización para el envío de gas natural al cliente, así mismo, contará con áreas auxiliares, al igual que equipos para la descompresión y acondicionamiento de los parámetros del gas natural. Cabe señalar, que el predio para instalar la estación, cuenta con un área total de 899.22 m^2.

La ED-Sonoco tendrá la capacidad de recibir el Gas Natural Comprimido a través de los tanques transportables (móviles) de almacenamiento de GNC, los cuales son llenados con GNC en la Estación de Compresión (Estación Madre). Los tanques serán vaciados a través del panel de decantación de descarga en la Estación Hija (Estación de Descompresión), a través de una tubería

el gas será enviado a alta presión, a la estación de despresurización (PRM/PRS). En el Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto flujo (PRM/PRS) a través de válvulas reguladoras se reducirá la presión del gas, permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Una vez que el gas es acondicionado, esté está listo y es enviado al área de proceso para su utilización, llegando hasta los usuarios finales.

En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos para la realización de sus operaciones. Como resultado del análisis de riesgo, basado en la memoria técnico-descriptiva y diagrama de instrumentación (DTI) de la ED-Sonoco y de los accesorios que serán instalados, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otros proyectos donde se realiza el mismo diseño y construcción de Estaciones, tomando en cuenta dicha experiencia se instalarán accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores, indicadores de presión y temperatura, entre otros, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operatividad con sus probables áreas de afectación.

La sustancia manejada (Gas Natural) en la ED-Sonoco representa un riesgo de incendio y explosión debido a las propiedades fisicoquímicas del combustible, las áreas más afectadas por algún evento de riesgo indeseable estarán inmersas dentro de la estación, ya que los equipos y áreas de la misma, son las más propensas a sufrir daños, por lo que es necesario que la estación esté provista de protección contra incendios y sistemas de alarma y detección, con la finalidad de proteger al personal y las instalaciones.

En general, se consideran los siguientes sistemas de protección:

- Sistemas de detección de mezclas explosivas/gas.
- Válvulas de seguridad calibradas para operar a una presión superior a la de operación normal.
- Alarmas audibles y sonoras.
- Indicadores y transmisores de presión y temperatura.
- Botones de paro de emergencia.
- Sistema contra incendios a base de extintores.

IV.3. Informe Técnico.

Tabla 1. Sustancias involucradas.

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Flujo máximo	Presiones de operación
		C	R	E	T	I		
Gas Natural	74-82-8			X		X	2,000.00 Sm^3/h (1,177.16 $Spies^3/min$)	248.21 a 4 Bar

C: corrosividad, R: reactividad, E: explosividad, T: toxicidad, I: inflamabilidad.

Tabla 2. Antecedentes de accidentes e incidentes.

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	16 julio del 2003	Córdoba, Argentina	Estación de Compresión ECGN	Gas natural	Explosión	Viviendas sufrieron algunos daños	La Estación fue clausurada
2	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
3	14 de septiembre del 2016	Av. Cordialidad con carretera 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
4	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 municipio (240). Suspensión de los servicios de gas
5	02 de marzo del 2016	Callao, Perú	Planta de Compresión de Gas Natural de Petrocorp S.A.	Gas Natural	Explosión	1 muerto y 3 heridos graves	N/D
6	22 de abril del 2015	Emiliano Zapata, Veracruz	Estación de compresión	Gas Natural	Explosión	Suspensión de actividades por una hora	Evacuación de 38 empleados

N/D: No Disponible.

Tabla 3. Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

No. de falla	No. de evento	Falla	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
1	1.1	Fuga de Gas Natural, en una de las mangueras del panel de descarga, a causa de la rotura de las mismas debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC. Rotura equivalente al 100%, Ø 1”	X	N/A	X	N/A	Área de descarga de GNC.	HAZOP	Aire
	1.2	Fuga de Gas Natural, en una de las mangueras del panel de descarga, a causa de la rotura de las mismas debido al movimiento inesperado del camión durante la descarga de GNC. Rotura equivalente al 100%, Ø 1”	X	N/A	N/A	X	Área de descarga de GNC.	HAZOP	Suelo
2	2.1	Fuga de Gas Natural, en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC. Rotura equivalente al 100% de Ø 1.5”.	X	N/A	X	N/A	Área de descarga de GNC.	HAZOP	Aire
	2.2	Fuga de Gas Natural, en la válvula controladora de presión (PCV-301)	X	N/A	N/A	X	Área de descarga de GNC.	HAZOP	Suelo

No. de falla	No. de evento	Falla	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
		localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC. Rotura equivalente al 100% de Ø 1.5".							
	2.3	Fuga de Gas Natural, en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea de conducción del GNC. Rotura equivalente al 20% de Ø 1.5".	X	N/A	X	N/A	Área de descarga de GNC.	HAZOP	Aire
	2.4	Fuga de Gas Natural, en la válvula controladora de presión (PCV-301) localizada en la entrada del sistema reductor de presión (PRS/PRM), debido al aumento de temperatura por falla en el sistema de calentamiento (HCM), ocasionando una sobrepresión en la línea	X	N/A	N/A	X	Área de descarga de GNC.	HAZOP	Suelo

No. de falla	No. de evento	Falla	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
		de conducción del GNC. Rotura equivalente al 20% de Ø 1.5".							
3	3.1	Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera (HVB-001-4"-150), por falta de aplicación del programa de mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la fricción ejercida por el gas natural. Rotura equivalente al 20% de Ø 4"	X	N/A	X	N/A	Área de descompresión	HAZOP	Aire
	3.2	Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera (HVB-001-4"150), por falta de aplicación del programa mantenimiento (desgaste de sellos) aunado a la fricción ejercida por el gas natural. Rotura equivalente al 20% de Ø 4"	X	N/A	N/A	X	Área de descompresión	HAZOP	Suelo

N/A= No aplica.

Tabla 4. Estimación de consecuencias.

No. de Falla	No. de Evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada (m^3/s, m^3 o kg)		Estado físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		Distancia (m)	Distancia (m)
1	1.1	N/A	X	14.45	Kg/s	Gas		X				SCRI Fuego	40.68	75.02
	1.2	N/A	X	867.00	Kg	Gas	X					SCRI Fuego	117.85	200.33
2	2.1	N/A	X	29.53	Kg/s	Gas	X					SCRI Fuego	57.27	105.60
	2.2	N/A	X	1771.80	Kg	Gas	X					SCRI Fuego	149.56	254.22
	2.3	N/A	X	1.18	Kg/s	Gas			X			SCRI Fuego	12.19	22.59
	2.4	N/A	X	70.80	Kg	Gas		X				SCRI Fuego	51.13	86.91
3	3.1	N/A	X	0.14	Kg/s	Gas				X		SCRI Fuego	3.10	7.49
	3.2	N/A	X	8.40	Kg	Gas			X			SCRI Fuego	25.12	42.71

N/A= No aplica.

Tabla 5. Criterios utilizados.

No. de falla	No. de evento	Toxicidad				Radiación térmica			Sobrepresión			Otros Criterios
		IDHL	TLV8h	Velocidad del viento (km/hr)	Estabilidad atmosférica	1.4 KW/m2	5 kW/m2	12.5 – 37.5 kW/m2	0.5 lb/plg2	1.0 lb/plg2	3 - 10 lb/plg2	
1	1.1	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	X	X	X	N/A	N/A	N/A	N/D
	1.2	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	N/A	N/A	N/A	X	X	X	N/D
2	2.1	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	X	X	X	N/A	N/A	N/A	N/D
	2.2	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	N/A	N/A	N/A	X	X	X	N/D
	2.3	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	X	X	X	N/A	N/A	N/A	N/D
	2.4	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	N/A	N/A	N/A	X	X	X	N/D
3	3.1	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	X	X	N/A	N/A	N/A	N/A	N/D
	3.2	N/A	N/A	5.74	Pasquill-C	N/A	N/A	N/A	X	X	X	N/D

N/A= No aplica.
N/D= No disponible.

INDICE

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL. 2

V.1. Formatos de Presentación. 2

V.1.1. Planos de Localización. 2

V.1.2. Fotografías. 2

V.1.3. Videos. 2

V.2. Otros Anexos. 2

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

V.1. Formatos de Presentación.

V.1.1. Planos de Localización.

Los planos de ubicación del proyecto se incluyen en el **Anexo 1** del presente Estudio de Riesgo Ambiental.

V.1.2. Fotografías.

Las fotografías del proyecto se incluyen en el **Anexo 9**.

V.1.3. Videos.

Durante los trabajos en campo para la realización del presente Estudio de Riesgo Ambiental, no se realizaron videograbaciones de las áreas donde se localizará la Estación de Descompresión Sonoco.

V.2. Otros Anexos.

a) Documentos legales.

La documentación Legal se incluye en el **Anexo 2. Documentos Legales** del Manifiesto de Impacto Ambiental que acompaña al presente estudio.

b) Cartografía consultada.

La cartografía consultada fue del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) principalmente

c) Autorizaciones y permisos.

Actualmente no se cuentan con autorizaciones y permisos para el desarrollo del proyecto, sin embargo, para antes de iniciar con la etapa de preparación del sitio, se obtendrán las siguientes autorizaciones:

- En materia de Impacto y Riesgo Ambiental.
- Licencias de Uso de Suelo y de Construcción.
- Título de Permiso para la actividad realizada (Terminal de descarga de GNC) por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

d) Memorias descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s).

La descripción de las metodologías empleadas para el Análisis de Riesgo se incluye en el **Capítulo I**.

e) Memoria técnica de la(s) modelación(es).

Las memorias técnicas de las simulaciones realizadas, se incluyen en el **Anexo 7**.