

Estudio de riesgo modalidad análisis de riesgo para el proyecto "Construcción de la Estación de Compresión de Gas Natural Pátzcuaro en el Estado de Michoacán"

Índice General

I.	ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.....	8
I.1	Bases de diseño.....	16
I.1.1	Proyecto civil.....	19
I.1.1.1	Etapas Constructivas del Proyecto	19
I.1.1.2	Normatividad	22
I.1.2	Proyecto mecánico.....	24
I.1.2.1	Equipos de proceso y auxiliares.....	24
I.1.3	Proyecto sistema contra incendio	27
I.2	Descripción detallada del proceso	33
I.2.1	Hojas de seguridad	36
I.2.2	Equipos de proceso y auxiliares.....	37
I.2.2.1	Interconexión a ducto principal:.....	38
I.2.2.2	Trampas de diablos.....	38
I.2.2.3	Patín de medición y regulación.	38
I.2.2.4	Turbocompresores	38
I.2.2.5	Aeroenfriadores.....	39
I.2.2.6	Separador de succión	40
I.2.2.7	Aire comprimido y sistemas desecantes	40
I.2.3	Almacenamiento	42
I.2.4	Pruebas de verificación	43
I.3	Condiciones de Operación	46
I.3.1	Especificación del cuarto de control.....	47
I.3.2	Sistema de aislamiento	48
I.4	Análisis y evaluación de riesgos	49
I.4.1	Antecedentes de accidentes e incidentes	49

I.4.2	Metodología de identificación, identificación y jerarquización de riesgos.....	54
I.4.2.1	Análisis cualitativo de riesgos	54
I.4.2.2	Identificación de peligros y evaluación de riesgos	55
I.4.2.3	Categoría de frecuencia y consecuencias	57
I.4.2.4	Caracterización y jerarquización de riesgos.....	60
I.4.2.5	Identificación de riesgos.....	62
I.4.2.6	Determinación de escenarios de riesgo	66
I.4.2.7	Jerarquización de riesgos	72
I.4.2.8	Escenarios de mayor riesgo.....	100
I.4.3	Análisis de consecuencias	101
I.4.3.1	Criterios de simulación.....	101
II.	DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES	110
II.1	Radios potenciales de afectación.....	110
II.2	Interacciones de riesgo	114
II.2.1.1	Diagramas de pétalos	129
II.3	Efectos sobre el sistema ambiental.....	131
III.	SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	141
III.1	Recomendaciones técnico-operativas	141
III.1.1	Sistemas de seguridad.....	142
III.1.2	Sistemas operativos.....	142
III.1.3	Medidas preventivas	145
IV.	RESUMEN.....	147
IV.1	Conclusiones del estudio de riesgo ambiental	147
IV.2	Situación general en materia de riesgo ambiental	149
IV.3	informe técnico.....	150

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	162
--	-----

Índice de tablas

Tabla 1 Leyes, reglamentos, criterios, normas, manuales y códigos aplicables.....	16
Tabla 2 Espesor de tuberías.....	18
Tabla 3 Composición del GN.....	36
Tabla 4 Sustancias peligrosas manejadas en el proyecto.....	36
Tabla 5 Equipos de proceso y auxiliares.....	37
Tabla 6 Aislamiento térmico.....	41
Tabla 7 Condiciones de operación de estación.....	46
Tabla 8 Antecedentes de accidentes e incidentes.....	50
Tabla 9 Metodologías de acuerdo a la etapa de vida del proceso.....	54
Tabla 10 Categorías de consecuencias.....	58
Tabla 11 Categorías de frecuencia.....	60
Tabla 12 Sistemas analizados What If?.....	65
Tabla 13 Resumen de resultados de la identificación de riesgos.....	66
Tabla 14 Agrupación de escenarios de riesgo antes de la reducción del riesgo.....	70
Tabla 15 Jerarquización de riesgos.....	73
Tabla 16 Escenarios de mayor riesgo.....	100
Tabla 17 Composición para simulación.....	102
Tabla 18 Condiciones de operación para modelaciones.....	103
Tabla 19 Datos para estabilidad atmosférica (Pasquill).....	106
Tabla 20 Parámetros de condiciones meteorológicas.....	106
Tabla 21 Valores de reporte por dispersión tóxica incendio y explosión.....	107
Tabla 22 Efectos por radiación térmica.....	108
Tabla 23 Efectos por sobrepresión.....	108
Tabla 24 Resultados de eventos por radiación térmica y sobrepresión.....	110
Tabla 25 Descripción de vulnerabilidad.....	114
Tabla 26 Efectos sobre el sistema ambiental para la zona de amortiguamiento.....	132

Tabla 27 Sustancias manejadas.....	150
Tabla 28 Antecedentes de fugas y explosiones con GN	151
Tabla 29 Identificación y jerarquización de riesgos ambientales	154
Tabla 30 Estimación de consecuencias.....	159
Tabla 31 Criterios utilizados.....	161

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica del proyecto.....	9
Figura 2 Plano de localización general del SCI	28
Figura 3 Plano de localización general de extintores	29
Figura 4 Diagrama de flujo de proceso del proyecto	34
Figura 5 Plano de localización general de equipos.....	35
Figura 6 Propuesta de cuarto de control.....	47
Figura 7 Secuencia de la metodología ¿Qué pasa sí...?	56
Figura 8 Matriz de jerarquización de riesgos de proceso	61
Figura 9 Hoja de trabajo PHA Pro 8.0	63
Figura 10 Matriz de riesgo para escenarios identificados	67
Figura 11 Clasificación de escenarios de riesgo con afectación a personal	68
Figura 12 Clasificación de escenarios de riesgo con afectación a la población.....	68
Figura 13 Clasificación de escenarios de riesgo con afectación al medio ambiente	69
Figura 14 Clasificación de escenarios de riesgo con la afectación a la instalación/Producción	69
Figura 15 Distribución de evaluaciones totales.....	71
Figura 16 Diagrama de petalos de ruptura de interconexión de 24"	129
Figura 17 Diagrama de petalos por ruptura de línea en cabezal de descarga de aerofriadores	130

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

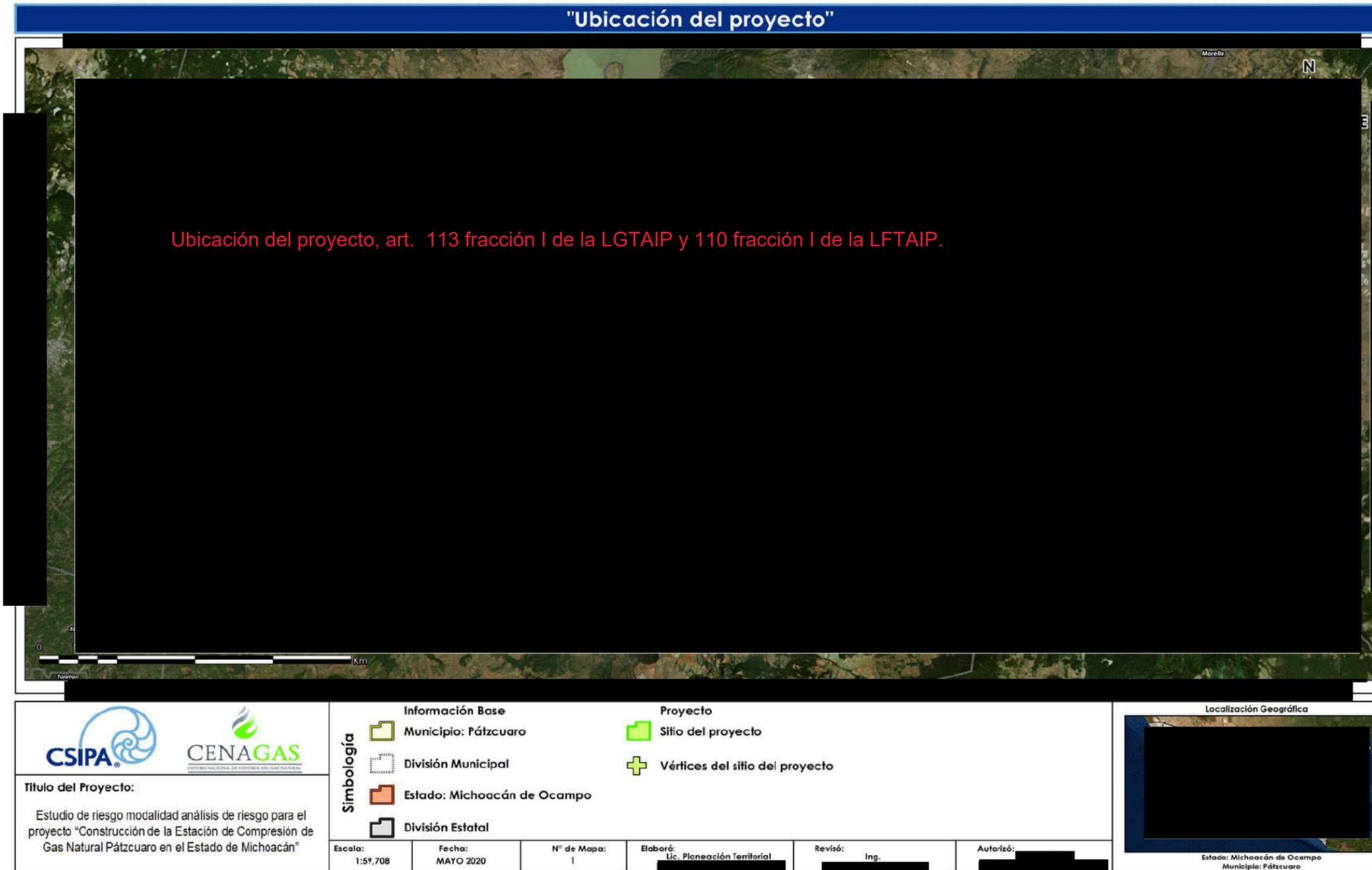
El presente *Estudio de riesgo modalidad análisis de riesgo para el proyecto "Construcción de la Estación de Compresión de Gas Natural Pátzcuaro en el Estado de Michoacán"*, se realizó conforme a la Guía para la presentación del estudio de riesgo modalidad análisis de riesgo, así como los lineamientos emitidos por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA).

Derivado de la demanda de Gas Natural (GN) en la zona, el Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS) construirá una estación de compresión "Estación de Compresión (EC) de Pátzcuaro", de ahora en adelante la "Estación", se requiere de mayor capacidad de flujo de gas natural.

Para el desarrollo del proyecto de la ampliación de capacidad de transporte de gas natural (GN) en el gasoducto GSD 24" Ø Valtierra – Lázaro Cárdenas del Sistema Nacional de Gasoductos (SNG), se conectará una línea de succión de 24" con sus respectivos arreglos de válvulas y sistema de limpieza (trampa de diablos) y se llevará a través de cabezales de tubería al sistema de filtrado, gas de sellos y gas de arranque para posteriormente pasar a los turbocompresores. Se requiere de 3 turbocompresores, los cuales realizarán el proceso de elevar la presión y flujo del GN. Los turbocompresores, contarán con una caseta de filtros, sistema de enfriamiento de aceite, sistema de purga de aire, sistema de purga de gas, el cual es conectado al sistema general de purga de gas de la estación.

Una vez hecha la compresión y obtenida la presión y flujo requerido por los turbocompresores, el gas será inyectado al gasoducto principal a través de un cabezal principal de descarga donde se colocarán las válvulas de 24" para conectar al gasoducto Valtierra- Lázaro Cárdenas.

En la **Figura 1**, se muestra la ubicación geográfica, donde estará localizado el proyecto.



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

FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

Susceptibilidad ambiental

El sistema ambiental (SA) de acuerdo al **Capítulo IV** del Proyecto **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular con Riesgo para el proyecto "Construcción de la Estación de Compresión de Gas Natural Pátzcuaro en el Estado de Michoacán"**, se encuentra localizado en el municipio de Pátzcuaro, cuenta con una superficie total de 4.358 km². Para la caracterización del mismo se emplearon diversas fuentes entre ellas bases de datos de la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF), también se empleó información generada por el Gobierno del estado de Michoacán de Ocampo, INEGI, CONABIO y CONAGUA; así como los trabajos de muestreo en el sitio, para la caracterización del medio abiótico se tomaron en cuenta todos los aspectos que forman el medio ambiente y los componentes base de los ecosistemas que puedan afectar de manera directa o indirecta al desarrollo del proyecto.

Medio biótico

La regionalización del SA partió de las Unidades de Gestión Ambiental dentro del Plan de Ordenamiento Ecológico de la región Pátzcuaro – Zirahuén, los Radios de Afectación y las localidades cercanas al proyecto.

En lo que respecta a flora en el Sistema Ambiental se localiza en la División florística Serranías Meridionales, así mismo se identifican cuatro tipos de vegetación: vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino y finalmente agricultura de temporal.

En cuanto a la composición de la vegetación en el SA realizó con ayuda de la información contenida en la base de datos de colecta y observación del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO. Con base en la información obtenida se contabilizaron 45 individuos que fueron agrupados en un total de 34 especies pertenecientes a 31 géneros, 22 familias, 17 órdenes y 2 clases. Ninguna de las especies identificadas se encuentra bajo algún estatus de protección de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Para la identificación de vegetación en campo se utilizó el muestreo estratificado aleatorio de Mostacedo y Fredericksen (Mostacedo, 2000), en el cual se consideró los remanentes de vegetación identificados en gabinete y las zonas urbanas del SA, El tipo de muestreo se realizó por medio de cuadrantes, Cada sitio de muestreo se caracterizó obteniendo la siguiente información: coordenadas geográficas, tipo de vegetación, altitud, pendiente y presencia de incendios. Una vez obtenida la información de campo (dasométrica y fotográfica) se procedió a realizar el análisis en gabinete.

En el SA se pudieron identificar 35 especies bibliográficamente y 7 durante los trabajos en campo. De las 7 especies identificadas en los muestreos solo 4 de ella se ubican en el predio del proyecto. Se piensa que dicho decremento de la riqueza de especies se debe a los cambios de usos de suelo en la región para el desarrollo de agricultura de temporal y/o la creación de huertos de aguacate, actividad reciente en la región.

El cálculo de abundancia relativa en el SA arrojó que las especies más abundantes en el sistema son: *Eucalyptus camaldulensis*, con 0.16; *Quercus laeta*, con un 0.083; *Pinus leiophylla* con un 0.083 y la especie *Bletia purpurata*, *Solanum (Solanum) stoloniferum*, *Spiranthes graminea* con una abundancia relativa de 0.060.

De igual forma, comparado con los datos de muestreos realizados por instituciones de investigación, así como el SINB, anteriormente el SA se podía clasificar como un sitio con una biodiversidad con un rango alto.

Derivado de los trabajos realizados en gabinete y campo se observa un cambio sucesional en los tipos de vegetación presentes en el SA de vegetación clímax a vegetación secundaria, ocasionado al desarrollo urbano del municipio y de las actividades agrícolas de la región. Asimismo, en el SA no se encontraron especies que se encuentren bajo algún criterio de protección citado en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Dentro de la información de fauna se identifican en el listado bibliográfico 39 especies 29 especies de aves y 10 de mamíferos, de las cuales 12 especies se encuentran bajo algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010, como se muestra en el listado bibliográfico, por otra parte, el diseño de muestreo en campo se realizó mediante 21 puntos de visita cuyas coordenadas se pueden observar en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular con riesgo, los resultados de fauna de los trabajos de campo se observan de igual manera en la MIA-P quedando de manifiesto que la riqueza específica estuvo conformada por un total de 18 especies (las cuales corresponden 3 para clase Reptilia, 12 de avifauna y 3 de mastofauna); así mismo la estuvo conformada por 280 registros donde las aves fue el grupo con una mayor cantidad de avistamientos, se debe señalar que 3 especies identificadas se encuentran bajo algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por su parte los resultados del análisis estadístico, mediante *EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 9*, arrojaron una eficiencia de muestreo apropiada como se indica en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular con riesgo, por lo que la curva de acumulación de especies resultó asintótica como se observa en las en el apartado de **IV.2.1.2 Fauna** del **Capítulo IV**; a su vez los índices de Diversidad de Fauna, indican que las Aves tienen la mayor diversidad. De acuerdo al índice de Shannon ninguna de las tres clases de fauna identificadas en el SA se consideran diversas por lo que el SA presenta degradación y se encuentra fragmentado y perturbado especialmente por las actividades de agricultura en Unidades de Gestión Ambiental con política de Protección, razón por la cual no fue posible observar más individuos de clases de reptiles o mamíferos, aún que las curvas de acumulación se comportaron de forma asintótica se considera que hay mayor diversidad en las zonas menos accesibles del SA y fuera de los límites del mismo.

En cuanto a las regiones de importancia ecológica se ha identificado que el proyecto se encuentra inmerso en la AICA "Pátzcuaro", sin localizarse sobre el área de influencia de ninguna Región Terrestres Prioritaria.

Se debe añadir que tanto el predio como el SA se encuentran dentro de la RHP "Pátzcuaro Cuencas Endorreicas Cercanas", cabe agregar que el sitio en el cual se encuentran proyectadas las actividades se encuentra inmerso en la ecorregión "Sierras Templadas". Ni el predio ni el Sistema Ambiental tocan ninguna Área Natural protegida tanto en el ámbito Federal como en el Estatal, pero si se localiza en un área prioritaria para la restauración.

Medio abiótico

El clima del SA se encuentra ubicado en el grupo C, caracterizado por climas templados, húmedos. De acuerdo con los registros de la estación 16087, llamada Pátzcuaro del Servicio Meteorológico Nacional, el SA se presenta una temperatura media anual de 17.02 °C, la cual representa un clima templado subhúmedo, la misma estación reporta una temperatura media anual de 17.02 °C, por otro lado se registra una precipitación media anual de 800mm, por su parte en cuanto a la dominancia de los vientos se tienen que el promedio de la velocidad del viento fue de 1.37m/s, con vientos hacia el Norte, la radiación solar oscila entre los 7.5 y los 9 Kw-hr/m²/día, con variaciones cíclicas.

En cuanto a la Geología, las rocas principalmente son volcánicas se encuentran asociadas al Eje Neovolcánico, el proyecto se encuentra sobre el tipo de suelo Feozem, y su Geomorfología se caracteriza por los lomeríos, en cuanto a la fisiografía el proyecto se encuentra inmerso en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, en un Sistema de Topoformas de Llanura Aluvial.

El SA, pertenece a la región Lerma –Santiago en las cuencas hidrológicas de Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Lago Yuria, en cuanto a la hidrología subterránea tenemos que el proyecto se encuentra sobre el acuífero Lagunillas-Pátzcuaro.

En lo que refiere a riesgos naturales, no hay riesgos importantes de deslizamiento, el volcán más cercano se encuentra aproximadamente 65 Km de distancia del sitio de proyecto, en cuanto a la regionalización sísmico el proyecto se encuentra en la zona C con riesgo alto, el sistema Ambiental presenta riesgo medio ante sequias, así como un riesgo alto a inundaciones, el SA presenta riesgo medio por heladas, así como para eventos de frentes fríos.

Derivado del análisis del paisaje se concluye que ambas unidades paisajísticas, incluida en la que se encuentra el proyecto mantienen una calidad visual media.

Por su parte en el medio socioeconómico se ubica al proyecto en el Estado de Michoacán de Ocampo, situado dentro del municipio Pátzcuaro, La superficie del Sistema Ambiental (**SA**) cuenta con un área superficial de 4.358 km² abarcando el 1% del municipio de Pátzcuaro, inmerso en él se encuentran 4 localidades: Puerta de Cadena, Colonia Nueva Puerta de Cadena, Colonia Miguel Hidalgo (La Cadenita), La pequeña Tinaja, en total, hay 1017 habitantes en el SA, la localidad más poblada es Puerta Cadena con 403 pobladores y la menos poblada es La Pequeña Tinajita con 106 habitantes, el crecimiento poblacional en promedio es del 1%, En Pátzcuaro, en tema de salud, la mayoría de la población (74.03%) cuenta con servicios de seguridad social.

A nivel municipal en 2010, Pátzcuaro, contaba con 73 escuelas preescolares (1.6% del total estatal), 84 primarias (1.5% del total) y 27 secundarias (1.7%). Además, el municipio contaba con nueve bachilleratos (2.3%) y seis escuelas de formación para el trabajo (1.9%). Adicionalmente, el municipio también contaba con ocho primarias indígenas (4.1%).

En el municipio de Pátzcuaro según el **CONEVAL** (2010), existen 49 150 personas en situación de pobreza lo que representa el 58.11%, de las cuales el 14.14% se encuentra en pobreza extrema, 6 949.8 personas

En el SA hay 290 viviendas habitadas, de las cuales el 81.03% se encuentra habitada. El 32.65% aun posee piso tierra, el 21.72% carecen de servicios de agua potable, más de la mitad de las viviendas (55.03%) no cuentan con servicio de drenaje y el 3.80% de las viviendas no posee ningún bien.

Las principales vías de comunicación terrestres inmersas en el SA son: la carretera federal libre No. 14 Uruapan-Morelia, de cuatro carriles y la carretera libre estatal de Michoacán de dos carriles, una línea de transmisión eléctrica colinda en la parte sur del terreno, así mismo hay presencia de líneas telefónicas

La zona más representativa, es la llamada zona Purépecha (también conocida como Meseta Purépecha) conformada por varios municipios, incluido Pátzcuaro, dentro del SA no hay Zonas Arqueológicas

Dadas las características del SA y el predio, se concluye que no se identifican áreas que por sus condiciones sean más vulnerables a los impactos ambientales, si bien se identificaron unidades paisajísticas estas no se catalogaron como ecosistemas frágiles o de alta biodiversidad, los tipos de bosque en las zonas montañosas del SA, así como las zonas áridas más conservadas no serán afectadas por las actividades del presente Proyecto.

Si bien se identificaron especies dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, el SA dentro del Municipio de Pátzcuaro presenta un proceso de deterioro por las actividades humanas, en la zona, especialmente la agricultura lo cual condujo a la fragmentación y cambio de uso de suelo en grandes áreas del SA, aunque los tipos de vegetación en las zonas áridas son de lenta regeneración, no se prevé mayor afectación que la que ya existe por la implementación del proyecto en un sitio previamente impactado por las actividades antropogénicas en la región, el proyecto no influye en ningún cuerpo de agua de manera directa, si bien el SA se encuentra contiguo a algunos cuerpos de agua las actividades no generarán eutrofización alguna.

Por último, el Índice de vulnerabilidad ambiental (Environmental Vulnerability Index "EVI") aplicado al proyecto se considera en un esquema resiliente debido a las modificaciones presentes en el SAR no se prevén alteraciones mayores a las existentes y se considera que los beneficios sociales y económicos de la implementación del Proyecto sobrepasan los impactos negativos identificados.

El diagnóstico y la caracterización del SA se realizaron mediante el uso Sistemas de Información Geográfica (SIG), se trabajaron con superposiciones de los metadatos para la caracterización, detectando puntos críticos dentro del SA y el Predio.

I.1 BASES DE DISEÑO

En este apartado se indicará las bases de diseño y normatividad que se utilizará para la realización del proyecto.

El desarrollo del proyecto se sujetara a lo establecido por las leyes, reglamentos, criterios, normas, manuales y códigos pertinentes; integrados por las dependencias SENER (secretaría de energía), CENAGAS (Centro Nacional de Control de Gas Natural), SISTRANGAS (Sistema de transporte y almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural), NOM (Normas oficiales Mexicanas) e Internacionales derivadas de estas para dicho diseño, las cuales se observan en la **Tabla 1** Leyes, reglamentos, criterios, normas, manuales y códigos aplicables.

TABLA 1 LEYES, REGLAMENTOS, CRITERIOS, NORMAS, MANUALES Y CÓDIGOS APLICABLES

Normas, estándares y códigos nacionales e internacionales aplicables	Nombre
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de Gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.
NOM-001- SEDE-2012	Instalaciones eléctricas.
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones de Gas Natural
NOM-009-ASEA-2017	Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos.
NOM-EM-005-ASEA-2017	Clasificación de residuos de manejo especial del sector de hidrocarburos.
IMCYC	Instituto Mexicano del Cemento y el acero.
ACI	American concret Institute
ANSI	American National standards Institute
ASME	American society of Mechanical Engineers
ASTM	American society for testing and Materials
AWS	American Welding society
API	American Petroleum Institute
NACE	National Association of Corrosion Engineers
NFPA	National Fire Protection Association
UL	Underwriters Laboratories
NEC	National Electric Code
NEMA	National electrical Manufactures associations

TABLA 1 LEYES, REGLAMENTOS, CRITERIOS, NORMAS, MANUALES Y CÓDIGOS APLICABLES

Normas, estándares y códigos nacionales e internacionales aplicables	Nombre
OSHA	Occupational Safety and Health Administration

Fuente: CENAGAS, 2020.

Cabe mencionar que la normatividad mencionada, no es limitativa, por lo que en caso de ser necesario se cumplirá conforme a requerimientos del proyecto, así como especificados por la autoridad.

Condiciones de operación requeridas

Las características del gas para el diseño se basa en las características límite del gas natural, especificadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010 las cuales se encuentran mencionadas en el apartado **1.2.1 Hojas de seguridad**.

Las condiciones de operación que se manejarán en la estación serán:

- 45-52 kg/cm² de presión de descarga
- 27.1-38.4 kg/cm² de presión succión
- 195-249 MMSCFD de Flujo

Diámetros y espesores de la tubería

El espesor y la clasificación de la tubería será determinado de acuerdo la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-2010, mismas que se observan en la **Tabla 2** Espesor de tuberías.

TABLA 2 ESPESOR DE TUBERÍAS

Nombre	Punto de inicio	Punto Final	Temp. del suelo °C	Ø exterior in	Espesor de pared in	Rugosidad in	Long. km	Presión de descarga Kg/cm ²	Flujo estándar mmscfd	Gravedad estándar	Velocidad final Km/hr	Presión de entrada Kg/cm ² (g)	Presión de salida Kg/cm ² (g)	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Inicio de elevación m	Elevación final m
pp01	1	2	25	24	0.344	0.0005	99.8	11.9	254	0.578	25.9	52	40.1	24.3	21.7	1,718	1,971
pp02	2	3	25	24	0.344	0.0005	19.9	3	246.7	0.578	27.2	40.1	37.1	21.7	20.7	1,971	2,167
pp03	3	4	25	24	0.344	0.0005	32.2	4.3	239.6	0.578	30.1	37.1	32.8	20.7	20.9	2,167	2,185
pp04	5	6	25	24	0.344	0.0005	62.8	-2.3	237.7	0.578	18.7	52	54.3	39.9	36.8	2,185	5
pp05	6	7	25	24	0.344	0.0005	226.9	24	235.3	0.578	32.1	54.3	30.2	36.8	22.2	5	8
pp06	7	8	25	24	0.344	0.0005	0.1	0	215.3	0.578	29.4	30.2	30.2	22.2	22.2	8	5

Nota: Temp. (Temperatura), Long. (Longitud), Ø (diámetro) mmscfd: Millones de pies cúbicos estándar por día (conforme a sus siglas en ingles); m: metros, in: pulgada.

Fuente: CENAGAS, 2020.

I.1.1 Proyecto civil

I.1.1.1 Etapas Constructivas del Proyecto

El proyecto se desarrollará en el predio y área antes mencionados, el cual se conforma de la siguiente manera:

- Preparación del camino de acceso al predio.
- Limpieza, trazo y nivelación del predio.
- Cimentaciones para equipos mecánicos y área operativa.
- Cimentación de edificios.
- Terracerías.
- Pavimentaciones rígidas.
- Pavimentaciones flexibles.
- Sistema de drenaje pluvial y muro de contención
- Sistema de drenaje hidro-sanitario.
- Barda perimetral.

Preparación del camino de acceso al predio.

El camino de acceso al predio que se desarrolla desde la desviación de la carretera libre Uruapan-Morelia hasta el sitio de construcción, tiene una longitud de 1.521 km, actualmente su ancho de calzada y de corona es insuficiente para la demanda que va tener el proyecto, por lo cual se procederá con la ampliación de este considerando un ancho de 10 a 12 m, ya que los que equipos que se va a instalar serán trasladados en trailers por medio de camas bajas. Ya que con el ancho actual que tiene el camino es insuficiente.

Limpia, trazo y nivelación del predio.

Este concepto se realizará por medios mecánicos, para la ejecución del deshierbe, cortes, terraplenes y nivelaciones de acuerdo a proyecto del terreno natural, por lo cual se estima que se realice un volumen de movimiento de tierras de 10,000 a 20,000 m³ aproximadamente.

En caso de ocuparse materiales pétreos de mejoramiento de suelo, se suministrarán de la región y de acuerdo a especificaciones técnicas que indique el estudio de mecánica de suelos.

Cimentaciones para equipos mecánicos y área operativa.

Una vez ya terminada la limpieza y definidos los trazos y niveles de proyecto en la terracería de terreno natural, se procederá con las excavaciones para las cimentaciones de equipos del área operativa de la estación. Dichas cimentaciones tendrán una profundidad de 2.50 m.

Las cimentaciones de mayor criticidad del proyecto, serán las de los equipos denominados turbocompresores T-60 (2 piezas) y T-40 (1 pieza), ya que estas tendrán las dimensiones siguientes: 10 m de longitud, 3 m de ancho y 2 m de profundidad, creando un muerto de concreto armado con capacidad de carga para 55 t.

Las demás cimentaciones son de menor dimensión, ya que la mayoría de estas son para soporte de líneas de tubería, racks y equipos no mayores a 20 t, los cuales también serán conformadas por muertos de concreto, zapatas aisladas y corridas de concreto armado. He irán a una profundidad de 0 a 1.80 m.

Se utilizará concreto para las cimentaciones con una resistencia de ($F'c$) de 250 kg/cm² y para la nivelación de equipos y placa base se utiliza concreto tipo grout.

Cimentaciones de edificios

La cimentación de las edificaciones del proyecto se realizará de manera simultánea con la construcción de las cimentaciones de los equipos pesados, para aprovechar los medios mecánicos de excavación. Estas cimentaciones son de tipo común para edificación de 1 a 2 niveles de construcción.

Dichas cimentaciones tendrán una profundidad de 1.50 m, y serán conformadas de concreto armado de acuerdo especificaciones de Ingeniería de detalle, las cuales serán diseñadas para el soporte máximo de dos niveles de construcción.

Terracerías

La calidad y consistencia de dichos materiales de terracería dependerán de las recomendaciones técnicas que determine el estudio de mecánica de suelos y de la disponibilidad de materiales cercanos a la región.

Solo la parte de la zona operativa quedara con terracería expuesta, ya que la idea no es dejar rasantes de asfalto ni de concreto, esa zona se dejará con una rasante de grava volcánica de TMD (Tamaño mínimo de diámetro) de $\frac{3}{4}$ ", la cual no requiere mantenimiento y es anti maleza. Debido a que va ser una zona donde se va a albergar tránsito pesado por los mantenimientos que llegaran a necesitar los equipos.

Pavimentaciones rígidas

Las pavimentaciones que tendrán rasantes de concreto como lo son en este caso los pisos firmes de los edificios, banquetas, rutas seguras y patio de los edificios, la resistencia del concreto será de $F'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto puede ser premezclado o hecho en obra.

Pavimentaciones flexibles.

Se está considerando un área de 11,000 m² de para pavimentación por medio de mezcla asfáltica en caliente, para los patios de maniobras, caminos interiores de acceso y zonas perimetrales a la zona de balance de planta, dicha pavimentación se realizará por medios mecánicos.

Drenaje pluvial y muro de contención.

Debido a que el predio donde se pretende construir la Estación, se encuentra ubicado dentro de una microcuenca y justo dentro de él, se identifican vertientes naturales de desfogue de agua pluvial, se considerara una obra de drenaje pluvial externa e interna a la Estación.

Esto con el objetivo de encausar toda el agua y solidos procedentes de las lluvias y escurrimientos que genera el cerro que se ubica atrás del predio donde se construirá la Estación. Para el encause del flujo pluvial se están considerando canales trapezoidales de 0.60 a 0.80 m de base y un tirante hidráulico de hasta 1 m, tanto internos como externos.

El muro se construirá con el objetivo de generar estabilidad de los taludes de en la zona sur del predio de la Estación. Este será conformado con piedra braza suministrada de la zona y asentada con concreto, las alturas, dimensiones y detalles de este, serán proporcionados de acuerdo a la Ingeniería de detalle.

Sistema de drenaje hidro-sanitario.

Este sistema albergará la capacidad para dos sanitarios que tendrá la estación, un sanitario es para el personal administrativo y el otro es para el personal obrero y de mantenimiento.

Se está considerando una cisterna de agua potable con capacidad de 50,000 lts, la cual será rellena de forma periódica por medio de pipas de agua de pozo, para el sistema sanitario se está considerando una fosa séptica con la misma capacidad de 50,000 lts y será saneada de forma periódica por medio de succión de lodos.

Barda perimetral.

Se realizará la construcción de una barda perimetral, la cual confinará la estación, esta barda tendrá una altura de 2.50 a 3.00 m de altura y se construirá en módulos de 16 m lineales con un espacio entre módulos de 5 cm de distancia para evitar el efecto domino.

Esta será construida de tabicón aparente y contará con una cimentación tipo zapata corrida de hasta 1 m de profundidad, dalas de desplante, cerramiento y castillos de concreto armado, todo esto de acuerdo a Ingeniería de detalle. También se solicita que la parte superior de la barda cuente con alambre de púas y concertina.

I.1.1.2 Normatividad

La obra civil estará apegada a la siguiente normatividad:

- NOM-007-ASEA-2017
- NOM-001-SECRE-2010
- NOM-009-ASEA-2017
- NOM-EM-005-ASEA-2017
- NOM-031-STPS-2011
- Normas complementarias de construcción de ArcelorMittal México.
- Internacionales aplicables.

A continuación, se enunciarán las normas aplicables de ArcelorMittal para trabajos preliminares.

- 046000-CO-NW-001 de ArcelorMittal México para Nivelación, Compactación y Preparación de Terreno natural.
- 046000-CO-NW-002 de ArcelorMittal México para excavaciones.
- 046000-CO-NW-003 de ArcelorMittal México para el concreto general.
- 0-046410-CO-NW-003 de ArcelorMittal México para el acero de refuerzo
- 0-046410-CO-NW-002 de ArcelorMittal México para excavaciones y rellenos.
- 046000-CO-NW-014 de ArcelorMittal México para cimentaciones
- 046000-CO-NW-015 de ArcelorMittal México para concreto en cimentaciones.

A continuación, se mencionarán las normas para construcción edificios, estructuras, pavimentos y acabados.

- Norma de acabados arquitectónicos de interiores: 0 4 6 0 0 0 -CA-NW-0 3 3

- Norma de acabados arquitectónicos baños y vestidores de obreros: 0 4 6 0 0 0 -CA-NW-0 3 4
- Norma de acabados arquitectónicos oficinas, laboratorios y talleres: 0 4 6 0 0 0 -CA-NW-0 3 5
- Norma de acabados arquitectónicos servicios generales: 0 4 6 0 0 0 -CA-NW-0 3 6
- Norma de pavimento de concreto hidráulico: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 0 6
- Norma de pisos de concreto acabado con llana: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 0 7
- Norma de drenajes: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 0 9
- Norma de drenaje superficial: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 1 0
- Norma de estructura de tabique y bloques de concreto: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 1 1
- Norma de acero miscelaneo y cubiertas de lámina.: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 1 2
- Norma de detalles típicos en juntas de losas y muros: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 2 0
- Norma de detalles típicos de tapas: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 2 1
- Norma de barandales tubulares con postes sólidos: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 2 3
- Norma de relación de detalles estándar para obras de drenaje: 0 4 6 0 0 0 -CO-NW-0 2 6
- Norma de pozos de visita y sumideros: 046000-CO-NW-027
- Normas de tuberías enterradas: 046000-CO-NW-028
- Norma de pernos para anclaje de equipos: 046000-CO-NW-031
- Norma de pernos de anclaje: 046000-CO-NW-037
- Norma de herrería y cancelería: 046000-CO-NW-038
- Norma de cercas: 046000-CO-NW-039
- Norma de aplicación de grout para cimentación: 046000-CO-NW-049
- Definiciones: 046000-CO-NW-050

Cabe mencionar que la normatividad mencionada, no es limitativa, por lo que en caso de ser necesario se cumplirá conforme a requerimientos del proyecto, así como establecidos por la autoridad.

I.1.2 Proyecto mecánico

En este apartado se mostrará generalidades de los resultados de la memoria técnica descriptiva y justificativa de los equipos de proceso y auxiliares principales, esto de acuerdo a la etapa del proyecto.

I.1.2.1 Equipos de proceso y auxiliares

Interconexión a ducto principal

La Interconexión al ducto principal Valtierra - Lázaro Cárdenas de 24", incluirá succión y descarga, por lo que se instalará de válvula automática de seccionamiento e infraestructura para salvaguardar la integridad patrimonial.

El diseño está basado en los requerimientos mínimos o equivalentes, de la especificación API 6D y ASME B31.8 y será de 24", estará equipada con un sistema llamado control de ruptura de línea (Line break control) y control de apagado por baja presión (low pressure shutoff control), que actuará para cerrar la válvula de seccionamiento en caso de ruptura o fuga. Este arreglo en la válvula de seccionamiento se accionará por medio de un sistema de detección de fugas, para cerrar en forma remota desde el centro de operaciones (cuarto de control) con el objeto de bloquear el flujo de GN.

Trampas de diablos

La estación contará con dos trampas de diablos de recibo y envío en el SNG, que permitirán a CENAGAS realizar la operación y mantenimiento en los dos nuevos segmentos del SNG de manera eficiente desde la TED Morelia del ducto de 24" Valtierra- Lázaro Cárdenas y envío de diablos a la TRD Zirahuén.

Las válvulas en las trampas de diablos operarán exclusivamente local y automatizada para la apertura y cierre desde un tablero de control local que permita una operación más rápida y segura

Válvulas de seccionamiento

Las válvulas serán de tipo automática que permitan interconectar el SNG con la EC Pátzcuaro, considerando que una de ellas permitirá extraer gas para comprimirlo y la otra permitirá descargar el gas ya comprimido, el diseño de la válvula está basado en requerimientos mínimos o equivalentes, de la especificación API 6D y ASME B31.8 y será de 24" de diámetro, estará equipada con un sistema llamado control de línea de ruptura (Line break control) y control de cierre de baja presión (low pressure shutoff control) que actúa para cerrar la válvula de seccionamiento en caso de ruptura o fuga incluye todo lo necesario para su correcta operación.

Turbocompresores

El turbocompresor estará integrado por estructuras de soporte, unidad de engranes con accesorios, colector de entrada de aire con conexión de bridas, carcasa dividida axialmente en el plano vertical, cámara de combustión de la turbina, patín de inyección de GN, turbina de eje axial de 3 etapas, colector de escape de turbina, compresor, sistema de venteo de gases de combustión, sistema de succión y descarga del compresor, gabinetes de control, sistema aeroenfriador de aceite, sistema de gas de sellos, control e instrumentación para control de variables, sistema de CO₂ contra incendio, etc.

Por medio de un panel de control se inicia el encendido del turbocompresor, este encendido acciona la cámara de combustión que al generar la ignición (mezcla de aire combustible) que origina el movimiento de la turbina, la transmisión de la energía mecánica hacia el compresor de la unidad hace que el empaquetamiento del fluido a comprimir, se lleve a cabo, el trabajo implica la generación de gases combustibles que son liberados por la chimenea del equipo, así mismo contará con sistema de aeroenfriadores de aceite para la realización del proceso completo, el control de variables se lleva a cabo por medio de instrumentación y controles para mantener condiciones ideales de operación durante el proceso.

Aeroenfriadores

Los aeroenfriadores permitirán mantener condiciones de temperatura adecuadas y evitar fallas en el funcionamiento de ductos por expansión por elevadas temperaturas y elementos actuadores para la correcta operación de la estación de compresión en la estación Pátzcuaro se contemplan son de tiro forzado. Por lo que garantizaran la temperatura adecuada del GN (30°C -50°C) a la salida del aeroenfriador para suministro a consumidor final en condiciones requeridas.

Los aeroenfriadores, se integrarán por unidades de ventilación (ventilador de tiro forzado), revestimiento, intercambiador, persianas, serpentines, recirculación, elementos de conexión, carcasa, estructura, instrumentación, etc.

Sistema de venteo

Como parte integral de la estación se contempla el diseño e instalación del sistema de venteo teniendo como equipo mayor la chimenea de venteo, sin dejar a un lado válvulas de alivio locales en cada equipo, con la finalidad de aliviar cualquier sobrepresión de GN y ser liberados a la atmosfera para garantizar la seguridad e integridad del personal operativo, así como la integridad patrimonial.

La chimenea de venteo y válvulas de alivio, estará integrado por tiro elevado en tubería de acero al carbón, válvulas de bloqueo automáticas, válvulas de alivio, accesorios y equipos de comunicación.

Tanques de almacenamiento

En el proyecto contempla como parte del proceso el uso de tanques de almacenamiento vertical y horizontal. Los principales fluidos a manejar son: aire comprimido, diésel y condensados de gas natural.

Los materiales a utilizar serán placa de acero al carbón según lo especificado para el servicio y de acuerdo a los códigos UL 142, ASME y API aplicables, las boquillas y accesorios de los tanques cumplirán con los requisitos del código ASME B19.1/ANSI, así como NFPA Clase 1, NFPA clase 3.

I.1.3 Proyecto sistema contra incendio

Se proveerá de un sistema contra incendio en la estación con todos los accesorios e instrumentos para completar los sistemas operativos para cumplir con el código aplicable y la protección y prevención de incendios de SENER-CENAGAS y estándares del gobierno estatal, así como internacionales aplicables.

El sistema contemplado en la estación de compresión Pátzcuaro se instalará en puntos que sean requeridos extintores de polvo químico seco de capacidad de 9 Kg y 12 Kg dependiendo zona y área correspondiente cumpliendo la NOM-154-SCFI-2005.

El proyecto tiene contemplado instalación y comisionamiento en sistemas de control de seguridad de gas y fuego, basado en detectores infrarrojos ultravioleta (detectores (UHS) modelo: X5200 y detectores de gas (ASH) MSA, estratégicamente instalados en la estación de compresión, para un mejor control se menciona de (RTP3000 TAS (Johnson Controls).

Se considera la instalación y el diseño de comunicación de la interface entre hombre y máquina y todo lo necesario en la configuración, además el sistema tendrá alarmas visibles y audibles localizadas en diferentes puntos de la estación

En el **Anexo A, Lay out SCI Gral Extintores y Lay out SCI**, se encontrarán los planos originales del sistema contra incendios y de ubicación de extintores para mayor detalle.

En la **Figura 2**, se muestra el plano de localización general de los sistemas contraincendios (SCI).

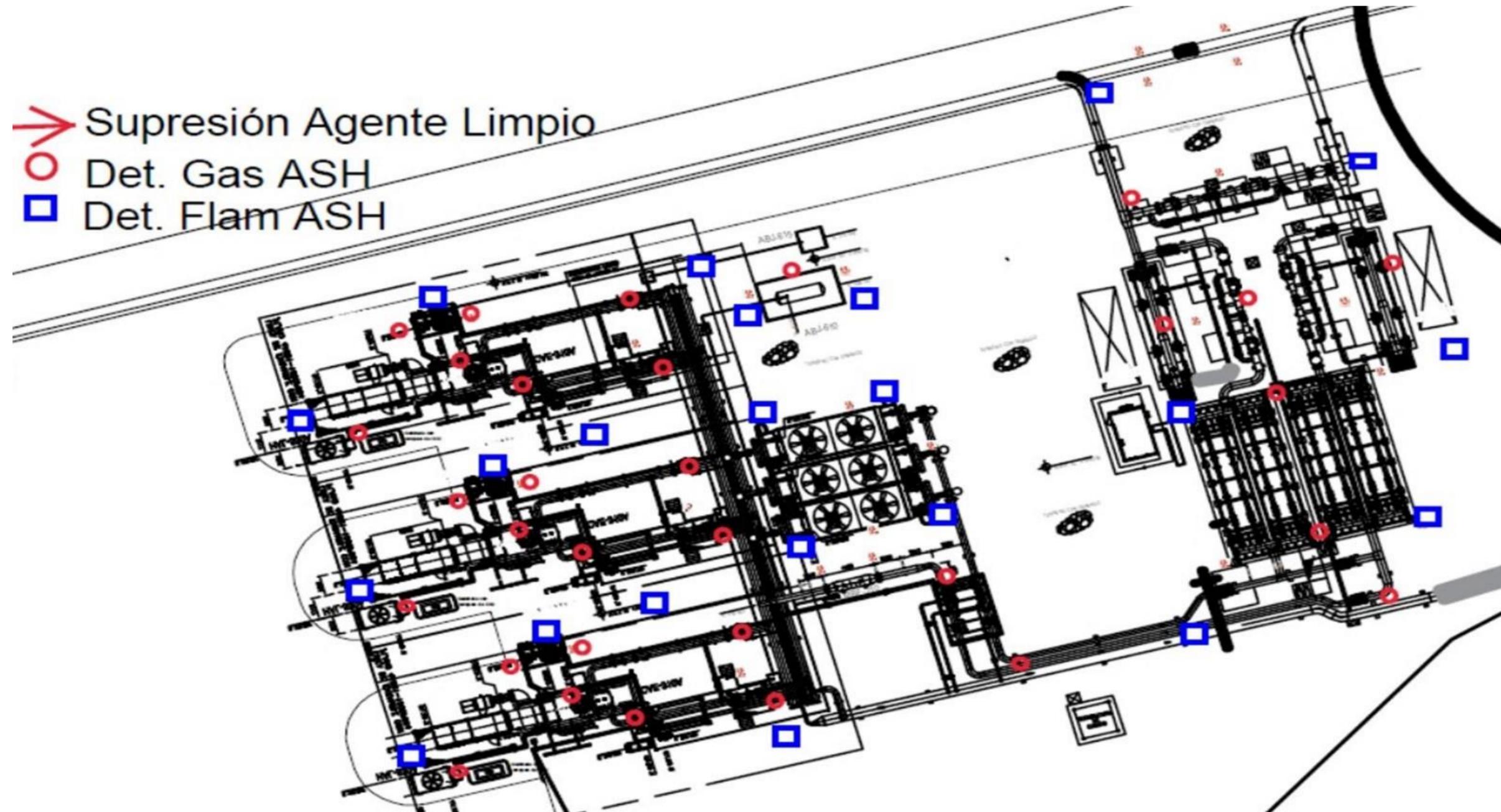


FIGURA 2 PLANO DE LOCALIZACIÓN GENENARL DEL SCI

Fuente: CENAGAS, 2020.

En la **Figura 3** Plano de localización general de extintores, se muestra la ubicación de los extintores dentro de la estación, los culés están marcados con un punto rojo.

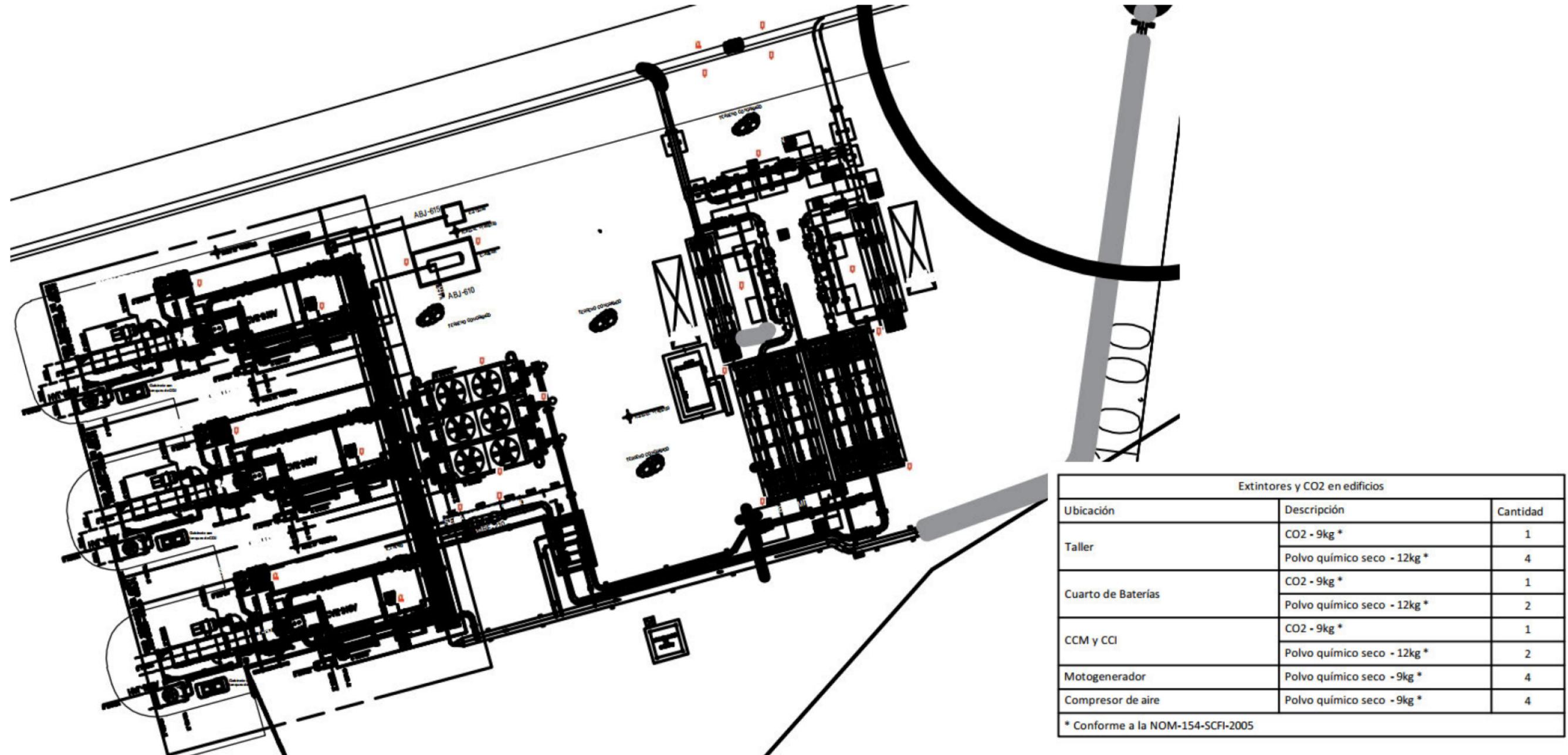


FIGURA 3 PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EXTINTORES

Fuente: CENAGAS, 2020.

Características y capacidades de equipos de supresión de incendio

Los sistemas de gas y fuego, así como la central de humos de la planta de gas es un requerimiento normativo obligatorio aplicable para contribuir a la seguridad del personal, con equipo confiables y modernos para detectar la presencia de atmosferas explosivas, fuego, humo y así poder notificar a los operadores y personal de SMS, permitiendo localizar sucesos y contrarrestar el siniestro.

- El sistema de gas y fuego: Activara el nivel de paro de emergencia, mediante las señales por fuga de gas, presencia de fuego y botoneras de paro.
- El sistema central de humo: El panel central de detección de humos deberá supervisar, procesar y evaluar señales que entran desde dispositivos direccionales como los detectores foto eléctricos y sistema de detección temprana VESDA. Todos los eventos serán comunicados al sistema SCADA y quedarán registradas y visualizadas desde HMI.

En cada estación manual el sistema tendrá que contar como requerimientos mínimos con:

- Alarmas audibles
- Alarmas visibles
- Detectores de humos
- Detectores fotoeléctricos.
- Botones de paro
- Botones de aborto
- Tanques de agente limpio (Banco)
- Switch de baja presión
- Auto selector/mantenimiento
- Switch de alta presión
- Sistema de detección de proximidad, Early detection system. (VESDA)

El sistema contara con:

- Remotos
- Cuarto de control
- Subestación

Activación automática

El sistema de supresión de incendio, debe actuar de manera automática en cualquiera de las situaciones que a continuación se describen:

- Se debe cumplir esta condición, detectores de humo, fugas temperatura, que se encuentran distribuidos en forma estratégica en la zona de riesgo y estando configurados en el tablero de control para supresión de incendio, en la modalidad de zona cruzada, se activen por emergencia, enviando la señal correspondiente, a dicho tablero.
- La señal de activación proveniente de cada uno de los detectores de humo, fugas y temperatura (elementos que están configurados en el tablero de control como zona cruzada), se direccionan automáticamente al tablero de control para supresión de incendio, donde se establece un estado de alarma primaria y se activan simultáneamente las alarmas visuales y audibles en el tablero de control, sin que se active el disparo del sistema de supresión de incendio.
- En aquellos casos en donde la distribución arquitectónica del cuarto de control, presente un área de riesgo, que por sus características se considere zona confinada, y por su dimensionamiento no permita colocar más de un detector de humo, fugas y temperatura, solo en esta condición, se debe configurar en el tablero de control para supresión de incendio, la descarga automática del sistema de supresión de incendio por una sola señal de detección.
- La señal de los detectores de humo, fugas y temperatura, que se configure en el tablero de control para supresión de incendio, como única detección para una zona de riesgo, debe ser identificada por dicho tablero y procesada como alarma secundaria, de acuerdo a lo indicado

Activación manual

El sistema de supresión de incendio, debe actuar de manera manual en cualquiera de las situaciones que a continuación se describen:

- Se efectúa en forma manual remota por medio del accionamiento de cualquiera de las estaciones de activación manual distribuidas según las necesidades de la instalación (botones de emergencia). Al ser activada una estación manual el tablero de control recibe la señal y entra en estado de alarma, indicándolo por medio de las señales de alarma visual y audible, posteriormente en un lapso máximo de 60 segundos, debe iniciar la descarga del agente extinguidor de incendio.

-
- Se efectúa en forma manual local, por medio del dispositivo de accionamiento manual mecánico montado directamente sobre la válvula del cilindro de almacenamiento de agente Limpio.

I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

El proceso comenzará a partir de la interconexión a ducto principal Valtierrilla - Lázaro Cárdenas, por lo que se conectará con la tubería de 24" Ø del gasoducto Valtierrilla - Lázaro Cárdenas existente y contará con tubería de entrada y de salida del mismo diámetro, se instalará dos válvulas de seccionamiento en la conexión para permitir el flujo de entrada y salida de gas.

Posteriormente el flujo pasará al filtro separador de succión de gas MBF 210, el cual ejercerá el proceso de succión del GN ocasionado por el turbocompresor donde existirá un flujo constante hacia la entrada del turbocompresor, donde se realiza el barrido y retención en el elemento filtrante dentro de tanque y las partículas recogidas serán drenadas al exterior por medio de un dren hacia el cárcamo especial para su posterior tratamiento.

A continuación, para que el gas se transporte con las condiciones de operación necesarias (flujo y presión), se requiere de 3 turbocompresores 2 para operar y 1 disponible. Por lo que por medio de un panel de control se inicia el encendido del turbocompresor, este encendido acciona la cámara de combustión que al generar la ignición que origina el movimiento de la turbina, la transmisión de la energía mecánica hacia el compresor de la unidad hace que el empaquetamiento del fluido a comprimir (GN) se lleve a cabo, el trabajo implica la generación de gases combustibles que son liberados por la chimenea del equipo.

Posteriormente el gas pasará al sistema de enfriamiento, donde el gas entrara a los aeroenfriadores permitirán mantener condiciones de temperatura adecuadas y evitar fallas en el funcionamiento de ductos por expansión y por temperaturas elevadas.

Una vez realizada la compresión con la presión y flujo requerido por los turbocompresores, el gas será inyectado al gasoducto principal a través de un cabezal principal de descarga donde se colocarán las válvulas de 24" para conectar nuevamente al gasoducto Valtierrilla- Lázaro Cárdenas.

En el **Anexo A, Filosofía de Pátzcuaro**, se encuentra la filosofía de operación para más detalle.

En la **Figura 4**, se muestra el diagrama de flujo de proceso (DFP) de la estación.

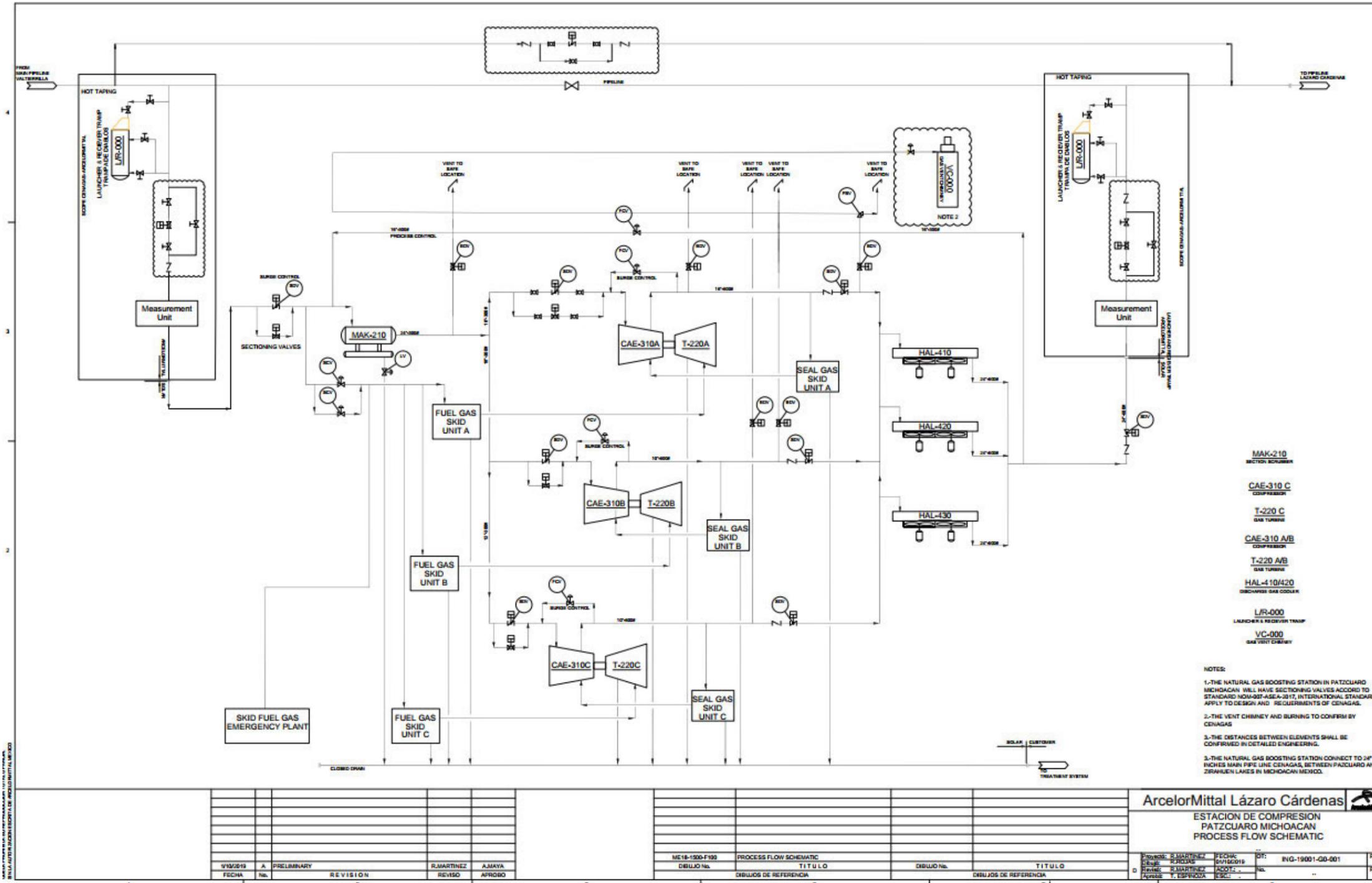


FIGURA 4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL PROYECTO

Fuente: CENAGAS, 2020.

En la **Figura 5** Plano de localización general de equipos, se observa la ubicación de los equipos.

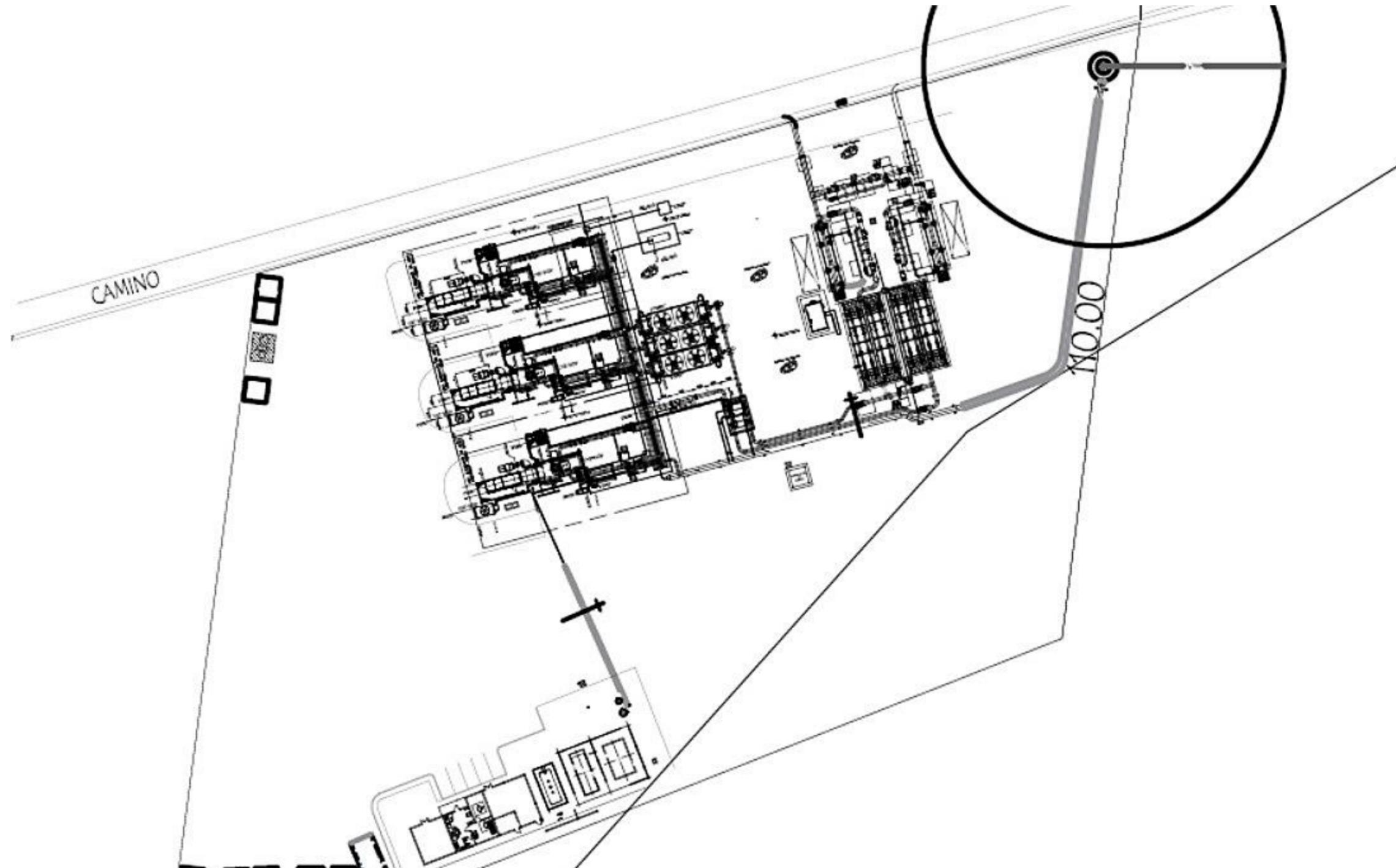


FIGURA 5 PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPOS

Fuente: CENAGAS, 2020.

1.2.1 Hojas de seguridad

La sustancia principal manejada en la estación será el gas natural. Las principales características del gas natural

- 1. Que no es una sustancia tóxica, es una sustancia asfixiante e inflamable.
- 2. Su densidad y composición hace que sea volátil (más ligero que el aire) y de fácil dispersión.
- 3. Sus rangos de inflamabilidad son entre 4.5% y 14.5 %.

Los componentes del gas natural del proyecto se mencionan en **Tabla 3** Composición del GN

TABLA 3 COMPOSICIÓN DEL GN

Componente	Unidades (%mol)
Metano	95.6812
Etano	2.9368
Propano	0.119
I-Butano	0.014
N-Butano	0.014
I-Pentano	0.013
N-Pentano	0.001
N-Hexano	0.001
Nitrógeno	0.3381
Dióxido de Carbono	0.876

Fuente: CENAGAS, 2020.

En la **Tabla 4** Sustancias peligrosas manejadas en el proyecto se observa dicha información

TABLA 4 SUSTANCIAS PELIGROSAS MANEJADAS EN EL PROYECTO

Nombre	Cantidad máxima almacenada (MMSCFD)	Recipiente	S	I	R	CAS	TLV (ppm)	IDLH (ppm)	STEL (ppm)	LII (%)	LSI (%)	Flash Point (°C)
Gas natural	162.2					74-82-8	-	-	-	4.5	14.5	-222

Nota: S: Riesgo a la salud, I: Inflamabilidad, R: Reactividad, CAS: Servicio de Resúmenes Químicos (Chemical Abstracts Service), TLV: Valor Umbral Límite (Threshold Limit Values), IDLH: Inmediatamente peligroso para la vida o salud (Immediately Dangerous to Life or Health), STEL: Límite de Exposición a Corto Plazo (Short Term Exposure Limit), LII: Límite inferior de inflamabilidad, LSI: Límite superior de inflamabilidad

Fuente: HDS, Gas Natural, 2015

I.2.2 Equipos de proceso y auxiliares

En el siguiente apartado se describirán los equipos de principales y auxiliares, esto acorde a la etapa del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto, se requerirá de los equipos, que se muestran en la **Tabla 5** Equipos de proceso y auxiliares.

TABLA 5 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES

Cantidad	Equipo	Capacidad
1	Tanque diésel	15000 litros
1	Tanque de aire comprimido	-
1	Tanque de condensados de aire comprimido	-
1	Tanque de condensado de gas natural	-
2	Compresor de aire	60HP
3	Aeroenfriador de gas	-
1	Moto generador eléctrico	750KW
2	Sistema desecante de aire comprimido	Tipo 1, ANSI B16.5
1	Filtro para gas natural	-
2	Patín de regulación y medición	-
2	Trampa de diablos	-
3	Patín de gas de sellos	-
3	Aeroenfriador de aceite	-
1	Sistema de detección de fuego	-
1	Sistema de HVAC	-
1	Sistema de instrumentación	-
1	Sistema de CCTV	-
1	Subestación eléctrica	-

Fuente: CENAGAS, 2020.

I.2.2.1 Interconexión a ducto principal:

La Interconexión a ducto principal Valtierra - Lázaro Cárdenas de 24" de diámetro llevará a cabo procedimiento de Hottaping y métodos de soldadura aplicables apegados a normativas vigentes.

La interconexión incluye línea succión y descarga, por lo que se instalara una válvula automática de seccionamiento e infraestructura para salvaguardar la integridad patrimonial. La válvula de seccionamiento se accionará por medio de un sistema de detección de fugas, para cerrar en forma remota desde el centro de operaciones (cuarto de control) con el objeto de bloquear el flujo de GN.

I.2.2.2 Trampas de diablos

Las trampas de envío y recibo de diablos en el SNG, permitirán a CENAGAS realizar las actividades de operación y mantenimiento en los dos nuevos segmentos del SNG.

Las trampas lanzadoras y receptoras funcionaran en base a condiciones particulares en ducto de Valtierra - Lázaro Cárdenas.

I.2.2.3 Patín de medición y regulación.

El patín de medición y regulación se diseñará e instalara al exterior los patines de medición y regulación estas se pretenden sean redundantes y se instalaran 3 trenes, en zona succión, descarga y gas combustible, a efecto de disponer todo el flujo de gas a máxima capacidad.

Para la medición del flujo de gas, se utilizarán medidores ultrasónicos de los cuales se obtendrán los datos requeridos para su control.

Los patines de medición y regulación se integrarán por válvulas de tipo bola con actuadores electrónicos con protocolo de comunicación correspondiente, interruptores de límite, selector local y remoto, medidores ultrasónicos, sistema de comunicación electrónica, instrumentación, estructuras, etc.

I.2.2.4 Turbocompresores

Los turbocompresores, serán de tipo Industrial, dos ejes, compresión axial, 12 etapas, paletas de guía variable, relación de compresión 12.2:1, flujo de aire de entrada 21.3 kg/seg (47.0 lb/seg), máxima velocidad 15,000 RPM, cámara de combustión, tipo anular, 12 inyectores de combustible, sistema de encendido de antorcha, turbina productora de gas, 2 etapas, reacción, máxima velocidad 13,950 RPM, sondas de proximidad y boquillas y aletas de turbina, compresor 12 etapas.

El turbocompresor estará integrado por estructuras de soporte, unidad de engranes con accesorios, colector de entrada de aire con conexión de bridas, carcasa dividida axialmente en el plano vertical, cámara de combustión de la turbina, patín de inyección de GN, turbina de eje axial de 3 etapas, colector de escape de turbina, compresor, sistema de venteo de gases de combustión, sistema de succión y descarga del compresor, gabinetes de control, sistema aero enfriador de aceite, sistema de gas de sellos, control e instrumentación para control de variables, sistema de CO₂ contra incendio, etc.

Por medio de un panel de control se inicia el encendido del turbocompresor, este encendido acciona la cámara de combustión que al generar la ignición (mezcla de aire combustible) que origina el movimiento de la turbina, la transmisión de la energía mecánica hacia el compresor de la unidad hace que el empaquetamiento del fluido a comprimir, se lleve a cabo, el trabajo implica la generación de gases combustibles que son liberados por la chimenea del equipo, así mismo contara con sistema de aeroenfriadores de aceite para la realización del proceso completo, el control de variables se lleva a cabo por medio de instrumentación y controles para mantener condiciones ideales de operación durante el proceso.

1.2.2.5 Aeroenfriadores

Los aeroenfriadores permitirán mantener condiciones de temperatura adecuadas y evitar fallas en el funcionamiento de ductos por expansión por elevadas temperaturas y elementos actuadores para la correcta operación de la estación de compresión en la estación Pátzcuaro se contemplan son de tiro forzado. Por lo que garantizaran la temperatura adecuada del GN (30°C -50°C a la salida del aeroenfriador con dirección a descarga a ducto) para suministro a consumidor final en condiciones requeridas.

Los aeroenfriadores, se integrarán por unidades de ventilación (ventilador de tiro forzado), revestimiento, intercambiador, persianas, serpentines, recirculación, elementos de conexión, carcasa, estructura, instrumentación, etc.

I.2.2.6 Separador de succión

El filtro separador estará diseñado para retener partículas hasta de 8 micras, o mayores y el 100% de retención para líquidos de gotas de 3 micras y mayores. El diseño del sistema de separación y filtración incluirá un sistema de drenado seguro para recuperar líquidos en un dispositivo adecuado (cárcamo de aceites condensados).

El equipo estará integrado por: tanque o cilindro, mallas de entrada y salida, elemento filtrante, accesorios de interconexión, controles e instrumentación son esenciales para llevar a cabo este proceso de retener partículas para el mejor tratamiento del gas.

I.2.2.7 Aire comprimido y sistemas desecantes

La estación de compresión contara con suministro de aire comprimido para planta e instrumentos, empleando 2 compresores, uno en operación y otro de respaldo. Cada uno de los compresores tendrá la capacidad de cubrir la demanda de aire de instrumentos.

Sistema de aire comprimido como sistema integrado por compresores de aire, sistemas desecantes, tanques pulmón, conjunto de válvulas en general y tubería para interconexión de instrumentos, sistemas de drenado, etc. operando con la finalidad de alimentar neumáticamente a los sistemas.

Aunado a lo mencionado anteriormente los equipos cuentan con aislamiento térmico, esto de acuerdo a las características del proceso que se llevara a cabo, como se muestra en la **Tabla 6**.

TABLA 6 AISLAMIENTO TÉRMICO

Tipo de tubería	Rango de temperatura	Espesor máximo	Observaciones
Tubería de descarga (turbo compresor – Aero enfriador)	62.3°C	2"	Fibra de vidrio con revestimiento de aluminio, abrazaderas y cintillos de acuerdo a zona y diámetro de tubería.
Turbocompresor (aislamientos en turbina)	70°C	2"	Fibra de vidrio con revestimiento de aluminio, abrazaderas y cintillos de acuerdo a zona y diámetro de tubería.
Aero enfriador de aceite	40°C	2"	Fibra de vidrio con revestimiento de aluminio, abrazaderas y cintillos de acuerdo a zona y diámetro de tubería.
HVAC de aroenfriador de aceite.	45°C	1"	Fibra de vidrio con revestimiento de aluminio, abrazaderas y cintillos de acuerdo a zona y diámetro de tubería.
Tubería a tanque de condensados.	45°C	1"	Fibra de vidrio con revestimiento de aluminio, abrazaderas y cintillos de acuerdo a zona y diámetro de tubería.
Escape y accesorios del generador eléctrico.	75°C	1"	Fibra de vidrio con revestimiento de aluminio, abrazaderas y cintillos de acuerdo a zona y diámetro de tubería.

Fuente: CENAGAS, 2020.

I.2.3 Almacenamiento

De acuerdo a las características del proyecto no se cuenta con el almacenamiento de gas natural. Por lo que este apartado no aplica.

I.2.4 Pruebas de verificación

En la instalación de la estación, se contemplan las pruebas de verificación en los rubros de la instalación mecánica, la instalación eléctrica y control e instrumentación para satisfacer las disposiciones del marco normativo nacional e internacional aplicable y que se consideran necesarias para garantizar la correcta operación de la estación de compresión.

Las pruebas de verificación que se realizarán en este proyecto serán las siguientes:

Protección catódica

- Prueba on/off de los sistemas para determinar los niveles de protección catódica, niveles de operación de los equipos y componentes, interferencias, fugas de corriente de protección, evaluación de lechos de ánodos y de posibles deficiencias de distribución de corriente.
- Medición de potenciales eléctricos
- Medición de potenciales naturales de tanques y tuberías en suelos o estructuras sumergidas. medición de potenciales eléctricos de las estructuras una vez protegidas.
- Verificación del estado operativo en sistemas catódicos

Hidrostática

Es la prueba de presión a la que deben someterse las tuberías para certificar su hermeticidad, sosteniendo la presión durante un tiempo establecido, utilizando agua como fluido de prueba.

Procedimiento

- Asegurar la disponibilidad, cantidad y calidad del agua requerida.
- Contar con la hoja de características técnicas del fabricante de la tubería a probar.
- Realizar un muestreo de la medición de espesores de la tubería a probar, según se determine y en caso de requerirse.
- Determinar la presión de la prueba hidrostática y el tiempo de duración de la misma.
- Tender y unir los tramos de tubería a probar con soldadura a tope, utilizando el equipo necesario, en caso de que se requiera.
- Asegurar que la tubería o segmento este limpio interiormente, antes de iniciar la prueba hidrostática.
- Asegurar la hermeticidad en los extremos de la tubería que va a probarse hidrostáticamente, mediante la instalación de bridas ciegas, tapones o juntas ciegas
- Calibrar e instalar manómetros, manógrafos y termógrafos en los sitios que se requieran.

- Instalar desfogues en las partes altas para purgar el aire, en caso de que se requiera. Instalar cople o niple del diámetro requerido para inyección de agua.
- El personal de mantenimiento y/o compañía contratista, debe inyectar el agua en la tubería hasta empacarla eliminando totalmente el aire (purgar) a través de las válvulas de venteo, colocadas en las partes más altas del sistema.
- El personal de operación y/o compañía contratista debe probar e instalar los registradores de presión y temperatura.
- El personal de mantenimiento y/o compañía contratista debe probar e instalar la bomba de presión con capacidad suficiente para alcanzar la presión especificada.

De la disposición y manejo de los residuos se contempla agencia especializada en el tema por el proveedor, la tramitara ante comisión nacional del agua (CNA) o autoridad correspondiente autorización para disposición final del agua utilizada en la prueba (si se requiere).

De presión con gas inerte

La prueba e igual manera se aplica para detectar posibles escapes de gas y verificar la resistencia de la red a presiones superiores de diseño, asegurando que el total de los componentes tales como válvulas, tubería y accesorios resisten dichas presiones.

- Tipo de gas inerte: nitrógeno (N₂) y dióxido de carbono (CO₂).
- La presión de la prueba será igual a 3 veces la presión de operación.
- El tiempo máximo de prueba serán de 60 min y/o de acuerdo con requerimientos de CENAGAS.

Líquidos penetrantes

Consiste en la aplicación de un líquido sobre la superficie de la soldadura a examinar, esta penetra la capacidad en las imperfecciones de la soldadura. Una vez quitado el exceso, nos rebelara lo que ha quedado retenido en la imperfección (poros, fisuras, etc.).

Existen dos tipos de líquidos penetrantes, los fluorescentes y los no fluorescentes.

- Fluorescentes: contienen un colorante que fluórese bajo la luz negra o ultravioleta.
- No fluorescentes: contienen un colorante de alto contraste bajo la luz blanca.
- Tiempo estándar: según la especificación y marca del spray y del líquido revelador que es normalmente blanco.

Radiografiado

La inspección radiográfica es un método cuyo propósito es detectar la presencia y naturaleza de los defectos macroscópicos en el interior de las soldaduras o materiales bajo inspección.

Aplicada esta inspección, permite tomar las medidas convenientes tendientes a eliminar los defectos en que estén incurriendo los soldadores y consecuentemente se eliminan, o se reduce a un mínimo, la necesidad de remover soldaduras defectuosas.

Los métodos para el radiografiado se basan en rayos Gamma y rayos X estos registran defectos tales como inclusiones de escoria, porosidades, falta de fusión, roturas, penetración, incompleta, quemadas de la raíz, etc. Determinados su magnitud, para el acuerdo con las especificaciones aplicables en cada caso, se juzgue la aceptabilidad de las soldaduras bajo inspección.

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las condiciones de operación se describen a continuación, así como los datos de la presión temperatura y volumen.

En el proyecto, los equipos y su funcionamiento, deberán estar apegados a las condiciones de operación de flujo y presión que se muestran en la **Tabla 7**.

TABLA 7 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE ESTACIÓN

Condición de operación	Cantidad
Flujo total máximo de entrega a la EC Pátzcuaro	248.6 MMpcd
Presión mínima de entrega a EC Pátzcuaro	385.45 psig
Presión máxima de entrega a EC Pátzcuaro	546.17 psig
Flujo total máximo de recepción al SNG	265 MMpcd
Presión mínima de recepción al SNG (Valtierrilla)	600.00 psig
Presión máxima de recepción al SNG (Valtierrilla)	739.61 psig
Temperatura mínima del GN al SNG y EC Pátzcuaro	25°C
Temperatura máxima del GN al SNG y EC Pátzcuaro	45°C

Nota: MMpcd: millones de pies cúbicos diarios,
Fuente: CENAGAS, 2020.

I.3.1 Especificación del cuarto de control

De acuerdo a las características del proyecto, la propuesta del cuarto de control, tiene como objetivo servir como cuarto eléctrico para alojar el equipo y protegerlo de la intemperie.

Se planteará una estructura, tal que cumpla con las condiciones de seguridad y funcionalidad que marcan las normas de diseño vigentes en nuestro país, en el **Anexo A, Remota propuesta**, se encuentra el plano de propuesta de cuarto de control, para mayor detalle

El cuarto de control que requiere el proyecto se muestra en la **Figura 6**.

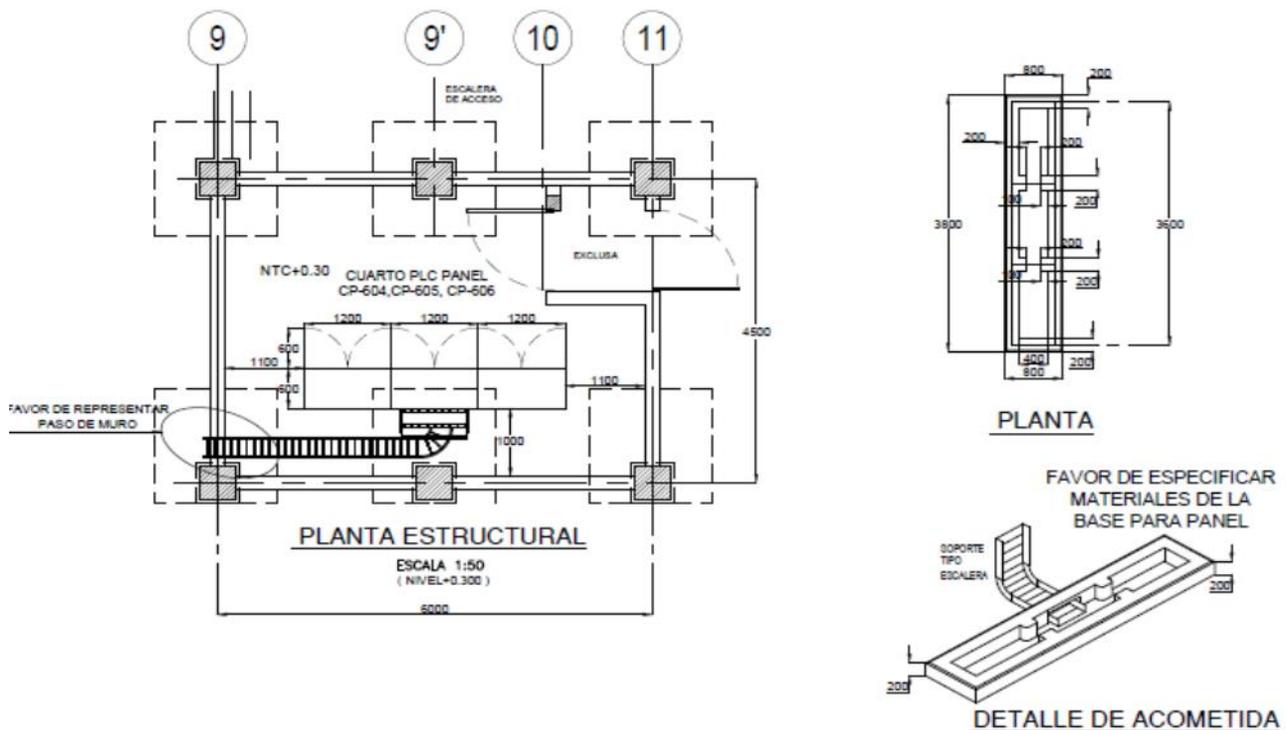


FIGURA 6 PROPUESTA DE CUARTO DE CONTROL

Fuente: CENAGAS, 2020.

I.3.2 Sistema de aislamiento

Los sistemas de aislamiento se definen así a un sistema que combina distintas técnicas de barrera donde permite el control de las variables y protege las instalaciones en caso de que las condiciones alcancen niveles fuera de parámetros o se susciten eventos no deseados.

De acuerdo a las características de la estación se tendrá las siguientes:

- Válvulas de seccionamiento.
- Válvulas reguladoras.
- Sistema "SCADA" Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Supervisor y Control And Data Acquisition)
- Protección catódica
- Sistema contra incendios

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para facilitar el análisis y evaluación de riesgos, el equipo analista de riesgos en los procesos normalmente considera rangos de la industria de hidrocarburos (basándose en las referencias industriales y en la experiencia de la empresa) para analizar y evaluar los eventos de riesgos.

I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

El análisis histórico de accidentes e incidentes es un método del tipo cualitativo, el cual consiste en estudiar algunas estadísticas de accidentes importantes registrados en el pasado en sistemas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza.

Las actividades con manejo de petrolíferos, tiene cierto margen de riesgo que puede estar vinculado a manifestaciones de eventos no deseados como derrames, incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición de la sustancia transportada) y otros factores.

En la **Tabla 8** Antecedentes de accidentes e incidentes se mencionan fugas y explosiones de gas natural se observa dicha información.

TABLA 8 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Fecha	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
2019	Celaya, Gto	Ducto	Gas Natural	Fuego/ Explosión	Golpearon uno de los ductos provocando una explosión	2 lesionados con quemaduras de segundo grado	Evacuación de 150 personas
2012	Allentown, Pensilvania	Red de acero – Colonia habitacional	Gas natural	Fisura de un ducto de 12 pulgadas	Fueron instaladas en 1928.	Fuga grado 0 - Ocho casas fueron completamente destruidas, y se vieron afectados sus alrededores, 5 muertes y tres hospitalizaciones	Contención y Evacuación
2011	Philadelphia, Pensilvania	Red de acero – Colonia habitacional	Gas natural	Fisura de un ducto de 12 pulgadas	Fueron instaladas en 1942.	Fuga grado 0 - Muerte de un empleado y graves heridas algunos otros, durante la reinstalación del ducto	Arreglos del daño provocado, e investigación del altercado

TABLA 8 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Fecha	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
2011	Austin, Texas	Red de acero - casa	Gas natural	Ruptura de un ducto de 4 pulgadas	Clima extremoso desde sequia hasta inundaciones	Fuga grado 0 - Explosión de una casa dejando a un muerto y un herido	Arreglos del daño provocado, e investigación del altercado
22/07/2007	Ciudad Pemex-Coatzacoalcos	Ducto de Gas Etano	Gas Etano	Fuego / Explosión	Fuga	lesión	Evento histórico (No se cuenta con la información)
05/07/2007	Salamanca-Valle Santiago	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	No hubo lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)
05/07/2007	Celaya, Guanajuato;	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	No hubo lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)
10/09/2007	Río Actopan	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	No hubo lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1996	Cactus Chiapas	Complejo procesador de gas	Gas Etano Plus	Fuego / Explosión	Fuga	No se tiene el dato	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1993	Villahermosa Tabasco	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	Fuga	Sin información	Sustitución de un tramo de 195 m.

TABLA 8 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Fecha	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
1994	Nuevo León	Centro de regulación de gas	Gas Natural	Fuga	Mantenimiento al purgar la válvula de salida del gas	No hubo lesionados	Reubico el centro de regulación del ducto
1994	Villahermosa Tabasco	Cambio de válvula de 36"	Gas Natural	Fuga	Corto circuito del cable de suministro eléctrico	11 lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1995	Monclova Coahuila	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	Fuga	No hubo lesionados	Se realizó la recalibración de la válvula de seguridad
1995	Chiapas	Gasoducto	Gas Natural	Fuego/Incendio	Fuga	4 lesionados	Se realizó el bloqueo de gas marino y Mesozoico al complejo
1995	Jalisco	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	Mal estado de válvula	No hubo lesionados	Reposicionamiento de válvula
1995	Tamaulipas	Cuarto de control de toma de muestra	Gas Natural	Fuego/Explosión	Fuga de Hidrogeno	1 muerto	Evento histórico (No se cuenta con la información)

TABLA 8 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Fecha	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
1995	Tabasco	Gasoducto	Gas Natural	Fuego/Explosión	Seccionamiento de una línea abandonada que contenía remanentes	2 personas lesionadas	Verificación de la tubería que ya no exista residuos de gas para evitar evento subsecuente

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

I.4.2 Metodología de identificación, identificación y jerarquización de riesgos

En este apartado se expondrá como se realizó la determinación de los posibles eventos de riesgos que pueden presentarse durante la operación del sistema de transporte de gas natural del proyecto, considerando los parámetros de operación y condiciones ambientales promedio de la zona del proyecto y como se realizó la evaluación y el análisis de los posibles riesgos.

I.4.2.1 Análisis cualitativo de riesgos

En el presente apartado se describirá la metodología con la que se realizó la identificación de riesgos, así como las categorías de frecuencia, categorías de consecuencia y matriz de riesgo que manejada por CENAGAS para la evaluación de los posibles escenarios riesgos.

La metodología utilizada en este estudio se sustenta con lo establecido en la **Tabla 9** Metodologías de acuerdo a la etapa de vida del proceso, donde se muestra el uso adecuado de cada una de las metodologías, de acuerdo a la etapa de cada proyecto.

TABLA 9 METODOLOGÍAS DE ACUERDO A LA ETAPA DE VIDA DEL PROCESO

Etapa	Lista de Verificación	¿Qué pasa sí...?	¿Qué pasa sí...? / Lista de Verificación	FMEA	HAZOP	AAE	AAF	AC
Investigación y desarrollo			X					
Diseño conceptual	X	X	X					
Operación de planta piloto	X	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniería de detalle	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción y arranque	X	X	X					
Operación rutinaria	X	X	X	X	X	X	X	X
Expansión o modificación	X	X	X	X	X	X	X	X
Desmantelamiento	X	X	X					

Nomenclatura: AAE: Análisis de Árboles de Eventos; AAF: Análisis de Árboles de Fallas; AC: Análisis de Consecuencias.

Fuente: Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso 800-16400-DCO-GT-75.

De acuerdo a las características operativas del proceso, a la naturaleza de las sustancias manejadas en el sitio y a las características del entorno, la técnica más adecuada para la identificación de riesgos asociados a la actividad de recolección y medición de gas natural, es la metodología, *¿Qué pasa sí...? / What If...?*.

I.4.2.2 Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Metodología ¿Qué pasa sí...?

La metodología de análisis *¿Qué pasa sí...?*, tiene enfoque de una lluvia de ideas en la que el grupo multidisciplinario familiarizado con el proceso, se formula preguntas o exterioriza preocupaciones acerca de posibles eventos altos.

El propósito del análisis *¿Qué pasa sí...?* es identificar peligros, situaciones peligrosas o eventos de accidentes específicos que pueden producir una consecuencia indeseable, un grupo multidisciplinario y experimentado, identificando las posibles situaciones de accidente, sus consecuencias y las medidas de seguridad existentes, entonces se sugieren alternativas de reducción de riesgos, el método puede involucrar la revisión de posibles desviaciones del diseño, construcción, modificación o de operaciones, requiere de un entendimiento básico de la intención del proceso, junto con la habilidad de combinar mentalmente las posibles desviaciones del diseño que podrían resultar en un accidente, es un procedimiento poderoso si el personal es experimentado.

En la **Figura 7** Secuencia de la metodología ¿Qué pasa sí...? se observa dicha información

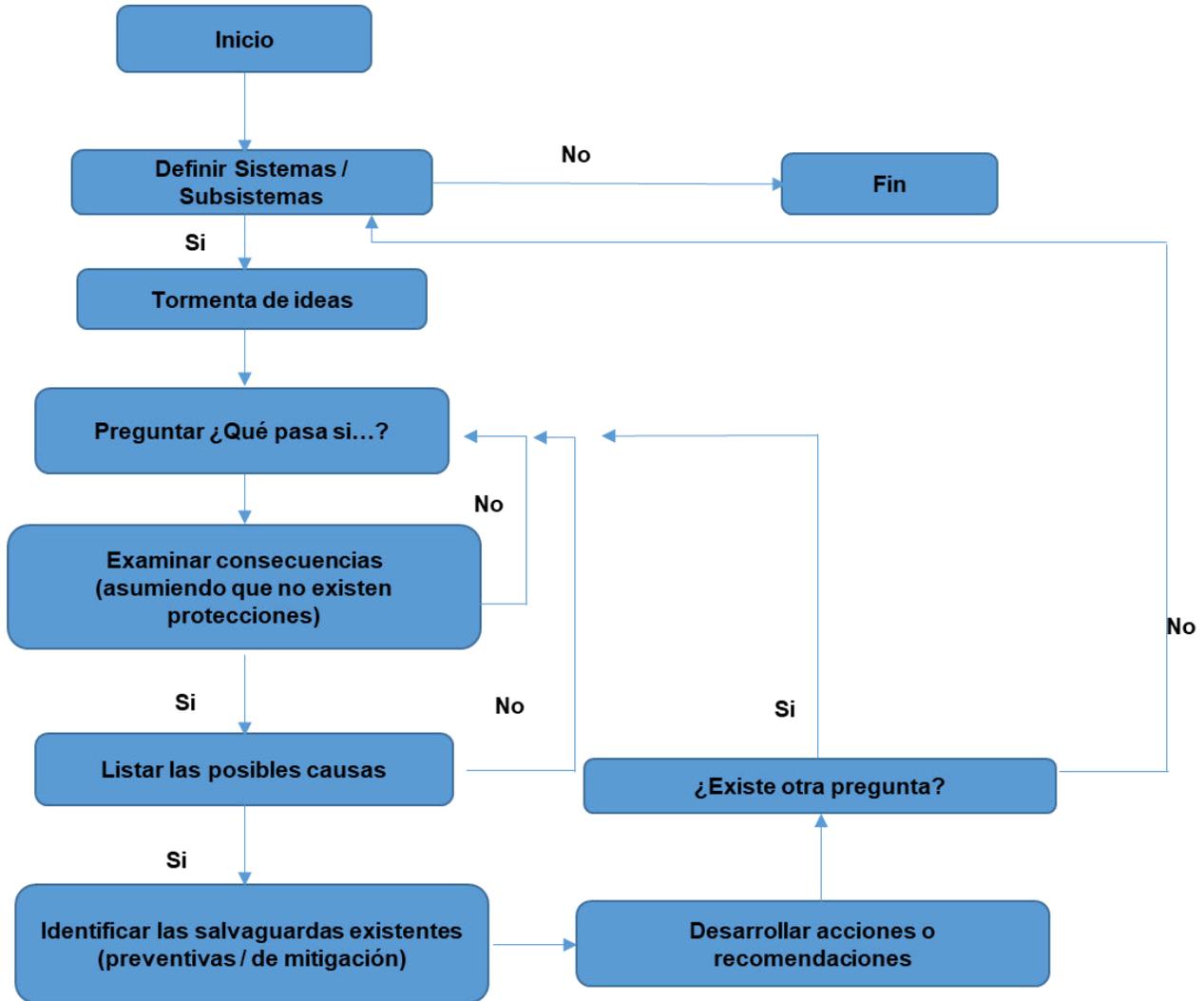


FIGURA 7 SECUENCIA DE LA METODOLOGÍA ¿QUÉ PASA SÍ...?

Fuente: AIChE, 2002.

I.4.2.3 Categoría de frecuencia y consecuencias

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

Categoría de consecuencias

En la **Tabla 10** Categorías de consecuencias se observa dicha información.

TABLA 10 CATEGORÍAS DE CONSECUENCIAS

Categoría de consecuencias	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción [Millones de USD]	Daños a la instalación [Millones de USD]	Daños a bienes de terceros o de la nación [Millones de USD]
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana	Mayor de 50	Mayor de 50	Mayor de 50
5	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana	De 15 a 50	De 15 a 50	De 15 a 50
4	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día	de 5 a 15	De 5 a 15	De 5 a 15
3	Heridas o daños físicos que generan suspensión laboral	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas	De 0.500 a 5	De 0.500 a 5	De 0.500 a 5

TABLA 10 CATEGORÍAS DE CONSECUENCIAS

Categoría de consecuencias	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción [Millones de USD]	Daños a la instalación [Millones de USD]	Daños a bienes de terceros o de la nación [Millones de USD]
2	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en menos de una hora (incluyendo el tiempo para detectar)	De 0.250 a 0.500	De 0.250 a 0.500	De 0.250 a 0.500
1	No se esperan heridas o daños físicos	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	No hay fuga o derrame externo	Hasta 0.250	Hasta 0.250	Hasta 0.250

Fuente: CENAGAS, 2020.

Categoría de la Frecuencia

En esta etapa debe estimarse la frecuencia con que los eventos identificados y seleccionados pudieran presentarse, es decir debe estimarse cada cuando ocurrirán de acuerdo con lo siguiente:

Al igual que en las categorías de consecuencias, se definen 6 niveles cualitativos para la ocurrencia de los eventos, en función de las frecuencias con que se estima que puedan presentarse.

En la **Tabla 11** Categorías de frecuencia se observa dicha información

TABLA 11 CATEGORÍAS DE FRECUENCIA

Categoría de frecuencia	Tipo	Criterios de ocurrencia
6	Muy Frecuente	Ocurre una vez o más veces por año
5	Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 1 y 3 años
4	Poco Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 3 y 5 años
3	Raro	Ocurre una vez en un periodo entre 5 y 10 años
2	Muy Raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta
1	Extremadamente Raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe algún registró.

Fuente: CENAGAS, 2020.

I.4.2.4 Caracterización y jerarquización de riesgos

En esta etapa, las consecuencias y frecuencias estimadas correspondientes a los eventos o escenarios seleccionados deben caracterizarse y posicionarse en la matriz de riesgos

En función del posicionamiento resultante en los cuadrantes de la matriz de riesgos deben aplicarse los criterios de jerarquización, toma de decisiones y acciones, para llevar los riesgos a un nivel razonablemente aceptable, previniendo y/o mitigando sus posibles consecuencias.

Matriz de riesgos

En la **Figura 8** Matriz de jerarquización de riesgos de proceso se observa dicha información

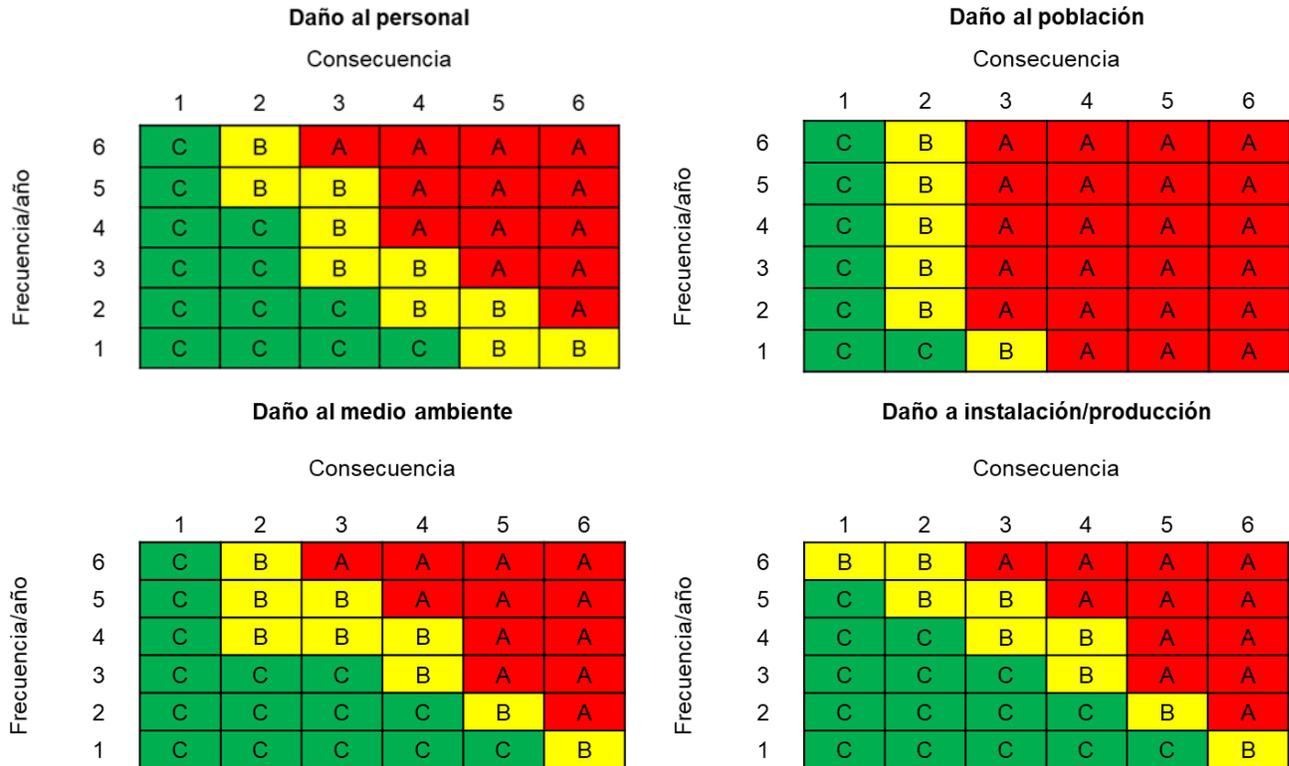


FIGURA 8 MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS DE PROCESO

Fuente: CENAGAS, 2020.

La ponderación y clasificación de los escenarios de riesgo identificados se llevó a cabo durante las reuniones con el equipo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos (EMAER), a efecto de aprovechar el conocimiento del personal operativo del centro de proceso.

La ponderación de riesgos consiste en asignar valores estimados de frecuencia y severidad de consecuencias a los escenarios de riesgo identificados con base en la experiencia del personal y la ocurrencia de eventos similares que se hubiesen presentado durante los años de operación de la instalación, lo anterior sin considerar la acción de las salvaguardas, se emplean las categorías de frecuencia y consecuencias, así como las matrices de riesgo de CENAGAS, contemplando cuatro rubros de afectación:

- **PER:** Afectación a seguridad de las personas;
- **AMB:** Afectación al ambiente;
- **POB:** Afectación a la población
- **INS/PROD:** Afectación a la instalación en los aspectos de daños a la producción y/o instalación

I.4.2.5 Identificación de riesgos

El desarrollo de la identificación de riesgos, se realizó mediante la metodología ¿Qué pasa sí...?, en las oficinas de CSIPA ubicadas en Ciudad de México, CDMX el día **27 de abril del 2020**, se realizó con la participación del grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos (GMAER), formado por el personal de ArcelorMittal, CENAGAS y CSIPA.

El enfoque del análisis de riesgo se dirigió hacia la identificación y evaluación de las causas y consecuencias de eventos no deseados, que potencialmente puedan afectar la seguridad del proceso, así como el riesgo al personal, población e instalación/producción. Lo anterior aunado a la identificación de las protecciones existentes, permite determinar la pertinencia de la aplicación de medidas adicionales, que conlleven a la operación segura de las actividades involucradas.

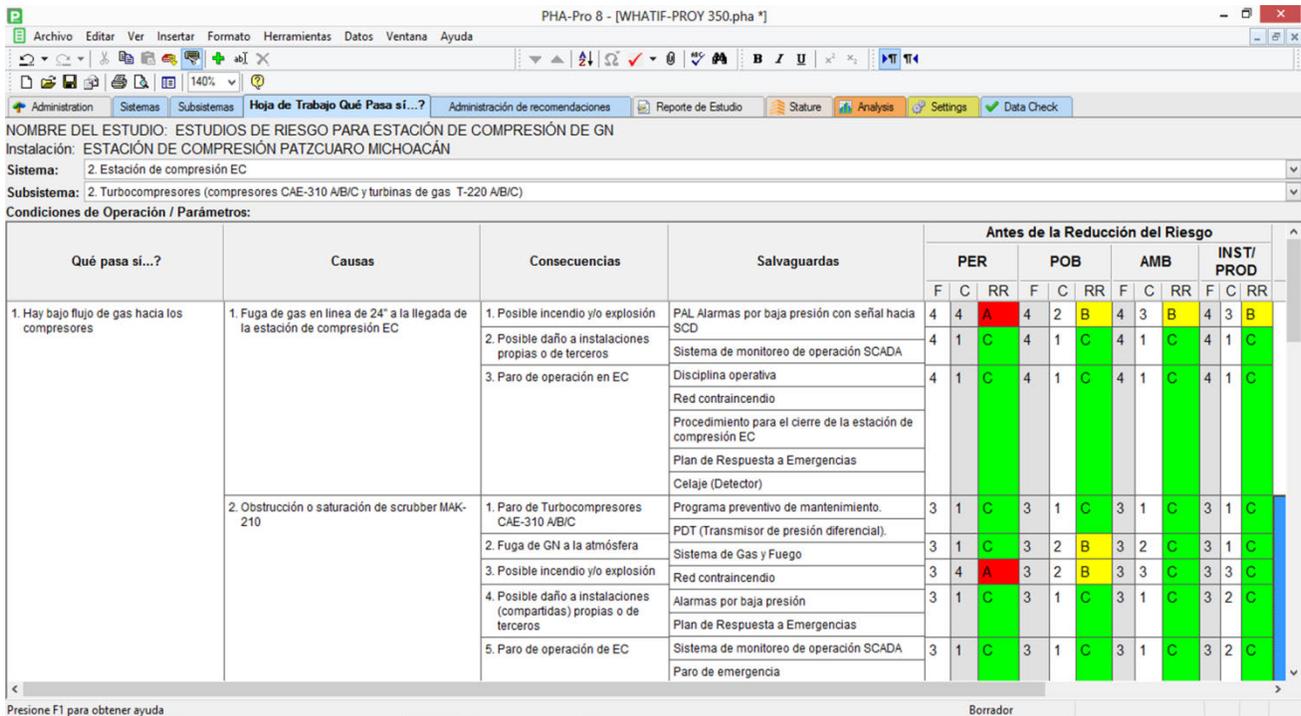
Por otro lado, las salvaguardas encaminadas a la prevención de las fallas por error humano, se engloban en las salvaguardas administrativas del centro de trabajo, destacando la capacitación y entrenamiento a todo el personal operativo y de mantenimiento para evitar que se vean afectadas.

En el **Anexo B**, se encontrarán minutas y acta constitutiva de las sesiones de riesgo.

Para identificar los riesgos se siguió el siguiente procedimiento:

1. Determinar las condiciones de operación de la red de distribución, las características y propiedades de fuego, explosión y toxicidad reportadas en la hoja de seguridad para el gas natural, las cantidades de manejo de la sustancia, y sus usos en el sistema. Con esta información se delimitó el sistema a analizar.
2. Aplicar las técnicas modificadas de Qué pasa sí...?, a los puntos identificados como de riesgo, con la colaboración del personal experto en la operación de la distribuidora.

En la **Figura 9** Hoja de trabajo PHA Pro 8.0, se muestra la hoja de trabajo que se utilizó para la identificación de riesgos



PHA-Pro 8 - [WHATIF-PROY 350.pha *]

NOMBRE DEL ESTUDIO: ESTUDIOS DE RIESGO PARA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GN
 Instalación: ESTACIÓN DE COMPRESIÓN PATZCUARO MICHOACÁN
 Sistema: 2. Estación de compresión EC
 Subsistema: 2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)

Condiciones de Operación / Parámetros:

Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo											
				PER			POB			AMB			INST/PROD		
				F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
1. Hay bajo flujo de gas hacia los compresores	1. Fuga de gas en línea de 24" a la llegada de la estación de compresión EC	1. Posible incendio y/o explosión	PAL Alarmas por baja presión con señal hacia SCD	4	4	A	4	2	B	4	3	B	4	3	B
		2. Posible daño a instalaciones propias o de terceros	Sistema de monitoreo de operación SCADA	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C
		3. Paro de operación en EC	Disciplina operativa Red contraincendio Procedimiento para el cierre de la estación de compresión EC Plan de Respuesta a Emergencias Cetaje (Detector)	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C
	2. Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210	1. Paro de Turbocompresores CAE-310 A/B/C	Programa preventivo de mantenimiento. PDT (Transmisor de presión diferencial).	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C
		2. Fuga de GN a la atmósfera	Sistema de Gas y Fuego	3	1	C	3	2	B	3	2	C	3	1	C
		3. Posible incendio y/o explosión	Red contraincendio	3	4	A	3	2	B	3	3	C	3	3	C
		4. Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros	Alarmas por baja presión Plan de Respuesta a Emergencias	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	2	C
		5. Paro de operación de EC	Sistema de monitoreo de operación SCADA Paro de emergencia	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	2	C

FIGURA 9 HOJA DE TRABAJO PHA PRO 8.0

Fuente: PHA-PRO 8.0,2020.

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V. 2020

Para el ingreso de la información solicitada en el formato del programa, para la metodología ¿Qué pasa sí...?, se consideraron los siguientes criterios:

- Equipo o sistema: Considera la división del proceso en equipos típicos o sistemas funcionales de acuerdo con la filosofía del proceso.
- Intención de diseño: Representa las características o función para la cual fue diseñado el proceso o sistema.
- Condiciones de operación: Estos se obtuvieron de los datos presentados en la descripción del proceso.
- Causa: Indican los eventos más probables o razones que pueden originar una desviación del proceso o sistema.
- Consecuencia: Los resultados o afectaciones, por la presencia de una desviación al proceso.
- Salvaguardas: Representan las bondades y flexibilidad del proceso con fundamento en sistemas de ingeniería o controles administrativos, que previenen las causas o reducen las consecuencias de la desviación.
- Recomendaciones: Representan las adecuaciones en materia de ingeniería, cambios en la filosofía del proceso, derivadas del consenso multidisciplinario del personal que participó en las sesiones de riesgos; pudiendo requerirse estudios posteriores para su implementación.

Sistemas / Subsistemas analizados para el What If...?

La selección de los sistemas para la identificación de riesgos se definió de acuerdo a lo establecido por el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos, los cuales son desarrollados conforme al plan de producción extendida quedando de la siguiente manera una vez ajustados para el análisis durante la identificación de riesgos.

En la **Tabla 12** Sistemas analizados What If? se observa dicha información

TABLA 12 SISTEMAS ANALIZADOS WHAT IF?

Sistema	Subsistema
Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	Interconexión de 24" Trampa de envío y recibo de diablos
Estación de compresión EC	Scrubber MAK-210 Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C) Enfriadores de gas HAL-410/420/430 Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C Paquete de acondicionamiento de gas para la planta generadora de energía auxiliar Venteo
Factores internos	Ambiente laboral
Factores externos	Vandalismo / Sabotaje Bloqueo Climáticos

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

I.4.2.6 Determinación de escenarios de riesgo

Como resultados de la metodología utilizada ¿Que pasa sí...? se obtuvieron **328 escenarios de riesgos**, los cuales quedaron distribuidos de acuerdo a las etapas de compresión, operaciones y aspectos generales de la instalación.

En la **Tabla 13** Resumen de resultados de la identificación de riesgos se observa dicha información

TABLA 13 RESUMEN DE RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Sistema	Escenarios
Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	94
Estación de compresión EC	115
Factores internos	72
Factores externos	47

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

A continuación, se presenta la caracterización y jerarquización de riesgo, donde las consecuencias y Probabilidades estimadas correspondientes a los escenarios, se posicionan en las matrices de riesgos, lo cual será la base para la toma de decisiones y acciones con la finalidad de llevar los riesgos a un nivel de riesgo bajo, previniendo y/o mitigando sus posibles consecuencias.

Los 328 escenarios identificados mediante la técnica ¿Qué pasa sí...?, los escenarios se distribuyeron en las zonas de riesgo, acorde a los cuatro rubros evaluados con la matriz, tal como se ilustra en la **Figura 10** Matriz de riesgo para escenarios identificados.

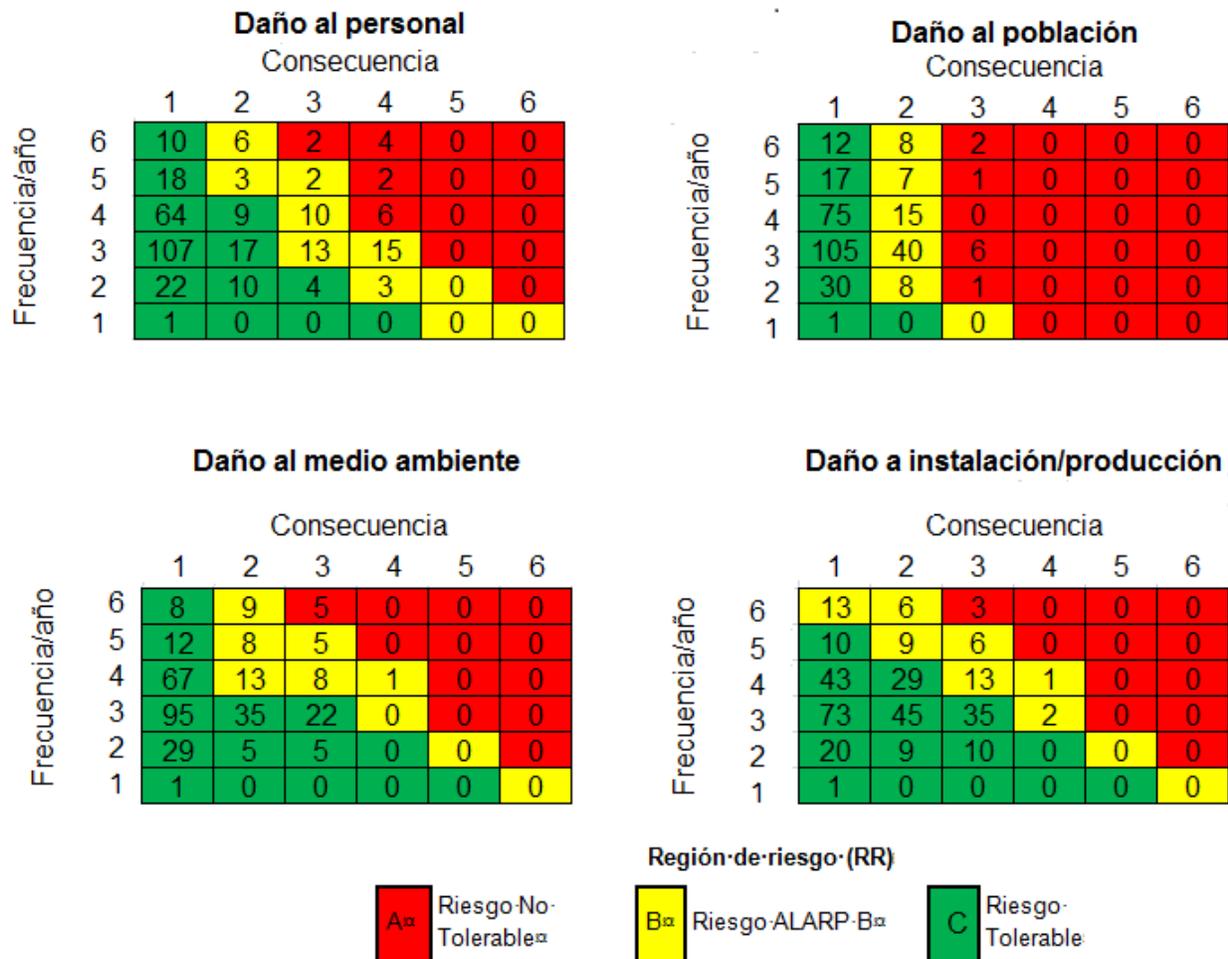


FIGURA 10 MATRIZ DE RIESGO PARA ESCENARIOS IDENTIFICADOS

Análisis: CSIPA S.A. DE C.V., 2020

En la **Figura 11** Clasificación de escenarios de riesgo con afectación a personal se observa dicha información

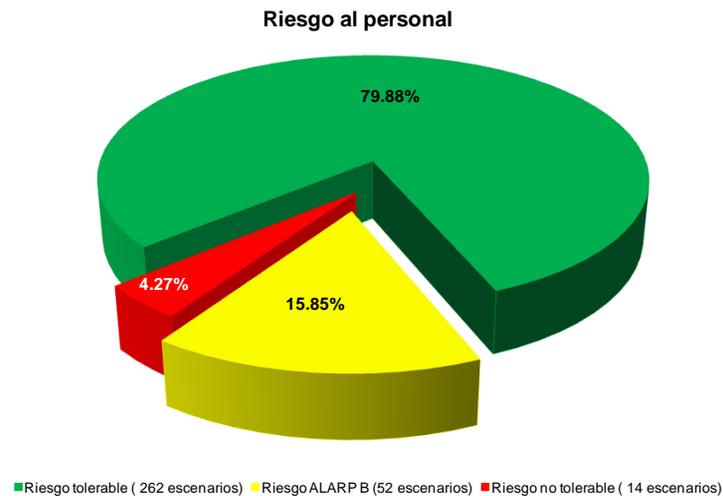


FIGURA 11 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN A PERSONAL

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2020

En la **Figura 12** Clasificación de escenarios de riesgo con afectación a la población se observa dicha información

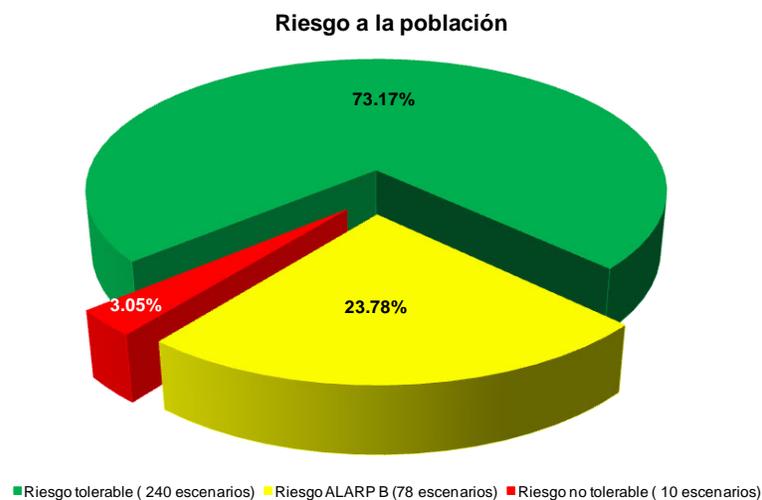


FIGURA 12 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2020

En la **Figura 13** Clasificación de escenarios de riesgo con afectación al medio ambiente se observa dicha información

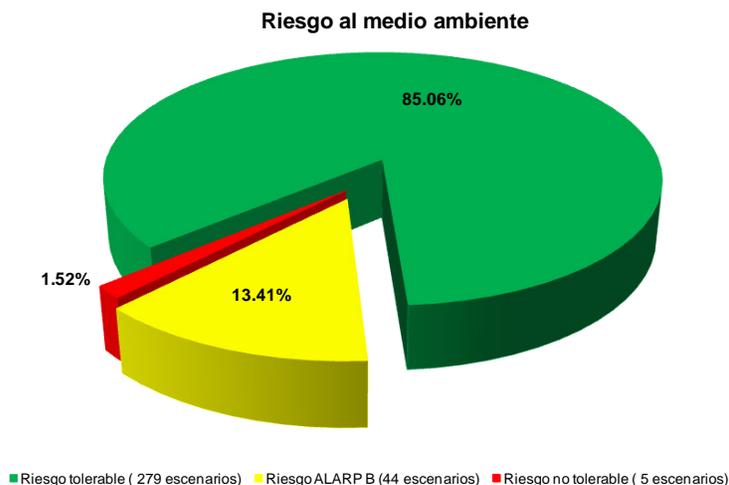


FIGURA 13 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2020

En la **Figura 14** Clasificación de escenarios de riesgo con la afectación a la instalación/Producción se observa dicha información

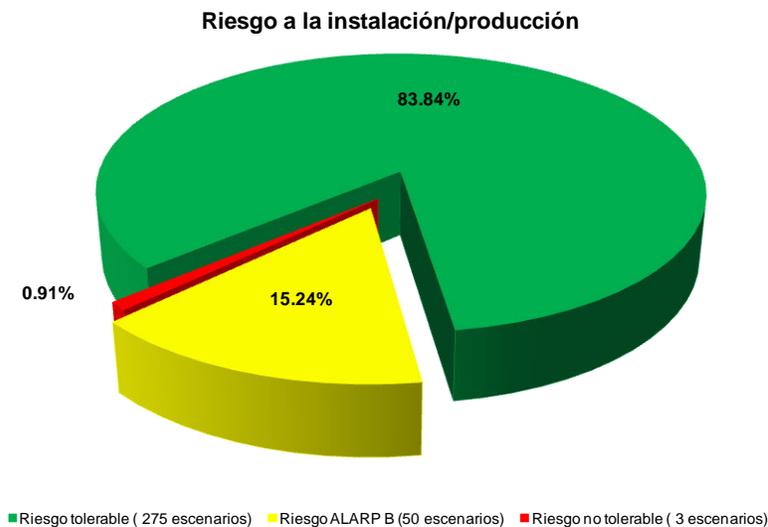


FIGURA 14 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON LA AFECTACIÓN A LA INSTALACIÓN/PRODUCCIÓN

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2020

En la **Tabla 14** Agrupación de escenarios de riesgo antes de la reducción del riesgo se muestra el resumen de la agrupación de los escenarios de riesgo de acuerdo a los rubros evaluados.

TABLA 14 AGRUPACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO ANTES DE LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

Rubro	Región de riesgo (RR)					
	A	No tolerable	B	ALARP B	C	Tolerable
Daños al Personal	14 Escenarios 4.27%		52 Escenarios 16%		262 Escenarios 80%	
Daños a la Población	10 Escenarios 3.05%		78 Escenarios 24%		240 Escenarios 73%	
Medio Ambiente	5 Escenarios 1.52%		44 Escenarios 13.41%		279 Escenarios 85.06%	
Daños a la Instalación / Producción	3 Escenarios 0.91%		50 Escenarios 15.24%		275 Escenarios 83.84%	
Total	32 Escenarios 2.44%		224 Escenarios 17.07%		1,056 escenarios 80.49%	

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

En la **Figura 15**, se muestra el resumen de la distribución de evaluación total, de los escenarios de riesgo, donde se obtuvo **1,312 evaluaciones**.

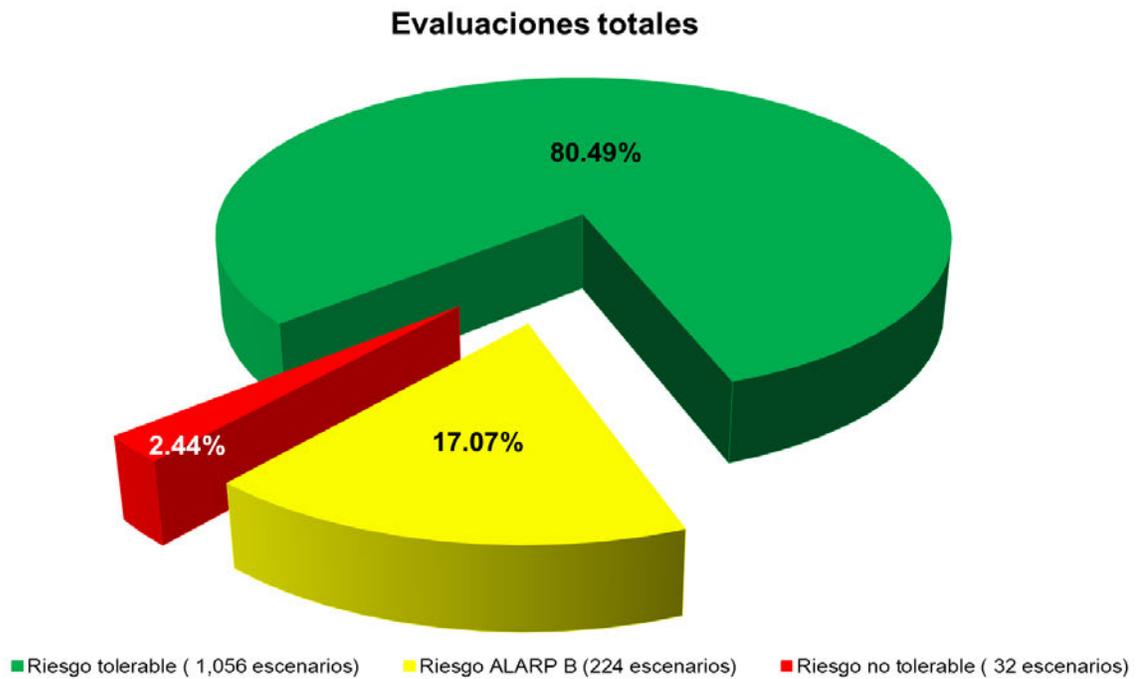


FIGURA 15 DISTRIBUCIÓN DE EVALUACIONES TOTALES

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

I.4.2.7 Jerarquización de riesgos

Con base en la Región de Riesgo (RR) obtenido de la ponderación realizada por el grupo multidisciplinario en las sesiones de identificación de riesgo se elabora una jerarquización de escenarios, esto es, ordenarlos secuencialmente, iniciando con la región de riesgos clasificada como Riesgo no tolerable (A), continuando con la región de riesgos Riesgo ALARP B (B), quedando al final los escenarios clasificados con región de Riesgo Tolerable (C). Para visualizar todos los escenarios y su correspondiente región de riesgo, así como los diversos niveles de afectación a los cuatro rubros se muestra en el **Anexo D**, la jerarquización completa de los escenarios del estudio, así como el catálogo de escenarios.

La **Tabla 15** Jerarquización de riesgos muestra un resumen de los escenarios que han sido ponderados solo con clasificación Riesgo no tolerable (A) y Riesgo ALARP B (B), separados con la respectiva afectación a los cuatro rubros de interés, personal, población, medio ambiente e instalaciones/producción; ordenados secuencialmente desde el más alto hacia el más bajo, conservando como referencia el número de escenario.

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
19	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	1. Acto vandálico (en derecho de vía)	4. Posible incendio y/o explosión	A	A	A	A
24	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	2. Daño por terceros	4. Posible incendio y/o explosión	A	A	A	A
46	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	5. Daño al ducto por terceros en los derechos de vía	1. Trabajos agrícolas sobre la trayectoria del ducto con ruptura	3. Posible incendio y/o explosión	A	A	C	C
50	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	5. Daño al ducto por terceros en los derechos de vía	2. Trabajo o cruzamientos originando rupturas, golpe al ducto con maquinaria pesada	3. Posible incendio y/o explosión	A	A	C	C
54	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	6. Existe corrosión externa en un tramo del ducto (línea, interconexión y/o accesorios)	2. Interferencia (Corrientes parasitas)	2. Posible incendio y/o explosión	A	A	C	C
300	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	1. Quema de pastizales	4. Posible explosión	A	B	A	A
299	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	1. Quema de pastizales	3. Posible incendio	A	B	A	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
4	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	1. Falla en Válvula SDV entrada de la EC	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	B	B
122	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	1. Hay bajo flujo de gas hacia los compresores	1. Fuga de gas en línea de 24" a la llegada de la estación de compresión EC	1. Posible incendio y/o explosión	A	B	B	B
155	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	3. Por falla (cierra) la válvula SDV de 16" de la línea de descarga de los turbocompresores	3. Falla de suministro eléctrico	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	B	B
181	2. Estación de compresión EC	4. Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C	2. Aumenta la presión en línea de gas combustible hacia las turbinas de gas T-220 A/B/C.	1. Falla de las Válvulas PCV (abre) del patín de suministro de gas combustible	3. Posible incendio y/o explosión	A	B	B	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
187	2. Estación de compresión EC	4. Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C	2. Aumenta la presión en línea de gas combustible hacia las turbinas de gas T-220 A/B/C.	2. Función incorrecta de válvulas de alivio	4. Posible incendio y explosión	A	B	B	B
291	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	1. Existe robo de equipo y/o material en instalaciones superficiales	2. Toma clandestina	6. Posibilidad de fuga con explosión	A	B	B	B
304	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	2. Incendios forestales	4. Posible explosión	A	B	B	B
290	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	1. Existe robo de equipo y/o material en instalaciones superficiales	2. Toma clandestina	5. Posibilidad de fuga con incendio	A	B	B	C
9	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	2. Error en la operación del sistema del control o estaciones de compresión aguas arriba	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	B
14	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	3. Cierre súbito aguas abajo de la estación metal ArcelorMittal	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
81	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	3. No se cumple con un programa regular de corridas de diablo de limpieza e instrumentado.	1. Falta de mantenimiento	3. Fuga con posible incendio y/o explosión	A	B	C	C
102	2. Estación de compresión EC	1. Scrubber MAK-210	1. No hay flujo de gas hacia cabezal de succión	2. Falla de válvula de control LV (abre)	5. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C
127	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	1. Hay bajo flujo de gas hacia los compresores	2. Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210	3. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C
142	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga en turbocompresor	2. Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de turbocompresores	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
148	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga en turbocompresor	3. Falla de los sensores de presión de turbocompresor	5. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C
161	2. Estación de compresión EC	3. Enfriadores de gas HAL-410/420/430	1. Alta temperatura en la descarga del turbocompresor	1. Falla cooler y sensor de temperatura	4. Posible incendio y/o explosión en turbocompresores	A	B	C	C
195	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	1. Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de los turbocompresores	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C
201	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	2. Falla de los sensores de presión de turbocompresor	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
207	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	3. Cierre súbito aguas abajo de la estación AMM	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C
296	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	2. Existen actos criminales	1. Delincuencia organizada	3. Amenaza con posible lesión al personal	A	C	C	B
298	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	1. Quema de pastizales	2. Daño a personal	A	C	C	B
308	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	3. Vandalismo	4. Posible explosión	A	B	C	C
40	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	3. Toma clandestina	3. Posible incendio y/o explosión	B	A	B	B
36	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	2. Daños por terceros	3. Posible incendio y/o explosión	B	A	C	C
45	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	5. Daño al ducto por terceros en los derechos de vía	1. Trabajos agrícolas sobre la trayectoria del ducto con ruptura	2. Ruptura de línea 24"	B	A	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
49	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	5. Daño al ducto por terceros en los derechos de vía	2. Trabajo o cruzamientos originando rupturas, golpe al ducto con maquinaria pesada	2. Ruptura de línea 24"	B	A	C	C
31	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	1. Falla de integridad mecánica	2. Posible incendio y/o explosión	C	A	C	C
320	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	1. Riesgos hidrometeorológicos	3. Ruptura de línea	B	C	A	B
17	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	1. Acto vandálico (en derecho de vía)	2. Ruptura de línea 24"	B	B	B	B
18	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	1. Acto vandálico (en derecho de vía)	3. Ruptura de interconexión 24"	B	B	B	B
22	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	2. Daño por terceros	2. Ruptura de línea 24"	B	B	B	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
23	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	2. Daño por terceros	3. Ruptura de interconexión 24"	B	B	B	B
153	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	3. Por falla (cierra) la válvula SDV de 16" de la línea de descarga de los turbocompresores	3. Falla de suministro eléctrico	2. Ruptura de línea 16"	B	B	B	B
68	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	1. Malas maniobras operativas en el envío y/o recibo de diablo	1. Error de manipulación de válvulas en el envío y/o recibo de diablo	2. Posible incendio y/o explosión	B	B	B	C
85	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	4. Hay pase de la válvula de la trampa de diablos.	1. Falla de válvula de entrada a la trampa de diablo	2. Fuga con posible incendio y/o explosión	B	B	B	C
88	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	4. Hay pase de la válvula de la trampa de diablos.	2. Represionamiento en la cubeta	2. Fuga con posible incendio y/o explosión	B	B	B	C
303	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	2. Incendios forestales	3. Posible incendio	B	B	B	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
319	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	1. Riesgos hidrometeorológicos	2. Fuga en línea	B	C	B	B
93	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	5. Menos presión antes de la llegada del scrubber	1. Falla válvula (Abre) en línea hacia trampa de diablos	4. Fuga con posible incendio y/o explosión	B	B	C	C
106	2. Estación de compresión EC	1. Scrubber MAK-210	1. No hay flujo de gas hacia cabezal de succión	3. Fuga en cabezal de succión	3. Posible incendio y/o explosión	B	B	C	C
136	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga de turbocompresor	1. Falla de válvula BDV (abre)	4. Posible incendio y/o explosión	B	B	C	C
140	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga de turbocompresor	2. Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de turbocompresores	2. Ruptura de línea 16"	B	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
77	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	2. Falla de hermeticidad en la cubeta	2. Empaques en mal estado	2. Posible incendio y/o explosión	B	B	C	C
307	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	3. Vandalismo	3. Posible incendio	B	B	C	C
325	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	2. Riesgos geológicos	3. Fuga en línea	B	C	B	C
326	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	2. Riesgos geológicos	4. Ruptura de línea	B	C	B	C
2	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	1. Falla en Válvula SDV entrada de la EC	2. Fuga en línea de interconexión y/o accesorios (válvula, bridas)	C	B	B	C
3	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	1. Falla en Válvula SDV entrada de la EC	3. Ruptura de interconexión 24"	C	B	B	C
71	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	1. Malas maniobras operativas en el envío y/o recibo de diablo	2. Apertura de charnela sin despresurizar la cubeta	1. Daño al personal	B	C	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
82	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	3. No se cumple con un programa regular de corridas de diablo de limpieza e instrumentado.	1. Falta de mantenimiento	4. Daño al personal	B	C	C	C
84	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	4. Hay pase de la válvula de la trampa de diablos.	1. Falla de válvula de entrada a la trampa de diablo	1. Trampa de diablos presurizada	B	C	C	C
87	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	4. Hay pase de la válvula de la trampa de diablos.	2. Represionamiento en la cubeta	1. Trampa de diablos presurizada	B	C	C	C
144	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga en turbocompresor	3. Falla de los sensores de presión de turbocompresor	1. Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 16"	B	C	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
146	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga en turbocompresor	3. Falla de los sensores de presión de turbocompresor	3. Ruptura de línea de 16"	B	C	C	C
276	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	6. Problemas de salud	1. Incidentes y Accidentes	B	C	C	C
284	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	1. Existe robo de equipo y/o material en instalaciones superficiales	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Amenaza con posible lesión al personal	B	C	C	C
288	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	1. Existe robo de equipo y/o material en instalaciones superficiales	2. Toma clandestina	3. Lesión de personal	B	C	C	C
302	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	2. Incendios forestales	2. Daño a personal	B	C	C	C
306	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	3. Vandalismo	2. Daño a personal	B	C	C	C
310	4. Factores externos	2. Bloqueo	1. Existen alborotos populares	1. Impedimento de ingreso a las instalaciones	2. Amenaza con posible lesión al personal	B	C	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
314	4. Factores externos	2. Bloqueo	1. Existen alborotos populares	2. Reclamos o afectaciones	3. Amenaza con posible lesión al personal	B	C	C	C
317	4. Factores externos	2. Bloqueo	1. Existen alborotos populares	3. Manifestaciones	3. Amenaza con posible lesión al personal	B	C	C	C
16	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	1. Acto vandálico (en derecho de vía)	1. Fuga en línea	C	B	B	B
21	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	2. Daño por terceros	1. Fuga en línea	C	B	B	B
38	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	3. Toma clandestina	1. Fuga en línea	C	B	B	C
39	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	3. Toma clandestina	2. Ruptura de ducto	C	B	B	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
152	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	3. Por falla (cierra) la válvula SDV de 16" de la línea de descarga de los turbocompresores	3. Falla de suministro eléctrico	1. Fuga de GN a la atmósfera	C	B	B	C
179	2. Estación de compresión EC	4. Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C	2. Aumenta la presión en línea de gas combustible hacia las turbinas de gas T-220 A/B/C.	1. Falla de las Válvulas PCV (abre) del patín de suministro de gas combustible	1. Posible fuga en líneas de gas combustible, y/o bridas accesorios	C	B	B	C
185	2. Estación de compresión EC	4. Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C	2. Aumenta la presión en línea de gas combustible hacia las turbinas de gas T-220 A/B/C.	2. Función incorrecta de válvulas de alivio	2. Posible fuga	C	B	B	C
1	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	1. Falla en Válvula SDV entrada de la EC	1. Sobrepresionamiento en la línea aguas arriba	C	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
6	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	2. Error en la operación del sistema del control o estaciones de compresión aguas arriba	1. Sobrepresionamiento en la línea aguas abajo	C	B	C	C
7	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	2. Error en la operación del sistema del control o estaciones de compresión aguas arriba	2. Fuga en línea de interconexión y/o accesorios (válvula, bridas)	C	B	C	C
8	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	2. Error en la operación del sistema del control o estaciones de compresión aguas arriba	3. Ruptura de interconexión 24"	C	B	C	C
11	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	3. Cierre súbito aguas abajo de la estación metal ArcelorMittal	1. Sobrepresionamiento en la línea aguas abajo	C	B	C	C
12	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	3. Cierre súbito aguas abajo de la estación metal ArcelorMittal	2. Fuga en línea de interconexión y/o accesorios (válvula, bridas)	C	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
13	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	3. Cierre súbito aguas abajo de la estación metal ArcelorMittal	3. Ruptura de interconexión 24"	C	B	C	C
26	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	3. Existe alto flujo en el ducto que sobrepase la capacidad de diseño	1. Problemas operativos en la estación de compresión aguas arriba	1. Daños en equipos y suministro de terceros aguas abajo	C	B	C	C
27	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	3. Existe alto flujo en el ducto que sobrepase la capacidad de diseño	2. Incremento en la capacidad de transporte sin previo aviso	1. Arrastre de líquidos de la corriente de gas aguas abajo	C	B	C	C
29	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	3. Existe alto flujo en el ducto que sobrepase la capacidad de diseño	2. Incremento en la capacidad de transporte sin previo aviso	3. Daños en equipos agua abajo	C	B	C	C
30	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	1. Falla de integridad mecánica	1. Fuga en línea	C	B	C	C
33	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	1. Falla de integridad mecánica	4. Ruptura de ducto	C	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
34	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	2. Daños por terceros	1. Fuga en línea	C	B	C	C
35	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	2. Daños por terceros	2. Ruptura de ducto	C	B	C	C
44	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	5. Daño al ducto por terceros en los derechos de vía	1. Trabajos agrícolas sobre la trayectoria del ducto con ruptura	1. Fuga en línea	C	B	C	C
48	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	5. Daño al ducto por terceros en los derechos de vía	2. Trabajo o cruzamientos originando rupturas, golpe al ducto con maquinaria pesada	1. Fuga en línea	C	B	C	C
53	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	6. Existe corrosión externa en un tramo del ducto (línea, interconexión y/o accesorios)	2. Interferencia (Corrientes parasitas)	1. Fuga en línea	C	B	C	C
73	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	1. Malas maniobras operativas en el envío y/o recibo de diablo	2. Apertura de charnela sin despresurizar la cubeta	3. Posible incendio y/o explosión	C	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
75	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	2. Falla de hermeticidad en la cubeta	1. Falta de mantenimiento	2. Posible incendio y/o explosión	C	B	C	C
92	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	5. Menos presión antes de la llegada del scrubber	1. Falla válvula (Abre) en línea hacia trampa de diablos	3. Emisión de gas natural hacia la atmosfera	C	B	C	C
101	2. Estación de compresión EC	1. Scrubber MAK-210	1. No hay flujo de gas hacia cabezal de succión	2. Falla de válvula de control LV (abre)	4. Fuga de GN a la atmósfera	C	B	C	C
111	2. Estación de compresión EC	1. Scrubber MAK-210	2. Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210	1. Falla de válvula control LV (cierra) en MAK-210.	3. Fuga de GN a la atmósfera por accionamiento de PSV	C	B	C	C
126	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	1. Hay bajo flujo de gas hacia los compresores	2. Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210	2. Fuga de GN a la atmósfera	C	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
133	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga en turbocompresor	1. Falla de válvula BDV (abre)	1. Posible fuga en línea	C	B	C	C
134	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	2. Alta presión de descarga en turbocompresor	1. Falla de válvula BDV (abre)	2. Ruptura en línea	C	B	C	C
193	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	1. Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de los turbocompresores	2. Fuga de GN a la atmósfera	C	B	C	C
194	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	1. Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de los turbocompresores	3. Posible Ruptura de línea 16"	C	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
199	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	2. Falla de los sensores de presión de los turbocompresor	2. Fuga de GN a la atmósfera	C	B	C	C
200	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	2. Falla de los sensores de presión de los turbocompresor	3. Posible Ruptura de línea 16"	C	B	C	C
205	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	3. Cierre súbito aguas abajo de la estación AMM	2. Fuga de GN a la atmósfera	C	B	C	C
206	2. Estación de compresión EC	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresor	3. Cierre súbito aguas abajo de la estación AMM	3. Posible Ruptura de línea 16"	C	B	C	C
289	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	1. Existe robo de equipo y/o material en instalaciones superficiales	2. Toma clandestina	4. Lesiones a la población	C	B	C	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
281	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	6. Problemas de salud	6. Daños al medio ambiente	C	C	B	B
297	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	1. Quema de pastizales	1. Daño a equipos e instalación	C	C	B	B
318	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	1. Riesgos hidrometeorológicos	1. Falla de suministro eléctrico	C	C	B	B
324	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	2. Riesgos geológicos	2. Daño a equipos e instalación	C	C	B	B
67	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	1. Malas maniobras operativas en el envío y/o recibo de diablo	1. Error de manipulación de válvulas en el envío y/o recibo de diablo	1. Fuga en línea, conexiones y/o accesorios	C	C	B	C
220	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	2. Problemas personales	5. Daños al medio ambiente	C	C	B	C
232	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	4. Comunicación no efectiva	5. Daños al medio ambiente	C	C	B	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
238	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	5. Recursos materiales (equipos, papelería, herramienta apropiada servicios personal), económicos insuficientes EPP, y/o al	5. Daños al medio ambiente	C	C	B	C
244	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	6. Falta de capacitación y/o entrenamiento	5. Daños al medio ambiente	C	C	B	C
256	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	2. Factores sociales de la zona	5. Daños al medio ambiente	C	C	B	C
268	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	4. Problemas personales	5. Daños al medio ambiente	C	C	B	C
280	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	6. Problemas de salud	5. Daños a terceros	C	C	B	C
293	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	1. Existe robo de equipo y/o material en instalaciones superficiales	2. Toma clandestina	8. Daño a la imagen de CENAGAS	C	C	B	C
301	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	2. Incendios forestales	1. Daño a equipos e instalación	C	C	B	C

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
5	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	1. Existe alta presión en el ducto	1. Falla en Válvula SDV entrada de la EC	5. Paro de operación de la EC	C	C	C	B
20	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	1. Acto vandálico (en derecho de vía)	5. Paro de operación en la EC	C	C	C	B
25	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	2. Existe baja presión en el ducto	2. Daño por terceros	5. Paro de operación en la EC	C	C	C	B
41	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24"	4. Existe caída súbita en la presión en el ducto	3. Toma clandestina	4. Paro de operación en la EC	C	C	C	B
70	1. Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	2. Trampa de envío y recibo de diablos	1. Malas maniobras operativas en el envío y/o recibo de diablo	1. Error de manipulación de válvulas en el envío y/o recibo de diablo	4. Retraso operativo	C	C	C	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
154	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	3. Por falla (cierra) la válvula SDV de 16" de la línea de descarga de los turbocompresores	3. Falla de suministro eléctrico	3. Paro de operación	C	C	C	B
156	2. Estación de compresión EC	2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C)	3. Por falla (cierra) la válvula SDV de 16" de la línea de descarga de los turbocompresores	3. Falla de suministro eléctrico	5. Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros	C	C	C	B
182	2. Estación de compresión EC	4. Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C	2. Aumenta la presión en línea de gas combustible hacia las turbinas de gas T-220 A/B/C.	1. Falla de las Válvulas PCV (abre) del patín de suministro de gas combustible	4. Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros	C	C	C	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
183	2. Estación de compresión EC	4. Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C	2. Aumenta la presión en línea de gas combustible hacia las turbinas de gas T-220 A/B/C.	1. Falla de las Válvulas PCV (abre) del patín de suministro de gas combustible	5. Paro de la EC	C	C	C	B
188	2. Estación de compresión EC	4. Patín de gas combustible unidad A/B/C para accionamiento de turbinas de gas T-220 A/B/C	3. Hay mayor nivel de condensados en los filtros (saturados) del patín de gas combustible	1. Incremento en la capacidad de transporte sin previo aviso.	1. Posible daño a turbinas de gas por arrastre de líquidos (condensados y agua)	C	C	C	B
218	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	2. Problemas personales	3. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B
230	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	4. Comunicación no efectiva	3. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B
254	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	2. Factores sociales de la zona	3. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B
266	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	4. Problemas personales	3. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B
277	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	6. Problemas de salud	2. Incumplimiento de objetivos	C	C	C	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
278	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	2. Estrés laboral	6. Problemas de salud	3. Ausentismo	C	C	C	B
294	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	2. Existen actos criminales	1. Delincuencia organizada	1. Paro de operación	C	C	C	B
295	4. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	2. Existen actos criminales	1. Delincuencia organizada	2. Retraso operativo	C	C	C	B
321	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	1. Riesgos hidrometeorológicos	4. Paro de EC	C	C	C	B
322	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	1. Riesgos hidrometeorológicos	5. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B
323	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	2. Riesgos geológicos	1. Pérdida de control y/o señal de sistema SCADA	C	C	C	B
236	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	5. Recursos materiales (equipos, EPP, papelería, herramienta apropiada y/o servicios personal), económicos insuficientes	3. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B

TABLA 15 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

No Esc	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Nivel de riesgo			
						Per	Pob	MA	Inst/ Prod
242	3. Factores internos	1. Ambiente laboral	1. Insatisfacción de personal	6. Falta de capacitación y/o entrenamiento	3. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B
327	4. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	2. Riesgos geológicos	5. Daño a equipos e instalación	C	C	C	B

Nota: Personal (Per), Población (Pob), Medio Ambiente (MA), Instalación y Producción (Inst/Prod)
Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2020

I.4.2.8 Escenarios de mayor riesgo

A partir de la jerarquización realizada anteriormente, en la **Tabla 16** Escenarios de mayor riesgo se enlistan los escenarios considerados de mayor riesgo en las etapas y actividades críticas de compresión, los cuales se tomarán en consideración para la realización del análisis cuantitativo de riesgo (análisis de consecuencias).

TABLA 16 ESCENARIOS DE MAYOR RIESGO

No. Escenario	Descripción del Escenario
19,24,46,50,54,4,9,14,81,31,36,40,45,49,290,291,296,298,299,300,304,308,320	Existe baja presión en el ducto con Fuga en línea/Ruptura de línea 24"/Ruptura de interconexión 24"/Posible incendio y/o explosión /Paro de operación en la EC debido Acto vandálico (en derecho de vía) /Daño por terceros
122,127	Hay bajo flujo de gas hacia los compresores con Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones propias o de terceros/ Paro de operación en EC debido Fuga de gas en línea de 24" a la llegada de la estación de compresión EC/ Obstrucción o saturación de Scrubber MAK-210
148,155	Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 16"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 16"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor
161	Alta temperatura en la descarga del turbocompresor con Retraso operativo/ Daño en turbocompresores/ Paro de turbocompresor / Posible incendio y/o explosión en turbocompresores Por Falla cooler y sensor de temperatura
148,155	Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 10"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 10"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

I.4.3 Análisis de consecuencias

La evaluación de consecuencias es una técnica de análisis cuantitativo de riesgos, que permite observar el alcance de un accidente potencial, para definir zonas de alto riesgo y amortiguamiento dentro de las instalaciones analizadas, así también permite generar medidas y/o recomendaciones adicionales con respecto a la ubicación de equipos de proceso y seguridad, y a planes de respuesta a emergencias.

Asimismo, es una herramienta que nos permite afinar el grado de categorización de consecuencia de los escenarios prioritarios relacionados con eventos potenciales de dispersión tóxica, incendio y explosión. La evaluación de consecuencias para el presente análisis de riesgos, se realizó para los escenarios mayores, ubicados en región de riesgo A, empleando el software de simulación PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool).

I.4.3.1 Criterios de simulación

En la estimación de radios de afectación, se utilizó el software Process Hazard Analysis Tools (PHAST Ver. 8.22, licenciado por Det Norske Veritas, Technica) donde se calculó la tasa de descarga y la fase del material ya liberado, en función del diámetro equivalente del orificio de fuga. Para la referencia de los diámetros equivalentes de fuga, se consideraron los criterios establecidos en el procedimiento DCO-GDOESSSPA-CT-001, API-1149, API-1160, API-580, API-581 Banco Mundial, DOT, EPA), que indican calcular un diámetro equivalente de fuga en función del diámetro de la tubería y el porcentaje dependiendo del escenario considerado (Caso Más Probable (CMP), Peor Caso (PC) y Caso Alternativo (CA)) para estimar fugas en tubería, en el sistema de desfogues.

Respecto a los modelos de dispersión para predecir el área afectada en función del tamaño, forma de la nube y concentraciones de interés (LFL ó IDLH), PHAST utiliza el "Modelo de Dispersión Unificado" (UDM) el cual contempla que las emisiones presurizadas, continuas, instantáneas y Quasi-Instantáneas pasan por las siguientes etapas: Etapa I, chorro inicial turbulento y en expansión; Etapa II, expansión densa y mezclado turbulento; Etapa III, derrumbe de nube densa y Etapa IV, dispersión pasiva. El comportamiento de la dispersión fue estimada considerando la Categoría de Clima Pasquill-Gifford a las condiciones "más estables", que corresponde a una velocidad de viento de 1.5 m/s y estabilidad F así como a las condiciones del "Peor Caso (PC)", "Caso Más Probable (CMP)" y "Caso Alternativo (CA)" referenciadas en DCO-GDOESSSPA-CT-001 EPA, SEMARNAT, NRF-018-Pemex-2007, Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases, AIChE, Estudios de Análisis Cuantitativo de Riesgo en Procesos Químicos (CPQRA "Chemical Process Quantitative Risk Analysis").

Respecto al modelo de inflamabilidad/explosividad, se utilizó el Modelo de TNT por ser más exactos en liberaciones de sustancias inflamables en espacios abiertos y el modelo de "Cono Truncado" para evaluación de la forma de la nube y así estimar los niveles de radiación térmica, sobrepresión en los eventos de fuegos tipo soplete, bola de fuego y fuego o detonación por BLEVE.

Para el desarrollo de los eventos indeseados, identificados como tipo B (ALARP: Tan Bajo Como Sea Razonablemente Práctico) con base a la operación.

Condiciones de operación y composición utilizada para las modelaciones.

Para la realización del análisis de consecuencias, se utilizaron las composiciones que fueron proporcionadas por el cliente como se menciona en **Tabla 17** Composición para simulación.

TABLA 17 COMPOSICIÓN PARA SIMULACIÓN

Componente	Unidades (%mol)
Metano	95.6812
Etano	2.9368
Propano	0.119
I-Butano	0.014
N-Butano	0.014
I-Pentano	0.013
N-Pentano	0.001
N-Hexano	0.001
Nitrógeno	0.3381
Dióxido de Carbono	0.876

Fuente: CENAGAS, 2020..

Los datos alimentados al software Phast 8.2.2 para realizar cada una de las modelaciones son las que se indican

En la **Tabla 18** Condiciones de operación para modelaciones se observa dicha información

TABLA 18 CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA MODELACIONES

Clave Escenario	Descripción	Flujo MMPCD	Presión (kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Duración de la Fuga (s)	Inventario (kg)	Tasa de descarga (kg/s)
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Ruptura de interconexión 24" (área de succión)	162.2	33.1	20.7	600	793,537	1,569.44
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Fuga de 2" en interconexión 24 " (área de succión)	162.2	33.1	20.7	600	793,537	62.77
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Fuga de 4.8" en interconexión 24 " (área de succión)	162.2	33.1	20.7	600	793,537	10.89
122,127	Ruptura de línea de salida del scrubber 18"	162.2	33.1	20.7	600	793,537	882.81
122,127	Fuga de 2" en línea de salida del scrubber 18"	162.2	33.1	20.7	600	793,537	35.31
122,127	Fuga de 3.6" en línea de salida del scrubber 18"	162.2	33.1	20.7	600	793,537	10.89

TABLA 18 CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA MODELACIONES

Clave Escenario	Descripción	Flujo MMPCD	Presión (kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Duración de la Fuga (s)	Inventario (kg)	Tasa de descarga (kg/s)
148,155	Ruptura 16" de línea de descarga CAE-310 A	162.2	53.6	62.3	600	1.08233E+06	1,024.71
148,155	Fuga de 1.25" en línea de salida del compresor CAE-310 A	162.2	53.6	62.3	600	1.08233E+06	40.98
148,155	Fuga de 3.2" en línea de salida del compresor CAE-310 A	162.2	53.6	62.3	600	1.08233E+06	6.25
161	Ruptura 16" de línea de cabezal de descarga de aroenfriadores HAL 410/420/430	162.2	53.1	40	600	1.17337E+06	2,394.9
161	Fuga de 2" en cabezal de descarga de aroenfriadores HAL 410/420/430	162.2	53.1	40	600	1.17337E+06	95.79
161	Fuga de 4.8" en cabezal de descarga de aroenfriadores HAL 410/420/430	162.2	53.1	40	600	1.17337E+06	16.63

TABLA 18 CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA MODELACIONES

Clave Escenario	Descripción	Flujo MMPCD	Presión (kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Duración de la Fuga (s)	Inventario (kg)	Tasa de descarga (kg/s)
148,155	Ruptura 10" de línea de descarga CAE-310 A	75.5	53.6	65.7	600	497,303	397.56
148,155	Fuga de 0.75" en línea de salida del compresor CAE-310 A	75.5	53.6	65.7	600	497,303	15.90
148,155	Fuga de 2" en línea de salida del compresor CAE-310 A	75.5	53.6	65.7	600	497,303	2.23

Nota: MMpcd: millones de pies cúbicos diarios.

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2020

Para efectos de simulación se considera utilizar la velocidad de viento de 1.5 F y estabilidad categoría C, conforma a la clasificación de Pasquill mostrado en la **Tabla 19** Datos para estabilidad atmosférica (Pasquill). En función de los datos meteorológicos de los 10 últimos años.

TABLA 19 DATOS PARA ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA (PASQUILL)

Velocidad del Viento U ₁₀ (m/s)	Radiación Solar			Horas de noche Fracción cubierta de nubes	
	Fuerte	Moderado	Débil	≥1/2	≤1/2
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Fuente: Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos.

Por ello el especialista de análisis de consecuencia a cargo de las simulaciones tiene el conocimiento y experiencia para determinar los criterios necesarios, así como el manejo del software utilizado para la simulación de consecuencias.

Las consideraciones meteorológicas a partir de las cuales se llevó a cabo la evaluación de consecuencias para los riegos prioritarios son las que se mencionan en la **Tabla 20** Parámetros de condiciones meteorológicas

TABLA 20 PARÁMETROS DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Parámetro/ Condiciones meteorológicas	Datos alimentados al simulador
Velocidad del viento	1.5
Estabilidad (Categoría Pasquill)	F
Temperatura ambiente	17.47 °C
Temperatura de la superficie	17.47 °C
Presión atmosférica	80.93kPa
Radiación solar	5.35(kW-hr/m2/día)
Humedad relativa	59.79%
Dirección del viento	Noreste

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

Los diámetros de fuga considerados en la simulación de los escenarios de fuga están determinados con base a los criterios establecidos en "Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, Part one: Establishments apartado 3.2.3" el cual considera, para fuga, tomar el 10% del diámetro nominal de la tubería a simular.

Para la simulación de los escenarios de descontrol de pozo se consideró la liberación de la fuga del hidrocarburo a través del 100% del diámetro nominal.

El tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga hasta que esta es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento, se determinó a partir de los criterios establecidos en el API RP 581 "Risk- Based Inspection Technology" mostrados en la "Tabla 5.7- Leak Durations Based on Detection and Isolation Systems", del Apartado 3. Con base en este criterio se consideró un tiempo de fuga de 10 min. (600 s).

El análisis de consecuencias en los casos de dispersión de nube tóxica, incendio y explosión se desarrolló bajo los parámetros de reporte mostrados en la **Tabla 21** Valores de reporte por dispersión tóxica incendio y explosión, mismos que están basados en los requerimientos por parte de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT.

TABLA 21 VALORES DE REPORTE POR DISPERSIÓN TÓXICA INCENDIO Y EXPLOSIÓN

	Zona de amortiguamiento	Zona de alto riesgo	Parámetros de referencia
Toxicidad (Dispersión tóxica H ₂ S)	15 ppm (STEL)	100 ppm (STEL)	--
Inflamabilidad (Radiación térmica)	1.4 kW/m ²	5 kW/m ²	37.5 kW/m ²
Explosividad	0.5 psig (0.035 Kg/cm ²)	1 psig (0.035 Kg/cm ²)	3 psig (0.035 Kg/cm ²)

Fuente: Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos.

También en el análisis de consecuencias por incendio, no se tomó en cuenta la atenuación que producen los dispositivos contra incendios, con objeto de determinar el área de afectación mayor de acuerdo a la compilación realizada por el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (American Institute of Chemical Engineers, *AIChE*), los parámetros de radiación se muestran

En la **Tabla 22** Efectos por radiación térmica se observa dicha información

TABLA 22 EFECTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA

Intensidad de radiación (kW/m ²)	Efecto observado
37.5	Suficiente para ocasionar daño a equipo de proceso.
25	Energía mínima requerida para encender madera a exposiciones indefinidamente prolongadas.
12.5	Energía mínima requerida para la ignición guiada de madera y fusión de tubería de plástico.
9.5	Umbral de dolor alcanzado en una exposición de 8 segundos, quemaduras de segundo grado en exposición de 20 segundos.
4	Nivel de radiación suficiente para causar daño al personal, sino se protege en 20 segundos, sufriendo quemaduras de 2º grado.
1.5	No se observan efectos en exposiciones continuas.

Fuente: Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos.

Asimismo, en la **Tabla 23** Efectos por sobrepresión Se describen los efectos esperados para diferentes niveles de sobrepresión, de acuerdo la compilación realizada por el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (American Institute of Chemical Engineers, *AIChE*).

TABLA 23 EFECTOS POR SOBREPRESIÓN

Presión (psig)	Efecto observado
0.02	Ruido molesto (137 dB frecuencia 10-15 Hz).
0.03	Ruptura ocasional de grandes ventanales bajo tensión.
0.04	Ruido fuerte (143 dB), falla de cristales por onda sónica.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas bajo presión.
0.15	Presión típica para ruptura de cristales.
0.3	"Distancia segura" (95% sin daño serio), daño a techos de casas; 10% de ventanas rotas.
0.4	Daño estructural secundario limitado.
0.5-1	Generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas, daño ocasional a marcos de ventanas.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables.
0-2	Destrozo de asbesto corrugado; caen paneles de aluminio o acero corrugado, falla segura; caen fijaciones de paneles de madera (estándar en viviendas), golpe en paneles.

TABLA 23 EFECTOS POR SOBREPRESIÓN

Presión (psig)	Efecto observado
1.3	Marcos de acero de edificios con revestimiento levemente distorsionados.
2	Destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios.
2-3	Muros de bloque y concreto, no reforzadas, destruidas.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.5	50% de destrucción de casas de ladrillo.
3	Colapso parcial de techos y paredes de casas, máquinas pesadas sufren daños menores.
3-4	Edificios de paneles de acero sin estructura o sin estructura demolidos, ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura de revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Postes de teléfono de madera se rompen; prensa hidráulica alta (40 000 lb) en edificios levemente dañada.
5-7	Destrucción casi completa de casas.
7	Vagones de ferrocarril de carga pesada volcados.
7-8	Paneles de ladrillo (8"-12"), no reforzados ceden por deslizamiento o curvatura.
9	Furgones con carga totalmente destruidos.
10	Probable destrucción de edificios, maquinaria pesada (7 000 lb) desplazada y dañada seriamente.
300	Límite de orilla de cráter.

Fuente: Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos.

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

De la jerarquización de escenarios de riesgo se obtuvieron **32 escenarios de riesgos** ambos aplicables para realizar la modelación de consecuencias, las cuales se llevaron a cabo utilizando el software PHAST 8.22.

En la **Tabla 24** Resultados de eventos por radiación térmica y sobrepresión como se observa dicha información

TABLA 24 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Zona de daño a Equipos*			
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica kW/m ²	Sobrepresión	Radiación Térmica kW/m ²		Sobrepresión Psi	
					1.4	0.5 (m)	37.5	5	3.0	1.0
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Ruptura de interconexión 24" (área de succión)	N/D	N/D	Jet Fire	840.406	266.965	310.895	543.124	72.962	150.718
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Fuga de 2" en interconexión 24" (área de succión)	N/D	N/D	Jet Fire	73.569	38.1537	-	43.128	16.898	25.4174
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Fuga de 4.8" en interconexión 24" (área de succión)	N/D	N/D	Jet Fire	167.772	76.44	-	99.874	26.279	46.383

TABLA 24 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Zona de daño a Equipos*			
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica kW/m ²	Sobrepresión	Radiación Térmica kW/m ²		Sobrepresión Psi	
					1.4	0.5 (m)	37.5	5	3.0	1.0
122,127	Ruptura de línea de salida del scrubber 18"	N/D	N/D	Jet Fire	642.552	232.848	240.773	418.742	64.602	132.03
122,127	Fuga de 2" en línea de salida del scrubber 18"	N/D	N/D	Jet Fire	73.569	38.153	-	43.148	16.898	25.417
122,127	Fuga de 3.6" en línea de salida del scrubber 18"	N/D	N/D	Jet Fire	128.122	60.045	-	75.992	22.262	37.405
148,155	Ruptura 16" de línea de descarga CAE-310 A	N/D	N/D	Jet Fire	686.072	247.305	260.151	448.459	68.144	139.95
148,155	Fuga de 1.25" en línea de salida del compresor CAE-310 A	N/D	N/D	Jet Fire	55.749	30.600	-	32.427	15.047	21.281
148,155	Fuga de 3.2" en línea de salida del compresor CAE-310 A	N/D	N/D	Jet Fire	135.609	61.937	-	80.514	22.725	38.442

TABLA 24 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Zona de daño a Equipos*			
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica kW/m ²	Sobrepresión	Radiación Térmica kW/m ²		Sobrepresión Psi	
					1.4	0.5 (m)	37.5	5	3.0	1.0
161	Ruptura 16" en línea de cabezal de descarga de aerofriadores HAL 410/420/430	N/D	N/D	Jet Fire	1,019.09	300.101	377.419	657.022	81.081	168.86
161	Fuga de 2" en cabezal de descarga de aerofriadores HAL 410/420/430	N/D	N/D	Jet Fire	89.364	44.062	n/d	52.6727	18.346	28.653
161	Fuga de 4.8" en cabezal de descarga de aerofriadores HAL 410/420/430	N/D	N/D	Jet Fire	203.331	90.598	n/d	121.286	29.748	54.137
148,155	Ruptura 10" de línea de descarga CAE-310 A	N/D	N/D	Jet Fire	436.92	191.172	172.903	292.15	54.391	109.21
148,155	Fuga de 2" en línea de salida del compresor CAE-310 A	N/D	N/D	Jet Fire	34.040	-	n/d	19.300	-	-

TABLA 24 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Zona de daño a Equipos*			
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica kW/m ²	Sobrepresión	Radiación Térmica kW/m ²		Sobrepresión Psi	
					1.4	0.5 (m)	37.5	5	3.0	1.0
148,155	Fuga de 0.75” en línea de salida del compresor CAE-310 A	N/D	N/D	Jet Fire	86.7016	42.535	.	51.087	17.972	27.817

Nota: n/d (no disponible).

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

En el **Anexo C**, se encontrarán las hojas de simulación obtenidas de software, para más detalle.

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

En las interacciones se mostrarán en la **Tabla 25** Descripción de vulnerabilidad las posibles afectaciones, de acuerdo con los radios obtenidos en PHAST 8.22 a cada uno de los rubros evaluados.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación			
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción			
19,24,46,50,54,4,9,14,81,31,36,40,45,49,290,291,296,298,299,300,304,308,320 Ruptura de interconexión 24"	Existe baja presión en el ducto con Fuga en línea/Ruptura de línea 24"/Ruptura de interconexión 24"/Posible incendio y/o explosión /Paro de operación en la EC debido Acto vandálico (en derecho de vía) /Daño por terceros	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 545 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 150 m		
		2	En caso de haber población presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 545 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.		
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.		
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un radio de 310 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 75 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.		

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
19,24,46,50,54,4, 9,14,81,31,36,40, 45,49,290,291,29 6,298,299,300,30 4,308,320 Fuga de 2" en interconexión 24"	Existe baja presión en el ducto con Fuga en línea/Ruptura de línea 24"/Ruptura de interconexión 24"/Posible incendio y/o explosión /Paro de operación en la EC debido Acto vandálico (en derecho de vía) /Daño por terceros	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 45 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 25 m.
		2	No habrá afectación a la población, debido a que los radios no son lo suficientemente grandes, para salir del límite de batería.
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 16 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
19,24,46,50,54,4,9,14,81,31,36,40,45,49,290,291,296,298,299,300,304,308,320 Fuga de 4.8" en interconexión 24"	Existe baja presión en el ducto con Fuga en línea/Ruptura de línea 24"/Ruptura de interconexión 24"/Posible incendio y/o explosión /Paro de operación en la EC debido Acto vandálico (en derecho de vía) /Daño por terceros	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 100 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 46 m.
		2	La población presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 100 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 26 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
122,127 Ruptura de línea de salida del scrubber 18"	Descripción: Hay bajo flujo de gas hacia los compresores con Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones propias o de terceros/ Paro de operación en EC debido Fuga de gas en línea de 18" a la llegada de la estación de compresión EC/ Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 420 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 135 m.
		2	La población presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 420 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión a 135 m hay posibles daños considerables a la salud e integridad física de personas
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 240 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 65 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
<p>122,127 Fuga de 2" en línea de salida del scrubber 18"</p>	<p>Descripción: Hay bajo flujo de gas hacia los compresores con Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones propias o de terceros/ Paro de operación en EC debido Fuga de gas en línea de 18" a la llegada de la estación de compresión EC/ Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210</p>	1	<p>El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 45 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 25 m.</p>
		2	<p>No habrá afectación a la población, debido a que los radios no son lo suficientemente grandes, para salir del límite de batería.</p>
		3	<p>El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.</p>
		4	<p>Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 16 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.</p>

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
122,127 Fuga de 3.6" en línea de salida del scrubber 18"	Descripción: Hay bajo flujo de gas hacia los compresores con Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones propias o de terceros/ Paro de operación en EC debido Fuga de gas en línea de 18" a la llegada de la estación de compresión EC/ Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 75 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 40 m.
		2	La población presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 75 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 75 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 23 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
148,155 Ruptura de línea de descarga 16" CAE-310 A	Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 16"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 16"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 450 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 140 m.
		2	La población presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 450 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 260 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 70 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
<p>148,155 Fuga de 1.25" en línea de salida del compresor CAE-310 A</p>	<p>Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 16"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 16"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor</p>	1	<p>El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 35 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 22 m.</p>
		2	<p>No habrá afectación a la población, debido a que los radios no son lo suficientemente grandes, para salir del límite de batería</p>
		3	<p>El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.</p>
		4	<p>Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 15 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.</p>

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
148,155 Fuga de 3.2" en línea de salida del compresor CAE-310 A	Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 16"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 16"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 80 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 40 m.
		2	Las personas presentes en el área pueden sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 80 m respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 25 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
161 Ruptura 24" en línea de cabezal de descarga de aeroenfriadores HAL 410/420/430	Alta temperatura en la descarga del turbocompresor con Retraso operativo/ Daño en turbocompresores/ Paro de turbocompresor / Posible incendio y/o explosión en turbocompresores Por Falla cooler y sensor de temperatura	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 660 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 170 m.
		2	Las personas presentes en el área pueden sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 657 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión a 168 m hay posibles daños considerables a la salud e integridad física de personas
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 380 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 82 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
<p>161 Fuga de 2" en cabezal de descarga de aeroenfriadores HAL 410/420/430</p>	<p>Alta temperatura en la descarga del turbocompresor con Retraso operativo/ Daño en turbocompresores/ Paro de turbocompresor / Posible incendio y/o explosión en turbocompresores Por Falla cooler y sensor de temperatura</p>	1	<p>El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 55 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 30 m.</p>
		2	<p>No habrá afectación a la población, debido a que los radios no son lo suficientemente grandes, para salir del límite de batería</p>
		3	<p>El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.</p>
		4	<p>Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 20 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.</p>

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
161 Fuga de 4.8" en cabezal de descarga de aerofriadores HAL 410/420/430	Alta temperatura en la descarga del turbocompresor con Retraso operativo/ Daño en turbocompresores/ Paro de turbocompresor / Posible incendio y/o explosión en turbocompresores Por Falla cooler y sensor de temperatura	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 125 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 55 m.
		2	La población presente en el área pueden sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 125 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 125 m, con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 30 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
148,155 Ruptura 10"de línea de descarga CAE-310 B/C	Descripción: Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 10"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 10"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 295 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 110 m.
		2	Las personas presentes en el área pueden sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño a las personas que se encuentre dentro de un radio de 295 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión a 110 m hay posibles daños considerables a la salud e integridad física de personas
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 175 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 55 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
<p>148,155 Fuga de 0.75" en línea de salida del compresor CAE-310 B/C</p>	<p>Descripción: Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 10"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 10"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor</p>	1	<p>El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 20 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión no hay daños considerables a la salud e integridad física del personal.</p>
		2	<p>No habrá afectación a la población, debido a que los radios no son lo suficientemente grandes, para salir del límite de batería</p>
		3	<p>El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.</p>
		4	<p>El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 20 m, con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. No hay daños a equipos aledaño y estructura civil.</p>

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
148,155 Fuga de 2" en línea de salida del compresor CAE-310 B/C	Descripción: Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 10"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 10"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor	1	El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal que se encuentre dentro de un radio de 55 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato. En caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 30 m.
		2	No habrá afectación a la población, debido a que los radios no son lo suficientemente grandes, para salir del límite de batería
		3	El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendios como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
		4	El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un diámetro de 55 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 20 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

II.2.1.1 Diagramas de pétalos

En la **Figura 16** Diagrama de pétalos de ruptura de interconexión de 24", donde se observa las posibles afectaciones debido a una ruptura en la interconexión de 24" (área de succión)

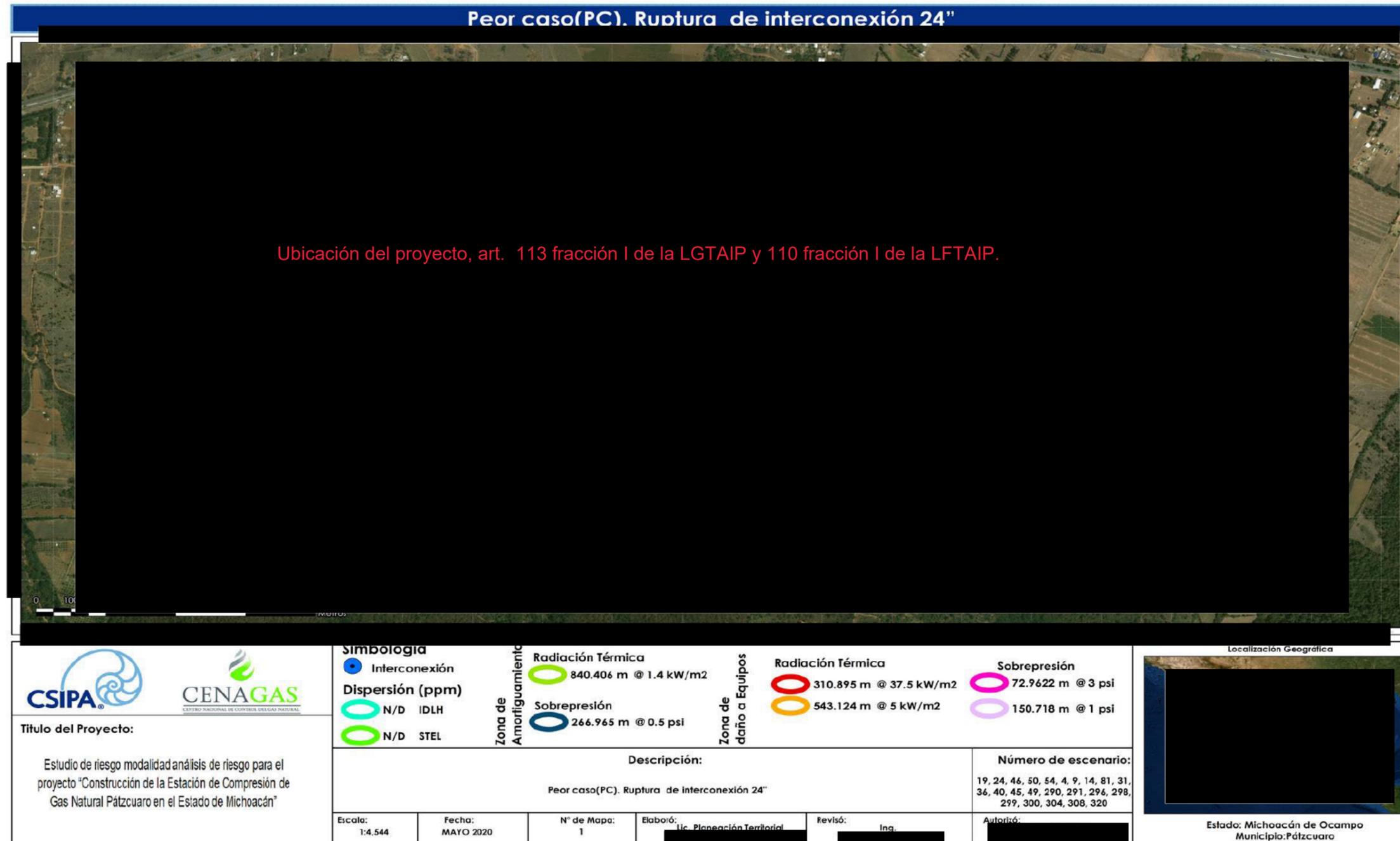
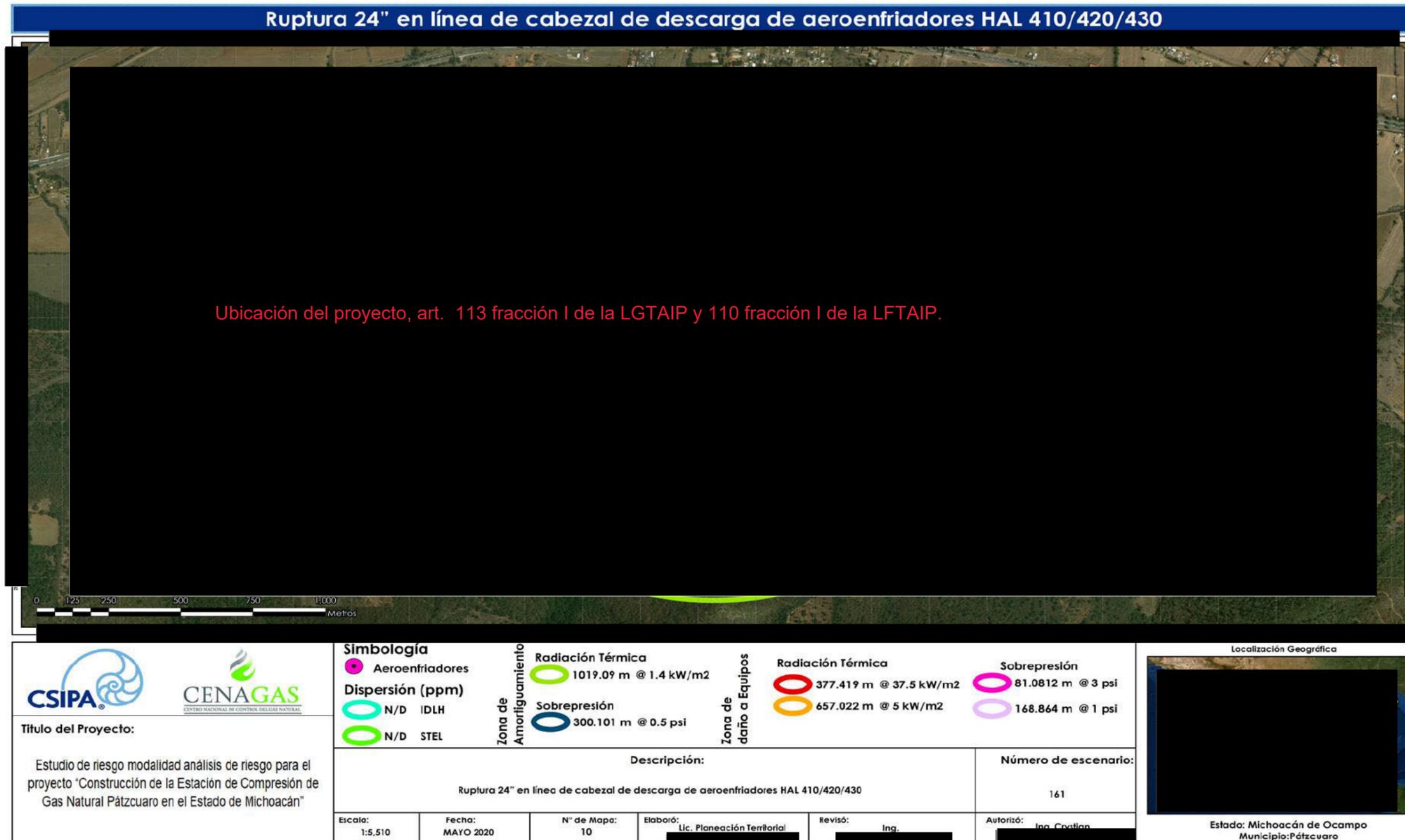


FIGURA 16 DIAGRAMA DE PETALOS DE RUPTURA DE INTERCONEXIÓN DE 24"

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

En la **Figura 17** Diagrama de petalos por ruptura de línea en cabezal de descarga de aerofriadores, donde se observa las posibles afectaciones debido a una posible ruptura en el cabezal de descarga de los aerofriadores.



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

FIGURA 17 DIAGRAMA DE PETALOS POR RUPTURA DE LINEA EN CABEZAL DE DESCARGA DE AEROENFRIADORES

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

En el **Anexo C**, se encuentran todos los diagramas de pétalos de las simulaciones realizadas

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Acorde al **Capítulo IV** del Proyecto **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular con Riesgo para el proyecto “Construcción de la Estación de Compresión de Gas Natural Pátzcuaro en el Estado de Michoacán”**, así como los radios del afectación obtenidos, se identificó los efectos sobre el sistema ambiental, mismos que se muestran en la **Tabla 26**.

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Peor caso (PC). Ruptura de interconexión 24" (área de succión)	-	-	Jet Fire	840.40	266.96	En un radio de 840.0 m se pueden observar usos de suelo agropecuarios extendidos principalmente al noroeste; forestales, ubicados al sur; y asentamientos humanos dispersos y no congregados hacia el noreste y noroeste. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección y no existen vías de comunicación principales que pudieran verse afectadas por incidentes.	En 267 m a la redonda de la modelación solo existen predios utilizados para actividades agrícolas propias de la región, así como el total de las instalaciones de la Válvula de seccionamiento del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural. No existen asentamientos humanos en los alrededores, sin embargo, al sur existe un tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Caso más probable (CMP) Fuga de 2" en interconexión 24" (área de succión)	-	-	Jet Fire	73.56	38.15	La afectación se restringe a los predios ubicados al norte y este de las instalaciones donde se realizan actividades agrícolas actualmente. Asimismo, el camino de acceso a la estación de compresión es afectado por el escenario modelado.	El escenario modelado afecta a los cultivos y arbolado (cerco vivo compuesto de <i>Eucalipto camaldulensis</i>) del predio ubicado al norte de la estación de compresión.
19, 24, 46, 50, 54, 4, 9, 14, 81, 31, 36, 40, 45, 49, 290, 291, 296, 298, 299, 300, 304, 308, 320	Caso alternativo (CA) Fuga de 4.8" en interconexión 24" (área de succión)	-	-	Jet Fire	167.77	76.44	A 168 m a la redonda del escenario se observan predios en los cuatro puntos cardiales en donde se llevan a cabo actividades agrícolas. Existen especies arbóreas y arbustivas que son usadas como cerco vivo y ninguna se encuentra en algún estatus de conservación de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	La afectación se restringe a los predios ubicados al norte y este de las instalaciones donde se realizan actividades agrícolas actualmente. Asimismo, el camino de acceso a la estación de compresión es afectado por el escenario modelado.

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
122,127	Peor caso (PC) Ruptura de línea de salida del Scrubber 18"	-	-	Jet Fire	642.55	232.84	En un radio de 643 m se pueden observar usos de suelo agropecuarios extendidos principalmente al noroeste y noreste; uso de suelo forestales al sur; y al este de las instalaciones la Válvula de seccionamiento del sistema de transporte. Asimismo, al sur se observan las líneas de conducción de energía eléctrica de CFE.	A 233 m a la redonda de la modelación existen predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo, y no hay asentamientos humanos que pudieran ser afectados. Asimismo, en cuanto a servicios urbanos, se puede observar el tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
122,127	Caso más probable (CMP) Fuga de 2" en línea de salida del Scrubber 18"	-	-	Jet Fire	73.56	38.15	La afectación se restringe a los predios ubicados al norte y este de las instalaciones donde se realizan actividades agrícolas actualmente. Asimismo, el camino de acceso a la estación de compresión es afectado por el escenario modelado. Las afectaciones ecológicas se restringen a daño en arbolado de la especie <i>Eucalipto camaldulensis</i> .	El radio de afectación queda inmerso en el predio, por lo cual no existe vegetación y/o fauna a afectarse.
122,127	Caso alternativo (CA) Fuga de 3.6" en línea de salida del Scrubber 18"	-	-	Jet Fire	128.12	60.045	La afectación se restringe a los predios ubicados al norte y este de las instalaciones donde se realizan actividades agrícolas. Las afectaciones ambientales se restringen a arbolado de cerco vivo de la especie <i>Eucalipto camaldulensis</i> .	

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
148,155	Peor Caso (PC) Ruptura 16" de línea de descarga CAE-310 A	-	-	Jet Fire	686.07	247.30	A 687 m a la redonda de la modelación existen predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo, así como las instalaciones de la Válvula de seccionamiento del sistema de Transporte de Gas Natural. No existen asentamientos humanos en los alrededores, sin embargo, al sur existe un tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.	En 248 m a la redonda de la modelación existen predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo, así como un 50% de las instalaciones de la Válvula de seccionamiento del sistema de Transporte de Gas Natural. No existen asentamientos humanos en los alrededores, sin embargo, al sur existe un tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.
148,155	Caso más probable (CMP) Fuga de 1.25" en línea de salida del compresor CAE-310 A	-	-	Jet Fire	55.74	30.60	El radio de afectación queda inmerso en el predio, por lo cual no existe vegetación y/o fauna a afectarse.	

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
148,155	Caso alternativo (CA) Fuga de 3.2" en línea de salida del compresor CAE-310 A	-	-	Jet Fire	135.60	61.93	A 135 m a la redonda de la modelación existen predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo. No existen asentamientos humanos en los alrededores, sin embargo, al sur existe un tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.	El radio de afectación sobrepasa el límite de las instalaciones afectando el predio ubicado al norte de las instalaciones, en el cual se llevan a cabo actividades agrícolas. Asimismo, se afectaría al cerco vivo de <i>Eucalipto camaldulensis</i> .

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
161	Ruptura 24" en línea de cabezal de descarga de Aero enfriadores HAL 410/420/430	-	-	Jet Fire	1019.09	300.10	<p>En un radio de 1020 metros se encuentran las localidades conocida como "Puerta de Cadena", "Colonia Nueva Puerta de Cadena" y "La Pequeña Tinajita".</p> <p>Asimismo, los usos de suelo afectados en este radio serían: agrícola, forestal y asentamientos humanos.</p> <p>No existe afectación a vías principales de comunicación y al sur se verían afectado un tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.</p>	<p>En 300 m a la redonda de la modelación existen predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo, así como las instalaciones de la Válvula de seccionamiento del sistema de Transporte de Gas Natural.</p> <p>No existen asentamientos humanos en los alrededores, sin embargo, al sur existe un tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.</p>

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
16	Fuga de 2" en cabezal de descarga de aroenfriadores HAL 410/420/430	-	-	Jet Fire	89.36	44.06	En 89 m a la redonda de la modelación existen predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo. La afectación se restringe a superficies agrícolas y arbolado que funciona como cerco vivo. No existen asentamientos humanos en los alrededores, sin embargo, al sur existe un tendido de alta tensión de energía eléctrica de CFE.	El radio de afectación queda inmerso en el predio, por lo cual no existe vegetación y/o fauna a afectarse.
161	Fuga de 4.8" en cabezal de descarga de aroenfriadores HAL 410/420/430	-	-	Jet Fire	203.33	90.59	La afectación se restringe a los predios ubicados al norte y este de las instalaciones donde se realizan actividades agrícolas. No existen especies protegidas bajo la norma NOM-059-STPS-2010.	La afectación se restringe a los predios ubicados al norte y este de las instalaciones donde se realizan actividades agrícolas. Asimismo, el camino de acceso a la estación de compresión es afectado por el escenario modelado.

TABLA 26 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Descripción Ambiental	
		STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica	Sobrepresión
					1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)		
148,155	Peor caso (PC) Ruptura 10" de línea de descarga CAE-310 A	-	-	Jet Fire	436.92	191.17	En un radio de 437 m se aprecian predios forestales al sur que se componen de la especie <i>Quercus ssp</i> y <i>Pinus ssp</i> .	A 192 m, se observan usos de suelo agrícola con delimitaciones de carcas vivas compuestas de individuos arbóreos introducidos de la especie <i>Eucalipto camaldulensis</i> .
148,155	Caso más probable (CMP) Fuga de 0.75" en línea de salida del compresor CAE-310 A	-	-	Jet Fire	34.04	-	El radio de afectación queda inmerso en el predio, por lo cual no existe vegetación y/o fauna a afectarse.	---
148,155	Caso alternativo (CA) Fuga de 2" en línea de salida del compresor CAE-310 A	-	-	Jet Fire	86.70	42.53	La afectación se restringe a los predios ubicados al norte y este de las instalaciones donde se realizan actividades agrícolas, así como al camino de acceso a la estación de la estación de compresión.	En este radio (43 m) se vería afectado el cerco vivo localizado en el predio al norte de las instalaciones. El arbolado está integrado por individuos de la especie <i>Eucalipto camaldulensis</i> .

Fuente: INEGI, 2020.

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

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

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Derivado de la Identificación de riesgos mediante la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí...?, se identificaron **13 recomendaciones** técnico operativas, las cuales son:

- R1. Instalar testigos de corrosión para monitoreo de la misma
- R2. Integrar válvula de alivio en trampa de envío y recepción de diablo
- R3. Instalar sensor de presión diferencial
- R4. Realizar prueba hidrostática a la interconexión
- R5. Integrar alarma por alto nivel de condensados en MAK-210.
- R6. Instalar cromatógrafo de gases para monitorear la calidad de gas
- R7. Contar con doble indicador de presión (PI) local en diablo
- R8. Instalar switch por baja-baja presión PSLI con envío de señal al sistema de paro por emergencia (ESD).
- R9. Instalar Switch por alta-alta temperatura TSHH con envío de señal al sistema de paro por emergencia (ESD).
- R10. Contar con doble filtro como protección intrínseca de las turbinas
- R11. Automatizar válvula SDV (entrada de EC)
- R12. Integrar transmisor indicador de presión (entrada y salida de Interconexión)
- R13. Proteger la válvula de seccionamiento instalada en la tubería (confinar o bardear)

III.1.1 Sistemas de seguridad

Acorde a las características del proyecto y a la identificación de riesgos, los sistemas de seguridad con los que contara la estación son los siguientes:

III.1.2 Sistemas operativos

Los sistemas operativos están referido al ámbito interno y relacionado con procesos propios de la instalación.

- **Alarmas por baja presión:** Tienen la capacidad para leer la presión en cada una de las líneas que suministran los gases. Con ello se logra detectar diferentes anomalías, tales como baja presión
- **Alarmas preventivas de presión:** Estas alarmas son utilizadas para indicar cuándo se debe hacer revisión o mantenimiento de los componentes que hacen posible el bombeo de los gases, reduciendo el porcentaje de fallas o percances en el suministro.
- **Alarmas visibles y audibles:** Ambas deben ser seguras, ser características, y llegar a todos los operarios. Estar combinadas con una llamada de auxilio con el objeto de asegurar su funcionamiento a los sistemas de alarma deben estar alimentados eléctricamente por fuentes de energía independiente de las maquinarias o el alumbrado.
- **Banco de baterías.** Tienen capacidad para suministrar potencia en corriente directa a los esquemas de protección, control, señalización y todo lo que requiera de corriente directa a través de centros de carga
- **Enfriadores de gas de respaldo HAL-420/430.** Son equipos en los cuales se retira calor de una corriente de proceso (en una operación de enfriamiento y/o condensación) usando aire como medio refrigerante
- **Extintores portátiles** Los extintores portátiles son aparatos de accionamiento manual que permiten proyectar y dirigir
- **Un agente extintor sobre un fuego** Extingue el fuego por enfriamiento y puede ser empleada en forma de chorro o finamente pulverizada.
- **Gato hidráulico con accionamiento manual de válvula.** Son herramientas indispensables que se usan para elevar cargas pesadas a través de un accionamiento manual
- **Indicador de presión local.** Es un instrumento para la medición de presión de gases y líquidos en aplicaciones industriales
- **Medidores de flujo.** Es un instrumento que se usa para medir el caudal lineal, no lineal, de masa o volumétrico de un líquido o gas

- **PAL Alarmas por alta presión con señal hacia SCD.** Tienen la capacidad para leer la presión en cada una de las líneas que suministran los gases. Con ello se logra detectar diferentes anomalías, tales como alta presión hacia el sistema de control de distribución
- **PDT (Transmisor de presión diferencial).** Se utilizan para medir la diferencia de presión que existe entre dos puntos hacia el sistema de control de distribución
- **PIC en el patín con señal hacia SCD.** Es un instrumento para la medición de presión de gases y líquidos en aplicaciones industriales hacia el sistema de control de distribución
- **PIT con señal hacia el SCD:** Permiten medir la presión de forma sencilla en un corto espacio de tiempo con señal hacia el sistema de control de distribución
- **Planta de emergencia para suministro eléctrico.** Son grandes máquinas o equipos que se encargan de proporcionar energía eléctrica por largos periodos de tiempo, cuando el suministro de electricidad
- **Red contraincendios.** Es red de tuberías se encuentra contenida agente extintor; la cual está sometida a condiciones de presión, la función principal de la red de alimentación es la de abastecer con la suficiente cantidad de agente extintor a los diferentes sistemas de protección
- **Sistema de puesta a tierra.** Es un mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y que consiste en conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la **tierra**, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.
- **Scrubber MAK-210.** Es un filtro de gas de entrada horizontal que elimina las impurezas y el líquido capturado.
- **Sensores de gas y fuego del encabinado de turbocompresores.** Es un dispositivo que detecta la presencia de gas en el aire en el encabinado de turbocompresores y que, a una determinada concentración, emite una señal óptica
- **Sistema de apartarrayos** Es un sistema de protección que no realiza ningún tipo de acción previa a la caída del rayo, su funcionalidad se ejecuta cuando cae un rayo en la estructura encargándose de conducir y disipar la energía del rayo hasta la toma de tierra
- **Sistema de gas y fuego.** Tienen como objetivos principales: la medición de concentración de gas inflamable en el aire (mezcla inflamable), la medición de concentración de gas tóxico y la detección y supresión de fuego (mitigación)
- **Sistema de monitoreo de operación SCADA.** Es un sistema software que sirve para poder supervisar procesos a desde lejos. Como su nombre indica, el sistema funciona gracias a la adquisición de datos de los procesos remotos
- **Sistema CCTV** consiste en una o más cámaras de vigilancias conectadas a uno o más monitores de video o televisores que reproducen las imágenes transmitidas por las cámaras.

- **Sistema de recirculación.** Es un sistema que reduce las emisiones del gas a la atmosfera.
- **TAH alarma por alta temperatura.** Generará una señal cuando la temperatura del lugar que se desea controlar, sobrepase un nivel predeterminado.
- **TIC con señal hacia SCD.** Es un instrumento de instalación que puede procesar la señal de sensores de temperatura e indicarlos en pantalla
- **UPS.** Es una fuente de energía eléctrica que suministra o abastece al computador, está contiene una batería que seguirá emergiendo electricidad en el caso que haya un corte de luz o un problema eléctrico en la infraestructura
- **Válvula controladora de nivel LV en MAK-210.** Regulan el nivel alto de sustancia en los depósitos sin necesidad de flotadores ni otros dispositivos.
- **Válvulas de seccionamiento** Se utilizan principalmente para dejar pasar o no un fluido (ON-OFF) y no están diseñadas para regularlo lo que indica que deben estar completamente abiertas o completamente cerradas para que sus interiores (asiento y cuña) no sean desgastados prematuramente por el fluido y su presión y así evitar que tenga fugas.
- **Válvulas de seguridad (PSV) o alivio** Es un dispositivo automático para aliviar presión activado por la presión estática que ejerce el fluido contenido en un recipiente o tubería al cual esta comunicada la válvula
- **Válvulas troncales de operación remota/manual.** Es un dispositivo automático para aliviar presión activado por la presión estática que ejerce el fluido contenido en un recipiente o tubería al cual esta comunicada la válvula
- **Detector de mezclas explosivas.** Instrumento que detecta la mezcla de combustible y comburente (oxígeno del aire) para que sea explosiva debe de estar en una proporción comprendida entre el LIE (límite inferior de explosividad) y el LSE (límite superior de explosividad)
- **Sistema de paro por emergencia.** Es un sistema diseñado para intervenir de manera automática el flujo en líneas de proceso.

III.1.3 Medidas preventivas

Acorde a las características del proyecto, así como de la identificación de riesgos, las medidas preventivas con las que cuenta la empresa para prevenir, son las siguientes:

- Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST)
- Asesoría técnica de fabricantes
- Capacitación a personal
- Celaje
- Código de conducta de las y los servidores públicos del CENAGAS
- Comunicación efectiva
 - AMM-CENAGAS
 - Con autoridades de municipio
 - Con CFE
 - Usuarios-CENAGAS
- Dictamen por unidad verificadora
- Disciplina operativa
- Estudio de impacto social
- Estudio de inspección interior
- Estudio de integridad mecánica (CIS-DCVG)
- Estudio de mecánica de suelos
- Estudios hidrológicos
- Estudios topográficos
- Filosofía de operación de estación
- Funciones y responsabilidades del puesto
- Infraestructura para seguridad patrimonial
- Inspecciones preventivas de riesgo
- Patrullaje por Seguridad física
- Permiso de trabajo con riesgo
- Programa preventivo de mantenimiento
- Programas sociales
- Plan de Respuesta a Emergencias
- Política de igualdad laboral y no discriminación

- Procedimiento para el cierre de la estación de compresión EC
- Procedimientos operativos
- Procedimientos y planos constructivos
- Programa de capacitación
- Programa mantenimiento
- Programa de corrida de diablos
- Programa de mantenimiento del sistema de transporte
- Programa de mantenimiento preventivo (corrida de diablo de limpieza)
- Programa de mantenimiento preventivo (Lectura de RPC, toma de potenciales y camas anódicas e inspección de testigos de corrosimétricos en instalaciones superficiales).
- Programa de pruebas de cierra a válvulas y actuadores
- Rutina de inspección visual
- Supervisión por parte de CENAGAS
- Sistema SASISOPA (Sistema de Administración de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente)
- Simulacros

IV. RESUMEN

IV.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

En el presente *Estudio de riesgo modalidad análisis de riesgo para el proyecto "Construcción de la Estación de Compresión de Gas Natural Pátzcuaro en el Estado de Michoacán"*, se realizó mediante la identificación y evaluación de posibles escenarios de riesgos utilizando la metodología de análisis de riesgo ¿Qué pasa sí...?, a través de reuniones con el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER), donde se obtuvieron un total de 328 escenarios de riesgos y 1,312 evaluaciones acorde a los cuatro rubros evaluados, conforme al elemento 2 del SASISOPA de la empresa CENAGAS.

La distribución de los escenarios quedo de la siguiente manera:

- Riesgo al personal
 - 14 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 52 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 262 evaluaciones en riesgo tipo C
- Riesgo al medio ambiente
 - 5 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 44 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 279 evaluaciones en riesgo tipo C
- Riesgo a la población
 - 10 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 78 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 240 evaluaciones en riesgo tipo C
- Riesgo a la instalación y/o Producción
 - 3 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 50 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 275 evaluaciones en riesgo tipo C

De los 328 escenarios de posibles, se consideraron 32 escenarios para realizar el análisis cuantitativo, agrupándose en 3 tipos de casos, que se clasificaron en peor caso, caso alterno y caso más probable.

El peor escenario "Ruptura de interconexión de 24", obteniendo lo siguientes resultados:

- El personal presente en el área puede sufrir daños en caso de presentarse un incendio ya que el nivel de radiación térmica dentro de un radio de 545 m, en caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 150 m
- El riesgo ambiental es representado por emisión de gases de combustión generados por incendio y sustancias químicas emanadas de los equipos para combate de incendio, así como generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos derivados de la explosión.
- El equipo y maquinaria sufre daños importantes en un radio de 310 m, con pérdidas económicas por paro temporal de actividades.

De la identificación de riesgos se obtuvieron un total de 13 recomendaciones, aunado, se resulta indispensable dar cumplimiento a las buenas prácticas de Ingeniería para la seguridad y control del proceso, así como la actualización del programa de respuesta a emergencia (PRE), programas de mantenimientos de la instalación, reforzando los mecanismos de control que garanticen las actividades a desempeñar y su correcto desempeño; lo cual repercutirá en la disminución de la presencia de eventos no deseados y en el control del riesgo inherente a este tipo de instalaciones.

IV.2 SITUACIÓN GENERAL EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

De acuerdo a la identificación de posibles escenarios de riesgo con metodología ¿Qué pasa si...?, se obtuvieron 4 sistemas y un total de 328 escenarios de riesgo.

Las evaluaciones para riesgo ambiental, quedaron distribuidas de la siguiente manera:

- 5 escenarios corresponden a nivel de riesgo intolerable "A".
- 44 escenarios corresponden a nivel de riesgo tolerable con controles "B".
- 279 escenarios corresponden a nivel de riesgo tolerable "C".

La afectación acorde a los radios obtenidos de los peores casos, se tiene los siguientes resultados:

- *Ruptura 24" en línea de cabezal de descarga de aeroenfriadores HAL 410/420/430*, con radio de 660 m que por efecto de radiación térmica podría dañar la integridad de las personas, por lo que se debe tener en cuenta que se tienen cerca las localidades conocida como "Puerta de Cadena", "Colonia Nueva Puerta de Cadena" y "La Pequeña Tinajita". Asimismo, los usos de suelo afectados en este radio serían: agrícola, forestal y asentamientos humanos. Por efecto de sobrepresión se tiene un radio de 170 m a la redonda, así que podría haber posibles afectaciones a la integridad de las personas, ya que hay predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo, así como las instalaciones de la válvula de seccionamiento del sistema de Transporte de Gas Natural.

No existen asentamientos humanos en los alrededores que se puedan afectar.

- *Ruptura de interconexión 24"*, en un radio de 545 m, por efecto de radiación térmica podría existir daño a la integridad de las personas, ya se pueden observar usos de suelo agropecuarios extendidos principalmente al noroeste; forestales, ubicados al sur; y asentamientos humanos dispersos y no congregados hacia el noreste y noroeste. En este radio no se identificaron especies bajo algún estatus de protección y no existen vías de comunicación principales que pudieran verse afectadas por incidentes. Por efectos de sobre presión, en un radio 150 m podrían verse posibles afectaciones a la integridad de las personas, ya que existen predios utilizados para actividades agrícolas propias de la región, así como la válvula de seccionamiento del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural. No existen asentamientos humanos en los alrededores que se pudiera afectar.

IV.3 INFORME TÉCNICO

En la **Tabla 27** Sustancias manejadas se observa dicha información

TABLA 27 SUSTANCIAS MANEJADAS

No	Clave del escenario	Nombre químico	No. CAS	C	R	E	T	I	Capacidad total		Capacidad de la mayor unidad de almacenamiento (Ton)
									Producción (MMSCFD)	Almacenamiento (Ton)	
1	19,24,46,50,54,4,9,14,81,31,36,40,45,49,290,291,296,298,299,300,304,308,320 Ruptura de interconexión 24" (área de succión)	Metano	74-82-8			X		X	162.2	En el proyecto no se tiene contemplado el almacenamiento	En el proyecto no se tiene contemplado el almacenamiento
2	122,127 Ruptura de línea de salida del scrubber 18"	Metano	74-82-8			X		X	162.2		
3	148,155 Ruptura de línea de descarga 16" CAE-310 A	Metano	74-82-8			X		X	162.2		
4	161 Ruptura 16" en línea de cabezal de descarga de aroenfriadores HAL 410/420/430	Metano	74-82-8			X		X	162.2		
5	148,155 Ruptura de línea de descarga CAE-310 B/C	Metano	74-82-8			X		X	75.5		

Fuente: HDS Gas Natural

Análisis: CSIPA, S.A. d C.V., 2020.

En la **Tabla 28** Antecedentes de fugas y explosiones

TABLA 28 ANTECEDENTES DE FUGAS Y EXPLOSIONES CON GN

Fecha	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
2012	Allentown, Pensilvania	Red de acero – Colonia habitacional	Gas natural	Fisura de un ducto de 12 pulgadas	Fueron instaladas en 1928.	Fuga grado 0 - Ocho casas fueron completamente destruidas, y se vieron afectados sus alrededores, 5 muertes y tres hospitalizaciones	Contención y Evacuación
2011	Philadelphia, Pensilvania	Red de acero – Colonia habitacional	Gas natural	Fisura de un ducto de 12 pulgadas	Fueron instaladas en 1942.	Fuga grado 0 - Muerte de un empleado y graves heridas algunos otros, durante la reinstalación del ducto	Arreglos del daño provocado, e investigación del altercado
2011	Austin, Texas	Red de acero - casa	Gas natural	Ruptura de un ducto de 4 pulgadas	Clima extremo desde sequia hasta inundaciones	Fuga grado 0 - Explosión de una casa dejando a un muerto y un herido	Arreglos del daño provocado, e investigación del altercado
22 -07-2007	Ciudad Pemex-Coatzacoalcos	Ducto de Gas Etano	Gas Etano	Fuego / Explosión	Fuga	lesión	Evento histórico (No se cuenta con la información)
5-07-2007	Salamanca-Valle Santiago	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	No hubo lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)

TABLA 28 ANTECEDENTES DE FUGAS Y EXPLOSIONES CON GN

Fecha	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
5-07- 2007	Celaya, Guanajuato;	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego Explosión /	Fuga	No hubo lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)
10-09-2007	Río Actopan	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego Explosión /	Fuga	No hubo lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1996	Cactus Chiapas	Complejo procesador de gas	Gas Etano Plus	Fuego Explosión /	Fuga	No se tiene el dato	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1993	Villahermosa Tabasco	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	Fuga	Sin información	Sustitución de un tramo de 195 m.
1994	Nuevo León	Centro de regulación de gas	Gas Natural	Fuga	Mantenimiento al purgar la válvula de salida del gas	No hubo lesionados	Reubico el centro de regulación del ducto
1994	Villahermosa Tabasco	Cambio de válvula de 36"	Gas Natural	Fuga	Corto circuito del cable de suministro eléctrico	11 lesionados	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1995	Monclova Coahuila	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	Fuga	No hubo lesionados	Se realizó la recalibración de la válvula de seguridad

TABLA 28 ANTECEDENTES DE FUGAS Y EXPLOSIONES CON GN

Fecha	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
1995	Chiapas	Gasoducto	Gas Natural	Fuego/Incendio	Fuga	4 lesionados	Se realizó el bloqueo de gas marino y Mesozoico al complejo
1995	Jalisco	Gasoducto	Gas Natural	Fuga	Mal estado de válvula	No hubo lesionados	Reposicionamiento de válvula
1995	Tamaulipas	Cuarto de control de toma de muestra	Gas Natural	Fuego/Explosión	Fuga de Hidrogeno	1 muerto	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1995	Tabasco	Gasoducto	Gas Natural	Fuego/Explosión	Seccionamiento de una línea abandonada que contenía remanentes	2 personas lesionadas	Verificación de la tubería que ya no exista residuos de gas para evitar evento subsecuente

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2020.

En la **Tabla 29** Identificación y jerarquización de riesgos ambientales se observa dicha información

TABLA 29 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	19,24,46,50,54,4,9,1 4,81,31,36,40,45,49, 290,291,296,298,299 ,300,304,308,320 Ruptura de interconexión 24" (área de succión)	Existe baja presión en el ducto con Fuga en línea/Ruptura de línea 24"/Ruptura de interconexión 24"/Posible incendio y/o explosión /Paro de operación en la EC debido Acto vandálico (en derecho de vía) /Daño por terceros	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural

TABLA 29 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		
2	122,127 Ruptura de línea en salida del scrubber 18"	Hay bajo flujo de gas hacia los compresores con Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones propias o de terceros/ Paro de operación en EC debido Fuga de gas en línea de 18" a la llegada de la estación de compresión EC/ Obstrucción o saturación de scrubber MAK-210	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? de Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural

TABLA 29 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		
3	148,155 Ruptura de línea en descarga 16" CAE-310 A	Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 16"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 16"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? de Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural

TABLA 29 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		
4	161 Ruptura 16" de línea de cabezal de descarga de aerofriadores HAL 410/420/430	Alta temperatura en la descarga del turbocompresor con Retraso operativo/ Daño en turbocompresores/ Paro de turbocompresor / Posible incendio y/o explosión en turbocompresores Por Falla cooler y sensor de temperatura	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural

TABLA 29 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		
5	148,155 Ruptura de línea de descarga CAE-310 B/C	Alta presión de descarga en turbocompresor con Sobrepresionamiento de Cabezal de descarga de 10"/ Posible daño a turbocompresores / Ruptura de línea 10"/ Paro de operación en EC/ Posible incendio y/o explosión/ Posible daño a instalaciones (compartidas) propias o de terceros debido Falla de los sensores de presión de turbocompresor	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? de Análisis consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

En la **Tabla 30** Estimación de consecuencias se observa dicha información

TABLA 30 ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS

No. de Falla	No. de Evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de alto riesgo	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		1 psi (m)	5 KW/m ² (m)
1	19,24,46,50,54,4,9,14,81,31,36,40,45,49,290,291,296,298,299,300,304,308,320 Ruptura de interconexión 24" (área de succión)		X	1,569.44	Kg/s	Gas				X		PHAST versión 8.22	150.718	543.124
2	122,127 Ruptura de línea de salida del scrubber 18"		X	882.811	Kg/s	Gas				X		PHAST versión 8.22	132.035	418.742
3	148,155 Ruptura de línea de descarga 16" CAE-310 A		X	1024.71	Kg/s	Gas				X		PHAST versión 8.22	139.952	448.459
4	161 Ruptura 16" en línea de cabezal de descarga de aerofriadores HAL 410/420/430		X	2394.9	Kg/s	Gas				X		PHAST versión 8.22	168.864	657.022

TABLA 30 ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS

No. de Falla	No. de Evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de alto riesgo	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		1 psi (m)	5 KW/m ² (m)
5	148,155 Ruptura de línea de descarga CAE-310 B/C		X	397.567	Kg/s	Gas				X		PHAST versión 8.22	109.213	292.15

Nota: (C) Catastrófico: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos con un nivel de peligro (por ejemplo, gases, tóxicos, radiación térmica o explosión causada por sobrepresión) que puede causar efectos ecológicos, irreversibles o grave desequilibrio al ecosistema. Un efecto ecológico adverso irreversible es aquel que no puede ser asimilado por los procesos naturales, o sólo después de muy largo tiempo, causando pérdida o disminución de un componente ambiental sensible (por ejemplo, especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, tipos de vegetación amenazada, entre otros). (G) Grave: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos temporales. Un efecto ecológico adverso temporal es aquel que permanece un tiempo determinado, y disminuye la calidad o funcionalidad de un componente ambiental, siendo factible de atenuar con acciones de restauración o compensación. (S) Significativo: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos recuperables. Un efecto ecológico adverso recuperable es aquel que puede eliminarse o remplazarse por la acción natural o humana, no afectando la dinámica natural del ecosistema o del componente ambiental. (R) Reparable: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos reversibles. Un efecto ecológico adverso reversible es aquel que puede ser asimilado por los procesos naturales a corto plazo. (N) Ninguno: Este evento no alcanza áreas externas a los terrenos de la instalación.

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V.

En la **Tabla 31** Criterios utilizados, se observa, la información utilizada para las simulaciones.

TABLA 31 CRITERIOS UTILIZADOS

No. de Falla	No. de Evento	Toxicidad				Explosividad		Radicación térmica		Otros criterios
		IDLH* (ppm)	TLV8** (ppm)	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	0.5 psi (m)	1.0 psi (m)	1.4 KW/m ² (m)	5 KW/m ² (m)	Tipo de Fuego
1	19,24,46,50,54,4,9,14,81,31,36,40,45,49,290,291,296,298,299,300,304,308,320 Ruptura de interconexión 24" (área de succión)	N/D	N/D	1.5	F	266.965	150.718	840.406	543.124	Jet fire
2	122,127 Ruptura de línea de salida del scrubber 18"	N/D	N/D	1.5	F	232.848	132.035	642.552	418.742	Jet fire
3	148,155 Ruptura de línea de descarga 16" CAE-310 A	N/D	N/D	1.5	F	247.305	139.952	686.072	448.459	Jet fire
4	161 Ruptura 16" en línea de cabezal de descarga de aerofriadores HAL 410/420/430	N/D	N/D	1.5	F	300.101	168.864	1019.09	657.022	Jet fire
5	148,155 Ruptura de línea de descarga CAE-310 B/C	N/D	N/D	1.5	F	191.172	109.213	436.92	292.15	Jet fire

Análisis: CSIPA. S.A. de C.V.

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

Anexo A "Información del cliente"

Anexo B "Identificación de Riesgos"

- Hojas de trabajo PHA-Pro
- Minutas
- Acta constitutiva

Anexo C "Análisis de Consecuencias"

- Resumen de simulaciones
- Diagramas de pétalos
- Hojas de resultados

Anexo D "Administración de riesgo".

- Catálogo de escenarios
- Jerarquización de riesgos