

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	9
I.1 BASES DE DISEÑO	17
I.1.1 PROYECTO CIVIL	26
I.1.1.1 NORMATIVIDAD	41
I.1.2 PROYECTO MECÁNICO	43
I.1.3 PROYECTO SISTEMA CONTRA INCENDIO	45
I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	52
I.2.1 HOJAS DE SEGURIDAD	56
I.2.2 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES	57
I.2.2.1 PATÍN DE VÁLVULA-TUBERÍA DE LA ESTACIÓN (STATION PIPE VALVE SKID PVS)	57
I.2.2.2 SEPARADORES	58
I.2.2.3 TURBOCOMPRESORES	58
I.2.2.4 ENFRIADORES	61
I.2.2.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUCCIÓN	62
I.2.2.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESCARGA	62
I.2.2.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	63
I.2.2.8 SISTEMA DE AIRE DE INSTRUMENTOS	63
I.2.2.9 SISTEMA DE AIRE DE PLANTA O SERVICIO	64
I.2.2.10 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	64
I.2.2.11 DESCRIPCIÓN DEL GENERADOR DE RESPALDO ELÉCTRICO	65
I.2.2.12 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE CERRADO	65
I.2.2.13 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE ABIERTO	65
I.2.2.14 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ESTACA DE VENDEO	66
I.2.3 ALMACENAMIENTO	67
I.2.4 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN	67

I.3	CONDICIONES DE OPERACIÓN	70
I.3.1	ESPECIFICACIÓN DEL CUARTO DE CONTROL	71
I.3.2	SISTEMA DE AISLAMIENTO	74
I.4	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	75
I.4.1	ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES	75
I.4.2	METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS	79
I.4.2.1	ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS	79
I.4.2.2	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	80
I.4.2.3	CATEGORÍA DE FRECUENCIA Y CONSECUENCIAS	82
I.4.2.4	CARACTERIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS.....	84
I.4.2.5	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	86
I.4.2.6	DETERMINACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	90
I.4.2.7	JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS	98
I.4.2.8	ESCENARIOS DE MAYOR RIESGO.....	109
I.4.3	ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.....	112
I.4.3.1	CRITERIOS DE SIMULACIÓN	113
II. ...	DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES	121
II.1	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	121
II.2	INTERACCIONES DE RIESGO.....	124
II.2.1.1	DIAGRAMAS DE PÉTALOS	129
II.3	EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	132
III.	SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL	135
III.1	RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.....	135
III.1.1	SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	136
III.1.2	MEDIDAS PREVENTIVAS.....	139

IV.....	RESUMEN
.....	141
IV.1	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL..... 141
IV.2	SITUACIÓN GENERAL EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL..... 144
IV.3	INFORME TÉCNICO 145
V.....	IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL 150

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 LEYES, REGLAMENTOS, CRITERIOS, NORMAS, MANUALES Y CÓDIGOS.....	20
TABLA 2 UNIDADES DE MEDICIÓN	21
TABLA 3 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN PÁTZCUARO.....	23
TABLA 4 CROMATOGRAFÍA DEL GAS	24
TABLA 5 CARACTERÍSTICAS DEL GAS	25
TABLA 6 COMPOSICIÓN DEL GN	56
TABLA 7 SUSTANCIAS PELIGROSAS MANEJADAS EN EL PROYECTO	56
TABLA 8 EQUIPOS PRINCIPALES	57
TABLA 9 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LOS SEPARADORES.....	58
TABLA 10 CONDICIONES OPERACIONALES EN EL ACEITE LUBRICANTE.....	60
TABLA 11 ESPECIFICACIONES PRINCIPALES DE ENFRIADORES.....	62
TABLA 12 CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	70
TABLA 13 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES	76
TABLA 14 METODOLOGÍAS DE ACUERDO A LA ETAPA DE VIDA DEL PROCESO	79
TABLA 15 CATEGORÍAS DE CONSECUENCIAS.....	82
TABLA 16 CATEGORÍAS DE FRECUENCIA.....	84
TABLA 17 SISTEMAS ANALIZADOS ¿QUÉ PASA SI...?	89
TABLA 18 RESUMEN DE RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	90
TABLA 19 AGRUPACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO ANTES DE LA REDUCCIÓN DEL RIESGO.....	96
TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	99
TABLA 21 ESCENARIOS DE MAYOR RIESGO	110
TABLA 22 COMPOSICIÓN PARA SIMULACIÓN.....	114
TABLA 23 CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA MODELACIONES	116
TABLA 24 DATOS PARA ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA (PASQUILL).....	117
TABLA 25 PARÁMETROS DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS	117

TABLA 26 VALORES DE REPORTE POR DISPERSIÓN TÓXICA INCENDIO Y EXPLOSIÓN	118
TABLA 27 EFECTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA	119
TABLA 28 EFECTOS POR SOBREPRESIÓN	119
TABLA 29 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN... ..	121
TABLA 30 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD	124
TABLA 31 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL PARA LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	132
TABLA 32 SUSTANCIAS MANEJADAS	145
TABLA 33 ANTECEDENTES DE FUGAS Y EXPLOSIONES CON GN	146
TABLA 34 IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	147
TABLA 35 ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS	148
TABLA 36 CRITERIOS UTILIZADOS	149

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.....	10
FIGURA 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA NUEVA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN PÁTZCUARO MICHOACAN.....	17
FIGURA 3 LOCALIZACIÓN DEL BLOQUE DE CIMENTACIÓN PARA EL TURBOCOMPRESOR CENTAURO 40S	27
FIGURA 4 LOCALIZACIÓN DEL BLOQUE DE CIMENTACIÓN PARA LOS TURBOCOMPRESORES TAURUS 60S.....	28
FIGURA 5 UBICACIÓN EN PLANTA DE LOS SEPARADORES DE SUCCIÓN.....	30
FIGURA 6 LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE ENFRIADORES DE GAS.....	32
FIGURA 7 LOCALIZACIÓN EN PLANTA CUARTO MOTOGENERADOR	34
FIGURA 8 LOCALIZACIÓN DEL CUARTO ELECTRICO EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN	35
FIGURA 9 PLANTA GENERAL DE RED DE DRENAJE PLUVIAL.	38
FIGURA 10 UBICACIÓN DE LA BARDA PERIMETRAL.....	40
FIGURA 11 LOCALIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO PERIFERICO.....	47
FIGURA 12 PLANO DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE SUPRESIÓN	51
FIGURA 13 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL PROYECTO	54
FIGURA 14 PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPOS.....	55
FIGURA 15 LOCALIZACIÓN EN PLANTA DEL CUARTO DE CONTROL.....	72
FIGURA 16 PROPUESTA DE CUARTO DE CONTROL.....	73
FIGURA 17 SECUENCIA DE LA METODOLOGÍA ¿QUÉ PASA SÍ...?	81
FIGURA 18 MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS DE PROCESO	85
FIGURA 19 HOJA DE TRABAJO PHA PRO 8.0	87
FIGURA 20 MATRIZ DE RIESGO PARA ESCENARIOS IDENTIFICADOS	91
FIGURA 21 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN A PERSONAL	92

FIGURA 22 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN.....	93
FIGURA 23 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE	94
FIGURA 24 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON LA AFECTACIÓN A LA INSTALACIÓN/PRODUCCIÓN	95
FIGURA 25 DISTRIBUCIÓN DE EVALUACIONES TOTALES.....	97
FIGURA 26 DIAGRAMA DE PETALOS DEL ESCENARIO ECPM-CMP-01	129
FIGURA 27 DIAGRAMA DE PETALOS DEL ESCENARIO ECPM-CMP-02	130
FIGURA 28 DIAGRAMA DE PETALOS DEL ESCENARIO ECPM-CMP-02	131

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 de Seguridad, Energía y Ambiente (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.

UBICACIÓN DEL PROYECTO,
ART 113 FRACCIÓN I DE LA
LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE
LA LFTAIP.

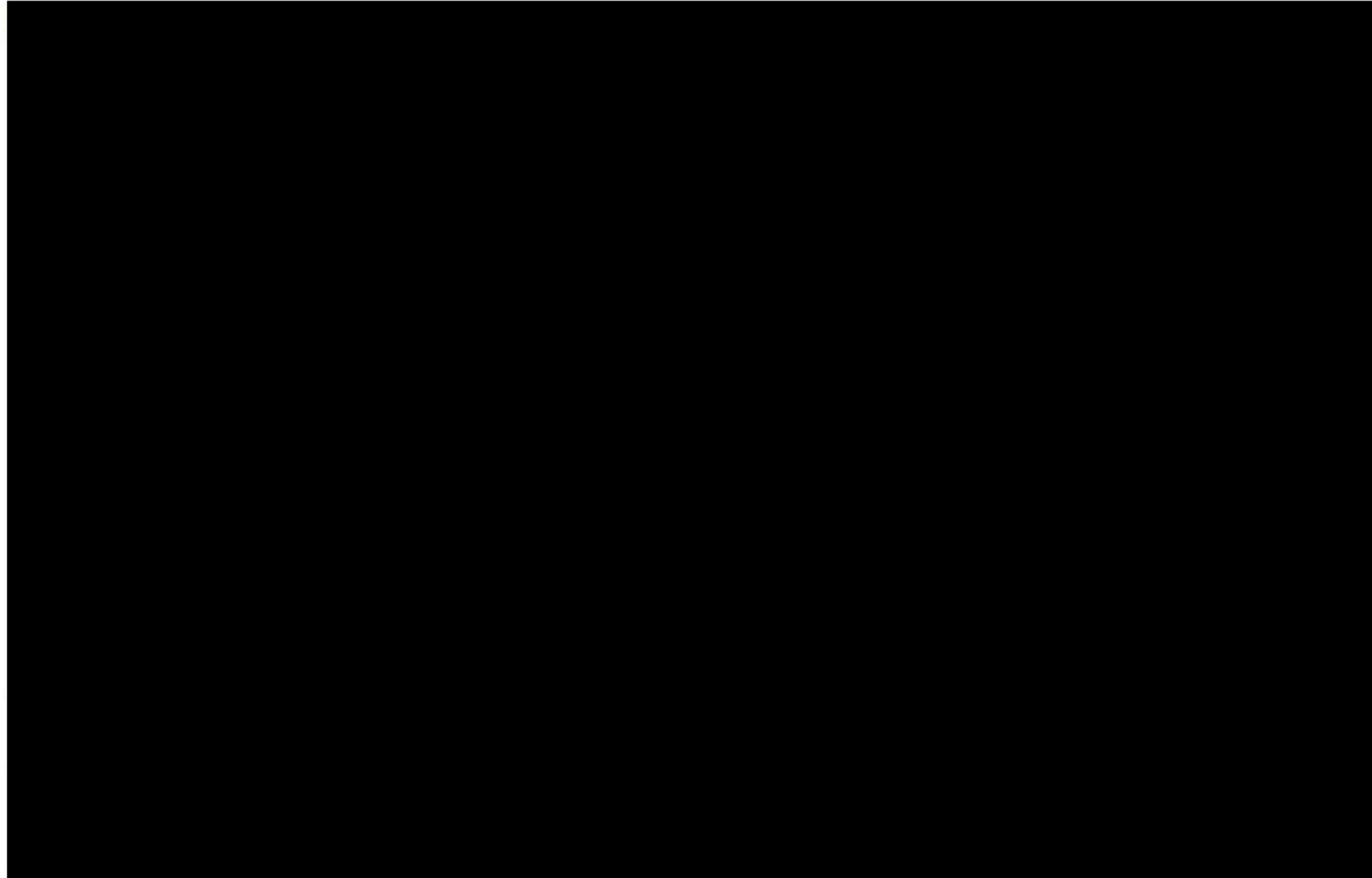


FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2020.

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 se 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 las especies *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 detectaron 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 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 está 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 sí 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 sequías, 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 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 pose 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

El proyecto consiste en desarrollar la ingeniería de detalle para la "Nueva estación de compresión de gas Pátzcuaro, Michoacán" y así cumplir con el requerimiento de elevar la presión del gas natural para su posterior utilización en la planta de ArcerlorMittal.

La ubicación geográfica donde será instalada la "Estación de compresión Pátzcuaro" se muestra en la **Figura 2** cuyas coordenadas son [REDACTED]

[REDACTED] **COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

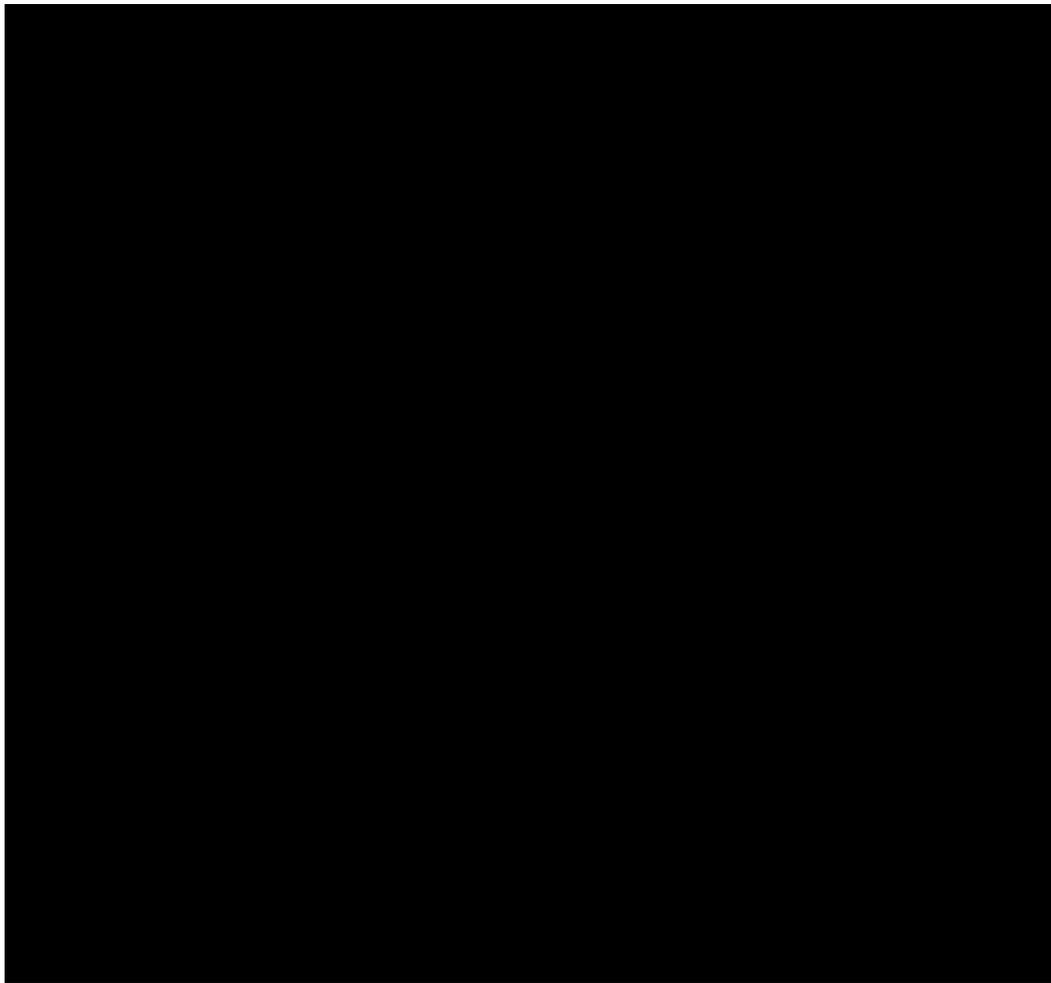


FIGURA 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA NUEVA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN PÁTZCUARO MICHOACÁN

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021

El proyecto durante su fase de detalle, estableció dentro de su alcance el desarrollo de las actividades:

Proceso

- Base de criterios de diseño (procesos, tuberías y recipientes).
- Diagrama de flujo de procesos (Elaboración, revisión y actualización).
- Diagramas de tuberías e instrumentación (Elaboración, revisión y/o actualización).
- Memoria de cálculo para dimensionamiento de tuberías (hidráulico y mecánico).
- Memoria de cálculo del sistema de aire comprimido.
- Especificación para sistema de aire comprimido.
- Hoja de datos equipos del sistema de aire comprimido.
- Memoria de cálculo de tanque de condensado.
- Hoja de datos de tanque condensado.
- Especificación de tanque condensado.
- Memoria de cálculo para tanque de almacenamiento de aceite residual.
- Especificación de tanque de almacenamiento aceite residual.
- Hoja de datos de tanque de almacenamiento de aceite residual.
- Memoria de cálculo del sistema hidroneumático.
- Hoja de datos del sistema hidroneumático.
- Memoria de cálculo para estaca de venteo.
- Hoja de datos de estaca de venteo.
- Lista de materiales de tuberías.
- Lista de materiales de válvulas.
- Lista de líneas.

Tuberías

- Análisis de flexibilidad de tuberías (solo líneas de proceso mayores a 2").
- Modelo 3D.
- Catálogos de conceptos para procura y contrataciones.
- Especificación de materiales de tuberías (revisión/actualización).
- Lista de materiales de tuberías.
- Índice de plantas de tuberías.
- Planta de tuberías.



- Detalles y elevaciones.
- Salida gas de descarga de PVS general.
- Entrada de gas a separadores scrubber.
- Salida de gas de separadores scrubber a cabezal de succión.
- Cabezal de succión turbocompresores.
- Succión y descarga de turbocompresor CAE-310A.
- Succión y descarga de turbocompresor CAE-310B.
- Succión y descarga de turbocompresor CAE-310C.
- Cabezal de descarga turbocompresores.
- Entrada y salida de gas a enfriador HAL-410, HAL-420 Y HAL-430.
- Cabezal de descarga de enfriadores a PVS general.
- Cabezal de gas de sello.
- Entrada de gas de sello a compresor CAE-310 A/B/C.
- Cabezal de gas combustible.
- Entrada de gas de combustible a turbina T-520 A/B/C.
- Entrada de aceite lubricante a enfriador HAL-530 A/B/C.
- Retorno de aceite lubricante de enfriador HAL-530 A/BV/C a turbina T-520 A/B/C.
- Cabezal de venteo.
- Venteo en cada paquete y/o equipo.
- Sistema de drenaje cerrado y abierto por cada unidad.
- Cabezal y suministro de aire comprimido, planta, aire Buffer por cada unidad.
- Suministro de gas combustible para moto-generador de respaldo.

Mecánica

- Especificación para sistema de aire comprimido.
- Hoja de datos equipos del sistema de aire comprimido.
- Especificación de tanque de condensado.
- Hoja de datos de tanque de condensado.
- Especificación de tanque de almacenamiento de aceite residual.
- Hoja de datos tanque de almacenamiento de aceite residual.
- Hoja de datos de estaca de venteo.
- Memoria de cálculo para sistema HVAC.

- Especificación del sistema HVAC.
- Hojas de datos del sistema HVAC.
- Especificación para trampa de diablos.
- Hoja de datos de trampa de diablos.
- Especificación para Hot tapping (incluye la actividad de obturación).

Normas aplicables

El diseño se realizará de acuerdo a las normas y estándares internacionales, a fin de lograr la calidad de los productos, confiabilidad y seguridad durante el diseño, construcción y operación de las instalaciones.

A continuación, en la **Tabla 1** se muestra la normatividad aplicable para este proyecto

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

Normas, estándares y códigos nacionales e internacionales aplicables	Nombre
NOM-001-SESH-2014	Plantas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación.
NOM-003-ASEA-2016	Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos
NOM-002-SECRE-2010	Instalaciones de aprovechamiento de gas natural.
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.
ASME/ANSI B2.1	Pipe Threads.
ASME/ANSI B16.5	Steel pipe flanges, valves and fittings.
SME/ANSI B16.11	AFerret steel fitting, socket welding and threads.
ASME/ANSI B31.3	Process Piping.
ASME/ANSI B31.8	Gas transmission & distribution piping systems.
ASME VIII DIV 1	Diseño, construcción e inspección de tanques y recipiente de presión.
ISA-S5.1	Instrumentation Symbols and Identification.
ISA-S20	Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves.
ISA-S50.1	Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments
ISA-S51.1	Process Instrumentation Terminology.
ISA RP3.2	Flanged Mounted, Sharp Edged Orifice Plates for Flow

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

Normas, estándares y códigos nacionales e internacionales aplicables	Nombre
	Measurement.
ISA 8573-1:2010	Compressed air purity classification.
API-RP-520	Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries: Part I - Sizing and Selection.
API-RP-521	Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems.
API-RP-554	Process Instrumentation and Control.
API-RP-551	Process Measurement Instrumentation.
API-RP-14E	Recommended practice for design and installation of offshore production platform piping systems
API-RP-2530	Orifice calculates size, flowrate or pressure drops for gas and liquid orifice meters.
API 661	Air-Cooled Heat Exchanger for General Refinery Services
API SPEC-5L	Specification for Line Pipe, Edition 42nd, 2000.
API STD 618	Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Service.

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021
 Análisis CSIPA S.A de C.V 2022

Unidades de Medición

Se establecen como unidades de medición, las contempladas en el Sistema Inglés. Las excepciones se especificarán en función de su utilización en el campo. En la **Tabla 2**, se muestran en detalle las unidades a ser empleadas por el proyecto.

TABLA 2 UNIDADES DE MEDICIÓN

Variable	Unidad	Símbolo
Altura	<ul style="list-style-type: none"> • Pie • Metro 	<ul style="list-style-type: none"> • Pie • m
Área	<ul style="list-style-type: none"> • Pie cuadrado • Metro cuadrado • Kilómetro cuadrado • Hectárea 	<ul style="list-style-type: none"> • Pie² • m² • km² • ha
Composición Fraccional	<ul style="list-style-type: none"> • Fracción en peso • Fracción en volumen • Fracción molar • Partes por millón 	<ul style="list-style-type: none"> • w/w • v/v • moles/moles total • ppm

TABLA 2 UNIDADES DE MEDICIÓN

Variable	Unidad	Símbolo
Composición Porcentual	<ul style="list-style-type: none"> • Por ciento en peso • Por ciento en volumen • Por ciento molar 	<ul style="list-style-type: none"> • % (w/w) • % (v/v) • % (molar)
Coordenadas UTM	<ul style="list-style-type: none"> • Metro 	<ul style="list-style-type: none"> • m
Corriente Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Amperio • Miliamperios • Kiloamperes 	<ul style="list-style-type: none"> • A • mA • KA
Densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Libra por pie cúbico 	<ul style="list-style-type: none"> • lb/pie³
Diámetro de Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> • Pulgada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pulg.
Elevaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Metro • Metros Sobre el nivel del Mar 	<ul style="list-style-type: none"> • m • m SNMM
Flujo de Calor, Carga Térmica, Calor Transferido	<ul style="list-style-type: none"> • "British Termal Units" por Hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Btu/h
Flujo Másico	<ul style="list-style-type: none"> • Libras por Hora 	<ul style="list-style-type: none"> • lb/h
Flujo volumétrico de gas @ P y T	<ul style="list-style-type: none"> • Metro cúbico por hora • Pie cúbico por minuto 	<ul style="list-style-type: none"> • m³/h • SCFM
Flujo Volumétrico de Líquido @ Condiciones Estándar (60 °F y 14,7 psia)	<ul style="list-style-type: none"> • Galones por hora • Galones por minuto 	<ul style="list-style-type: none"> • Gal/h • Gal/min
Flujo Volumétrico de Líquido @ P y T	<ul style="list-style-type: none"> • Litros por segundo • Pies cúbicos por hora • Pies cúbicos por minuto • Galones por minuto 	<ul style="list-style-type: none"> • L/s • pie³/h • pie³/min • gpm
Gravedad API	<ul style="list-style-type: none"> • Grados API 	<ul style="list-style-type: none"> • °API
Longitud	<ul style="list-style-type: none"> • Kilómetro • Metro • Pie 	<ul style="list-style-type: none"> • km • m • pie
Masa	<ul style="list-style-type: none"> • Libra • Kilogramo 	<ul style="list-style-type: none"> • Lb • Kg
Potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Caballos de Fuerza 	<ul style="list-style-type: none"> • HP
Potencia al freno	<ul style="list-style-type: none"> • Caballos de potencia al freno 	<ul style="list-style-type: none"> • BHP
Potencia Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Kilowatts • Kilovoltioamperio • Megavoltioamperio 	<ul style="list-style-type: none"> • kW • kVA • MVA
Presión Absoluta	<ul style="list-style-type: none"> • Libras Fuerza por Pulgadas Cuadradas Absolutas 	<ul style="list-style-type: none"> • psia

TABLA 2 UNIDADES DE MEDICIÓN

Variable	Unidad	Símbolo
Presión Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> Libras Fuerza por Pulgadas Cuadradas 	<ul style="list-style-type: none"> psi
Presión Manométrica	<ul style="list-style-type: none"> Libras Fuerza por Pulgadas Cuadradas Manométricas 	<ul style="list-style-type: none"> psig
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Grados Fahrenheit Grados Centígrados 	<ul style="list-style-type: none"> °F °C
Temperatura Absoluta	<ul style="list-style-type: none"> Grados Rankine 	<ul style="list-style-type: none"> °R
Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> Días Horas Minutos Segundos 	<ul style="list-style-type: none"> D h min s
Tensión eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> Voltios Kilovoltios 	<ul style="list-style-type: none"> V Kv
Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> Kilómetros por Hora Pies por Segundo Metros por Segundo 	<ul style="list-style-type: none"> Km/h pie/s m/s
Viscosidad Absoluta	<ul style="list-style-type: none"> Centipoise 	<ul style="list-style-type: none"> cP
Viscosidad Cinemática	<ul style="list-style-type: none"> Centistoke 	<ul style="list-style-type: none"> cSt
Volumen	<ul style="list-style-type: none"> Barriles Pies cúbicos Litros 	<ul style="list-style-type: none"> Bls pie³ L

Nota: También se utilizan Múltiplos y Submúltiplos de las Unidades anteriores, los más comunes son: G: Giga (1×10^9), M: Miles (1×10^3), mm: Mili (1×10^{-3}), MM: Millones (1×10^6), c: Centi (1×10^{-2}), μ : Micro (1×10^{-6})

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021

Condiciones Operacionales y de diseño

Las condiciones de operación y diseño para la estación compresora de Pátzcuaro de acuerdo a la ingeniería básica de la filosofía de operación suministrada por solar "8 A351-000-0100-PHIL-001" se presentan en la **Tabla 3**.

TABLA 3 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN PÁTZCUARO

Parámetro	Condición de operación
Temperatura de alimentación de la estación	86 °F
Temperatura de salida de la estación	122 °F
Presión de entrada	26.6-38 Kg/cm ² g
Presión de salida	45.7-52.6 Kg/cm ² g

**TABLA 3 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN
PÁTZCUARO**

Parámetro	Condición de operación
MW/S.G	16.79/0.5798
Flujo másico (MMSCFD)	249 (nota 2)

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021

Límites de Batería

Los límites de batería del proyecto están definidos por las conexiones entre las nuevas instalaciones y las existentes.

- Salida de Gas Comprimido: La salida del gas comprimido con las nuevas condiciones de presión estará conectada a la válvula de descarga en el bypass de la estación. Esta conexión alimentará al cabezal de la planta de Arcelormittal.
- Salida de Condensados: Los condensados generados en la compresión del gas deben ser enviados a un Sistema de Manejo de Condensados, donde se recolectarán en un recipiente para luego ser dispuestas mediante un servicio contratado para su disposición final.

Cromatografía del gas

En la **Tabla 4** se muestran las cromatografías del gas combustible involucrada en la estación compresora Pátzcuaro. Para el escenario 2XT60 / 1XT60XC40 / Unidad de gas combustible / Unidad gas de sello:

TABLA 4 CROMATOGRFÍA DEL GAS

Componente	%Mol
Metano	0.9568
Etano	0.0294
Propano	0.0012
i-Butano	0.0001
n-Butano	0.0001
i-Pentano	0.0001
n-Pentano	0
n-Hexano	0
n-Heptano	0
n-Octano	0

TABLA 4 CROMATOGRAFÍA DEL GAS

Componente	%Mol
n-Nonano	0
n-Decano	0
Nitrógeno	0.0034
n-C11	0
H ₂ S	0
CO ₂	00.0088
H ₂ O	0.0001
SO ₂	0

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021

Condiciones requeridas de los gases

La **Tabla 5** presenta las condiciones más comunes del gas basados en las referencias de los balances de energía y materia de la ingeniería básica de solar.

TABLA 5 CARACTERÍSTICAS DEL GAS

Características	Gas de Servicio	Gas Combustible	Gas de sello
Capacidad calorífica (Btu/lbmol.F)	9.803	10.03	3.498e ⁺⁰⁵
Cp/cv	1.420	1.448	1.3370
Peso molecular	16.79	16.79	16.79
Densidad (Lb/pie ³)	1.729	2.086	1.849
Viscosidad (cP)	1.22e ⁻²	0.0124	1.390e ⁻⁰⁰²
Factor Z	0.9204	0.9069	0.9441

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021

I.1.1 Proyecto civil

En este apartado se abordará las generalidades de la memoria técnica descriptiva y justificativa del proyecto civil.

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 éstas 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.

Cimentación de Turbocompresor Centauro 40S y Turbocompresor Taurus 60S

La cimentación para el Turbocompresor Centauro 40 S (1) y los Turbocompresores Taurus 60S9 (2) se clasificaron como estructura del Grupo A por su importancia, para efectos del diseño por acciones de gravedad y para el diseño por sismo, lo anterior de acuerdo a la clasificación establecida en el Manual para Diseño de Obras Civiles - Diseño por Sismo (CFE 2015).

Conforme a los requerimientos generados por la distribución y geometría del Turbocompresor Centauro 40S y los Turbocompresores Taurus 60S se ha planteado una cimentación superficial tipo bloque de concreto reforzado, cuyas dimensiones deberán definirse de acuerdo con el tamaño y configuración del equipo (indicadas en los planos mecánicos proporcionados por el fabricante).

El espesor del bloque se deberá proponer de acuerdo con la relación de pesos Equipo/Cimentación, con la finalidad de reducir los efectos de vibración provocados por el funcionamiento del equipo en cualquiera de sus fases (arranque, operación y paro), y de esta forma no afecte estructuralmente la cimentación y las condiciones de servicio tanto del sistema Equipo-Cimentación como de las estructuras que se encontrarán a su alrededor.

En la **Figura 3** se presenta la localización de la cimentación del Turbocompresor Centauro 40S en la Estación de Compresión Pátzcuaro.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

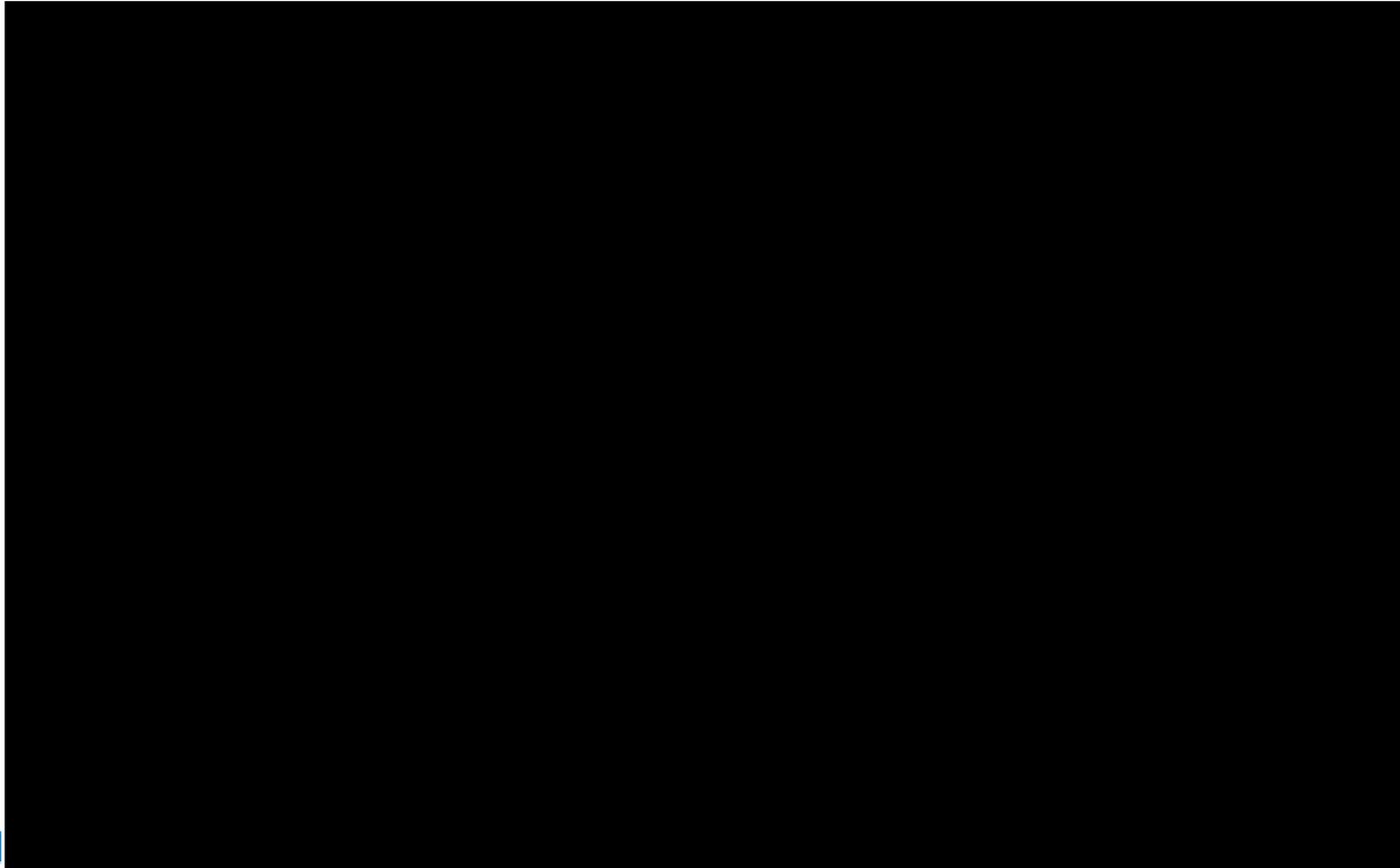


FIGURA 3 LOCALIZACIÓN DEL BLOQUE DE CIMENTACIÓN PARA EL TURBOCOMPRESOR CENTAURO 40S

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación de Turbocompresor Centauro 40 S MC-C001 2021

La localización de los Turbocompresores Taurus 60S se muestra en la **Figura 4**.

UBICACIÓN DEL PROYECTO,
ART 113 FRACCIÓN I DE LA
LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE
LA LFTAIP.

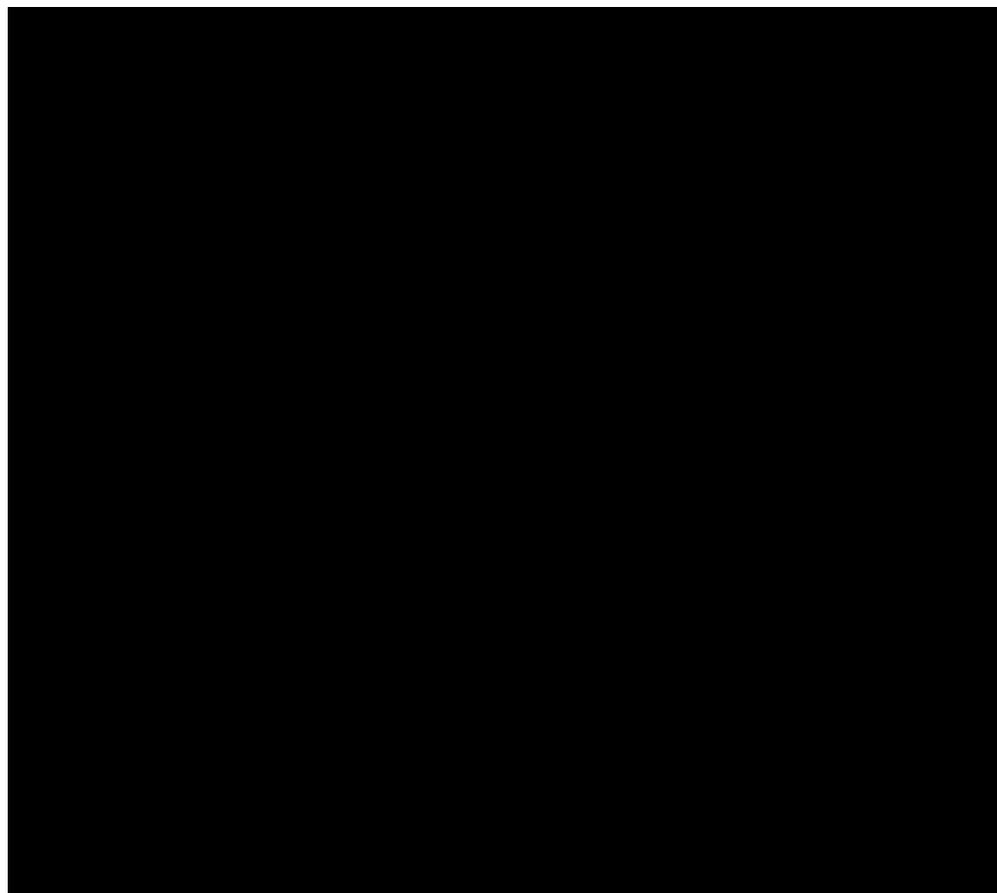


FIGURA 4 LOCALIZACIÓN DEL BLOQUE DE CIMENTACIÓN PARA LOS TURBOCOMPRESORES TAURUS 60S

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación de Turbocompresor Taurus 60 S MC-C002 2021



Cimentación de Separadores de Succión

El diseño estructural de la cimentación para los Separadores de Succión se realizó con el fin de determinar las características geométricas y las propiedades de los materiales que deberán diseñarse de tal forma que sean capaces de resistir las condiciones de carga a que estarán sometidos a lo largo de su vida útil.

La cimentación para los Separadores de Succión se clasificó como estructura del Grupo B, por tratarse de un equipo secundario, para efectos del diseño por acciones de gravedad y para el diseño por sismo, lo anterior de acuerdo a la clasificación establecida en el Manual para Diseño de Obras Civiles - Diseño por Sismo (CFE 2015).

Conforme a los requerimientos generados por la distribución y geometría de los equipos en estudio, se ha planteado un sistema de cimentación que consta de dos mochetas de concreto reforzado, sobre los cuales se apoyará el tanque separador propuesto para el presente proyecto; dichas mochetas se desplantarán sobre una zapata aislada de concreto reforzado.

A continuación, en la **Figura 5** se presenta la ubicación en planta de los Separadores de Succión.

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y
110 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

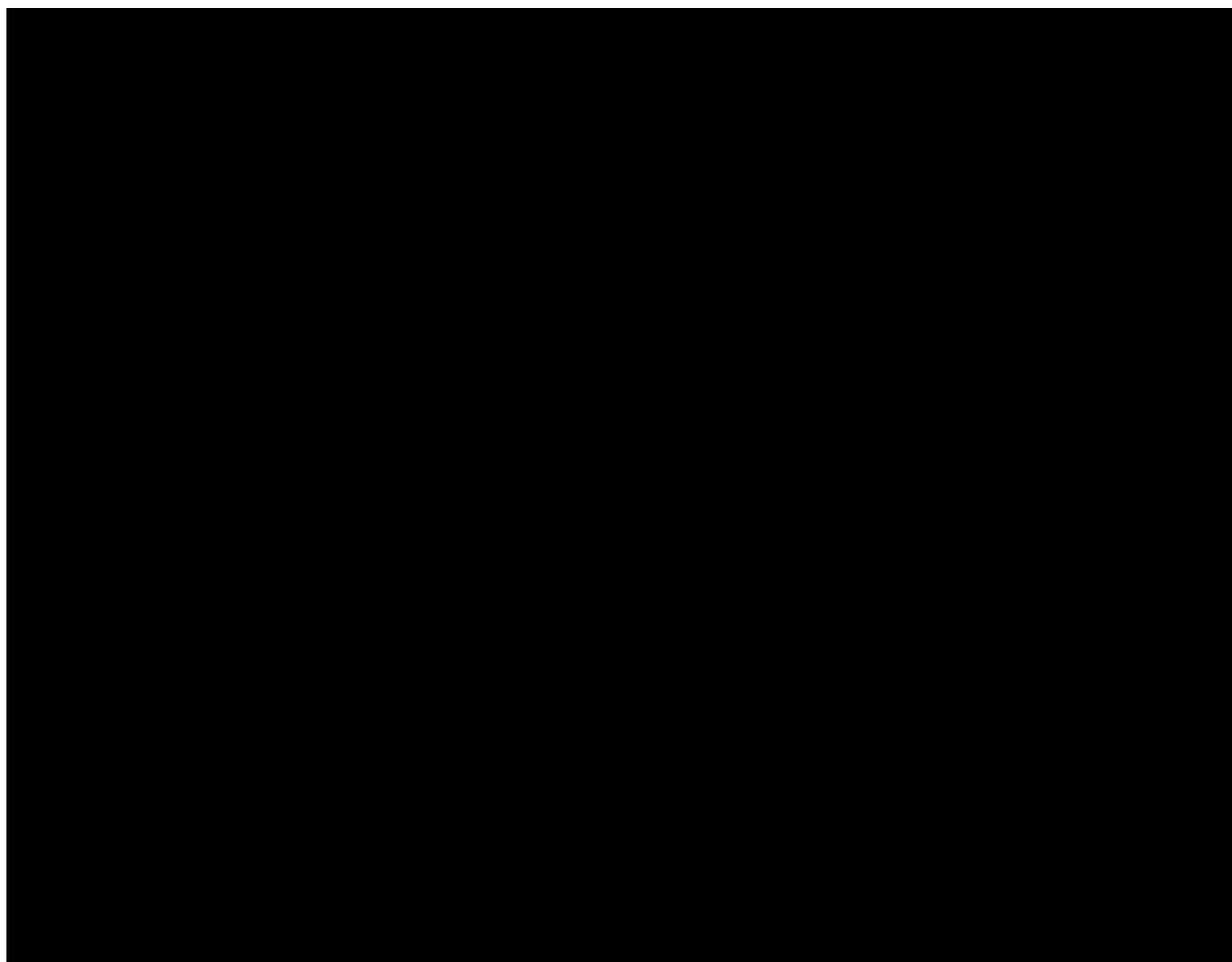


FIGURA 5 UBICACIÓN EN PLANTA DE LOS SEPARADORES DE SUCCIÓN

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación de Separadores de Succión MC-C005 2021

Cimentación para Enfriador de Gas

La cimentación para los Enfriadores de Gas se clasificó como estructura del Grupo A por su importancia, para efectos del diseño por acciones de gravedad y para el diseño por Sismo, lo anterior de acuerdo a la clasificación establecida en el Manual para Diseño de Obras Civiles - Diseño por Sismo (CFE 2015).

Conforme a los requerimientos generados por la distribución y geometría de los equipos en estudio, se ha planteado un sistema de cimentación que consta de doce dados de concreto reforzado, sobre los cuales se apoyarán los elementos de soporte de los tres enfriadores de gas que se propusieron para el presente proyecto; dichos dados se desplantarán sobre zapatas aisladas de concreto reforzado, las cuales a su vez estarán unidas por medio de contratraves de concreto reforzado.

En la **Figura 6** se muestra la localización en planta de los Enfriadores de Gas.

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA
LGTAIP Y 110
FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

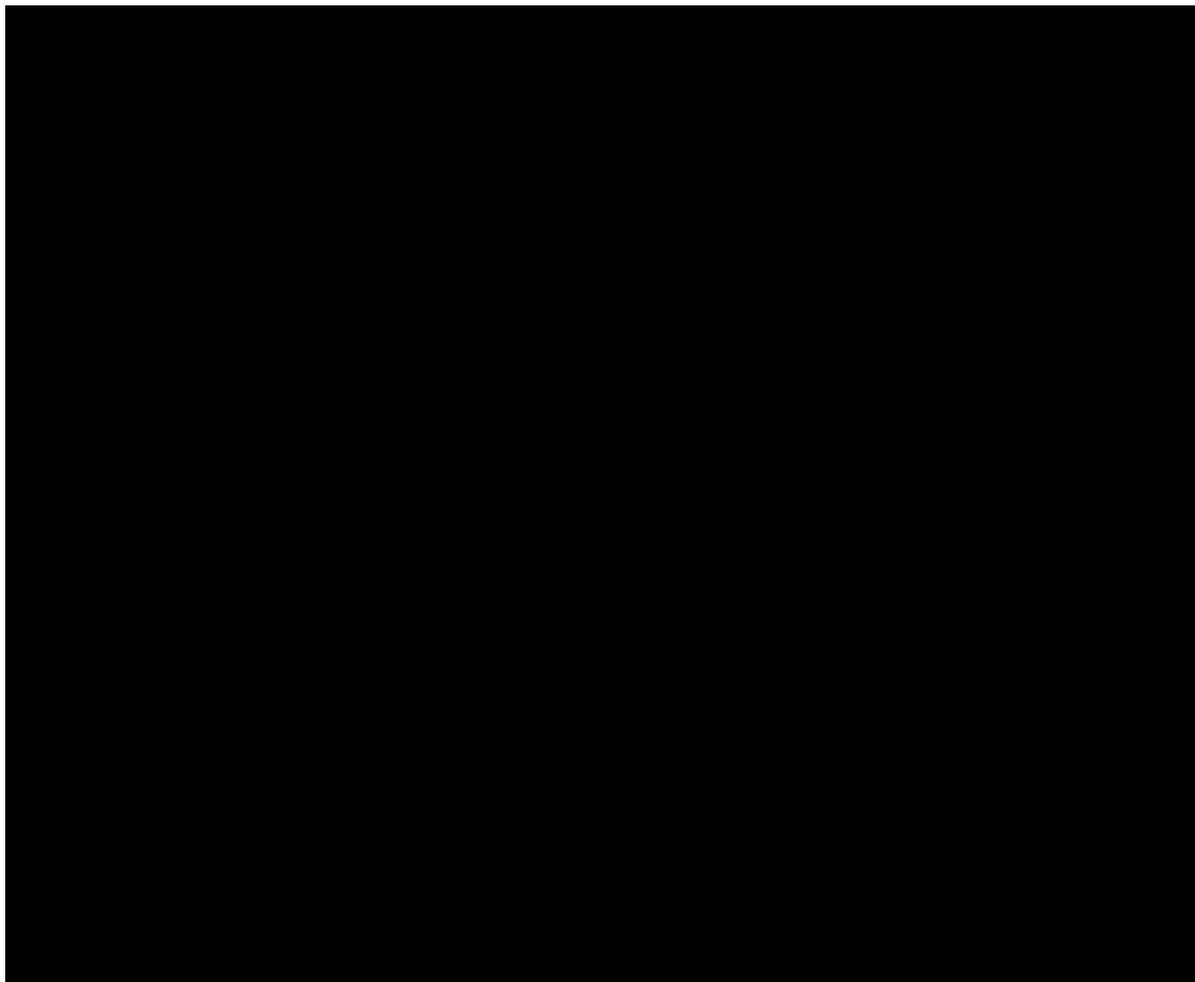


FIGURA 6 LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE ENFRIADORES DE GAS

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación de los Enfriadores de Gas MC-C003 2021

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 e 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.

Cimentación de Cuarto para Motogenerador

El Cuarto para motogenerador se clasificó como estructura del Grupo A por su importancia, para efectos del diseño por acciones de gravedad y para el diseño por sismo, lo anterior de acuerdo a la clasificación establecida en el Manual para Diseño de Obras Civiles "Diseño por Sismo" (CFE, 2015).

Conforme a los requerimientos generados por la distribución y geometría del edificio establecidas en los planos arquitectónicos, y por la necesidad de que la edificación sea capaz de soportar la sobrepresión generada por una explosión, se ha planteado un sistema de cimentación que consta de losa maciza rigidizada con contratraveses de concreto reforzado, superestructura a base de muros y losa maciza de concreto reforzado.

En la **Figura 7** se aprecia la localización del cuarto para motogenerador en planta

UBICACIÓN
DEL
PROYECTO,
ART 113
FRACCIÓN I
DE LA
LGTAI Y 110
FRACCIÓN I
DE LA
LFTAIP.

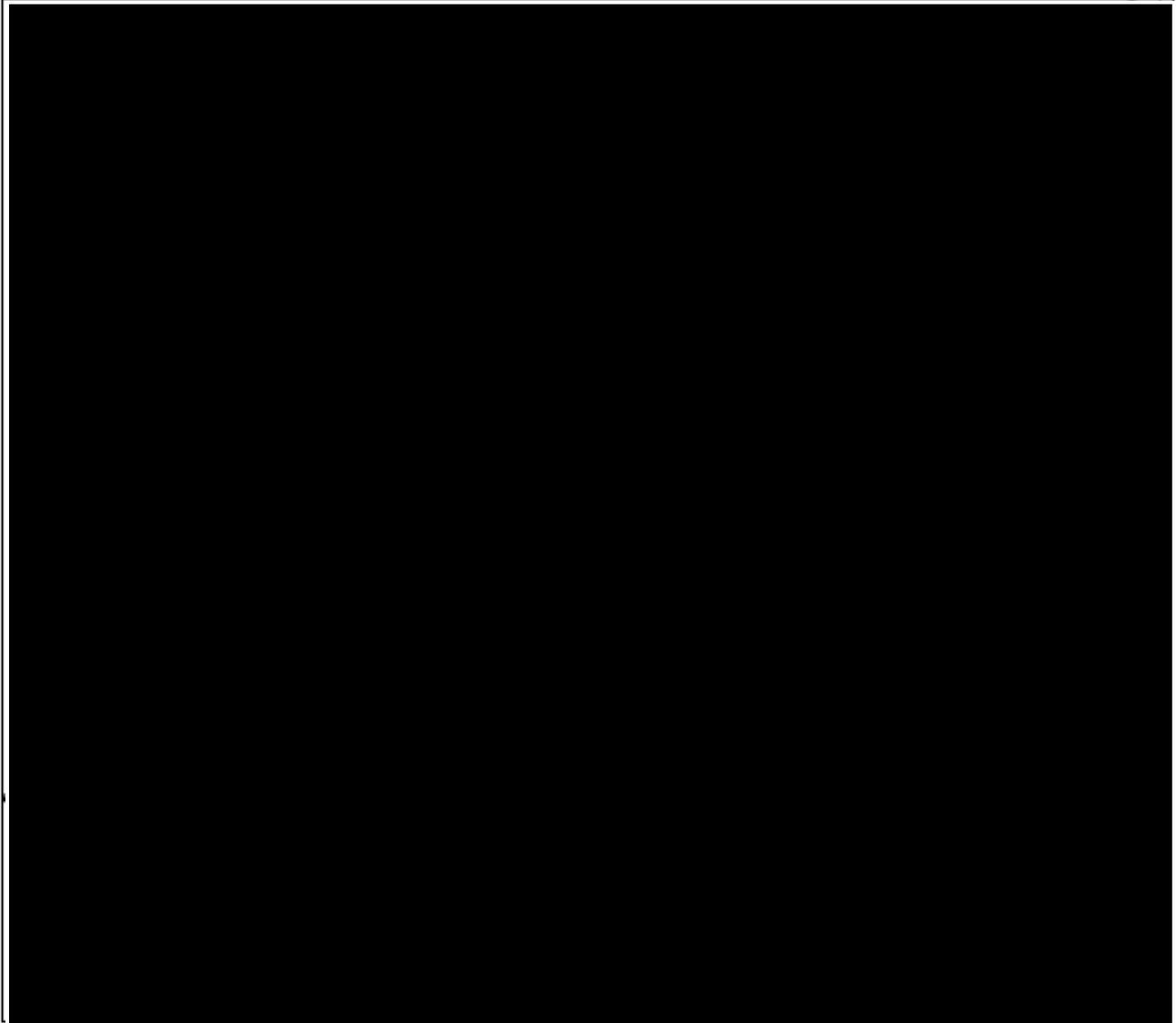


FIGURA 7 LOCALIZACIÓN EN PLANTA CUARTO MOTOGENERADOR

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación para el Cuarto Motogenerador MC-C020 2021

Cimentación Cuarto Eléctrico

El Cuarto Eléctrico se clasificó como estructura del Grupo A por su importancia, para efectos del diseño por acciones de gravedad y para el diseño por sismo, lo anterior de acuerdo a la clasificación establecida en el Manual para Diseño de Obras Civiles "Diseño por Sismo" (CFE, 2015).

Conforme a los requerimientos generados por la distribución y geometría del edificio establecidas en los planos arquitectónicos, se ha planteado un sistema de cimentación que consta de zapatas aisladas ligadas con contratraveses de concreto reforzado, superestructura a base de marcos (trabes y columnas) y losa maciza de concreto reforzado; se colocarán muros divisorios de ladrillo hueco de barro extruido de 12 x 24 x 6 cm.

En la **Figura 8** se muestra la localización del cuarto eléctrico en la Estación de Compresión.

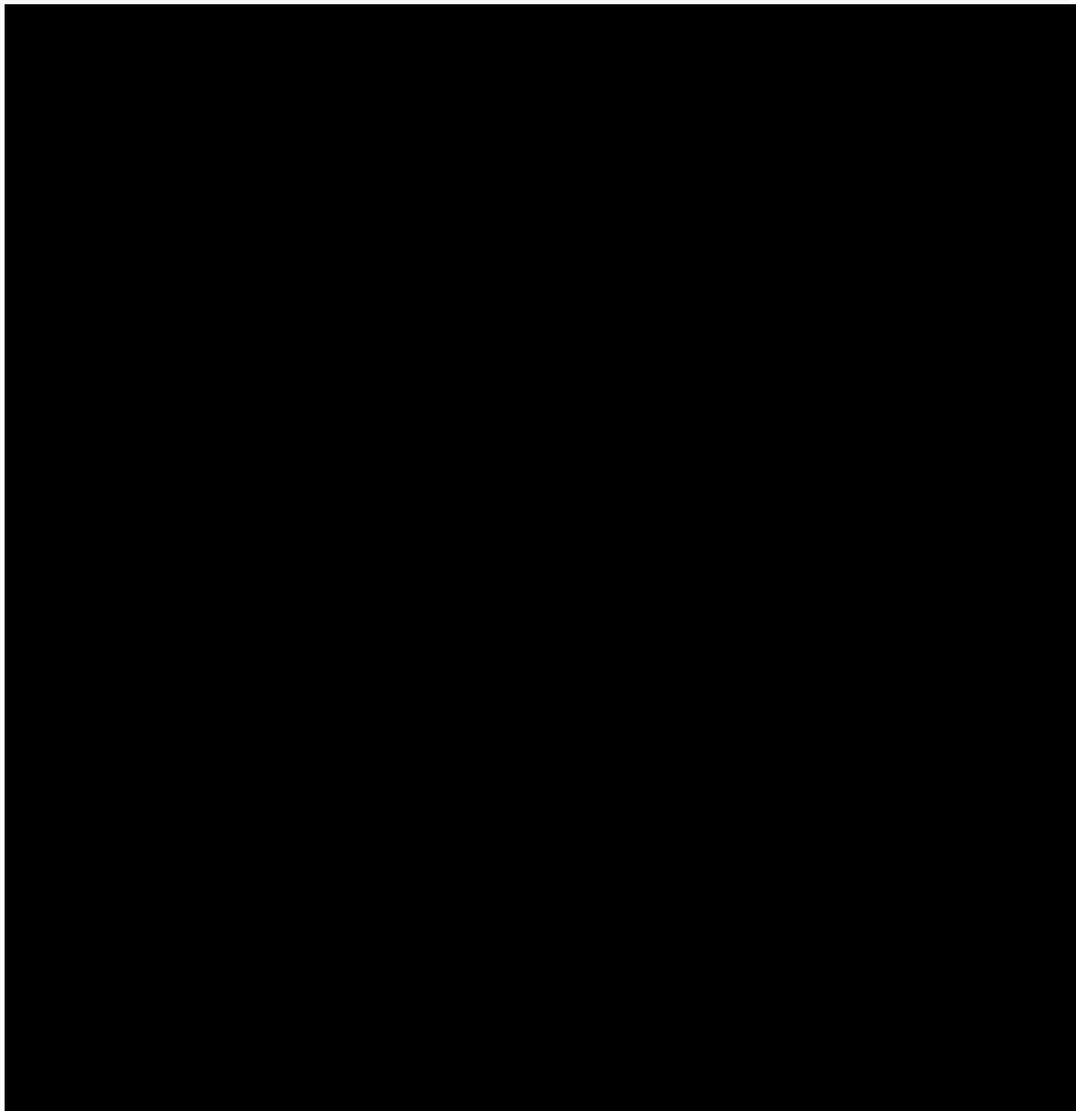


FIGURA 8 LOCALIZACIÓN DEL CUARTO ELÉCTRICO EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación del cuarto eléctrico MC-C008 2021

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA
LGTAIP Y 110
FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

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 el objetivo es no 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 $11,000 \text{ m}^2$ 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 considerará una obra de drenaje pluvial externa e interna a la Estación.

El objetivo es definir la capacidad de desagüe de las instalaciones que corresponden al sistema de drenaje de agua pluvial compuesto principalmente por cunetas, tramos de tubería y registros. Así como definir las características de los elementos que integran la red de drenaje pluvial que colectarán y desalojarán en forma segura y eficiente el agua producto de la precipitación pluvial en el área de equipos de proceso y sus instalaciones complementarias relacionadas con estos.

El sistema de drenaje pluvial consiste de la construcción de cunetas de captación del agua pluvial localizados en el perímetro interior de la Estación de compresión en el lado Norte y Este, los cuales se conectan entre si con registros y con tubería de polietileno de alta densidad en la descarga final.



La tubería de polietileno de alta densidad será corrugada en su exterior anular y acabado liso en su pared interior tipo A2R. Las cunetas y registros serán construidos con concreto reforzado $f'c=200$ kg/cm². Los puntos de descarga del agua colectada se definieron de acuerdo a la pendiente natural del terreno y de acuerdo a los niveles de rasante del terraplén.

En la **Figura 9** se muestra la Planta General de Red de Drenaje Pluvial.

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA
LGTAIP Y 110
FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

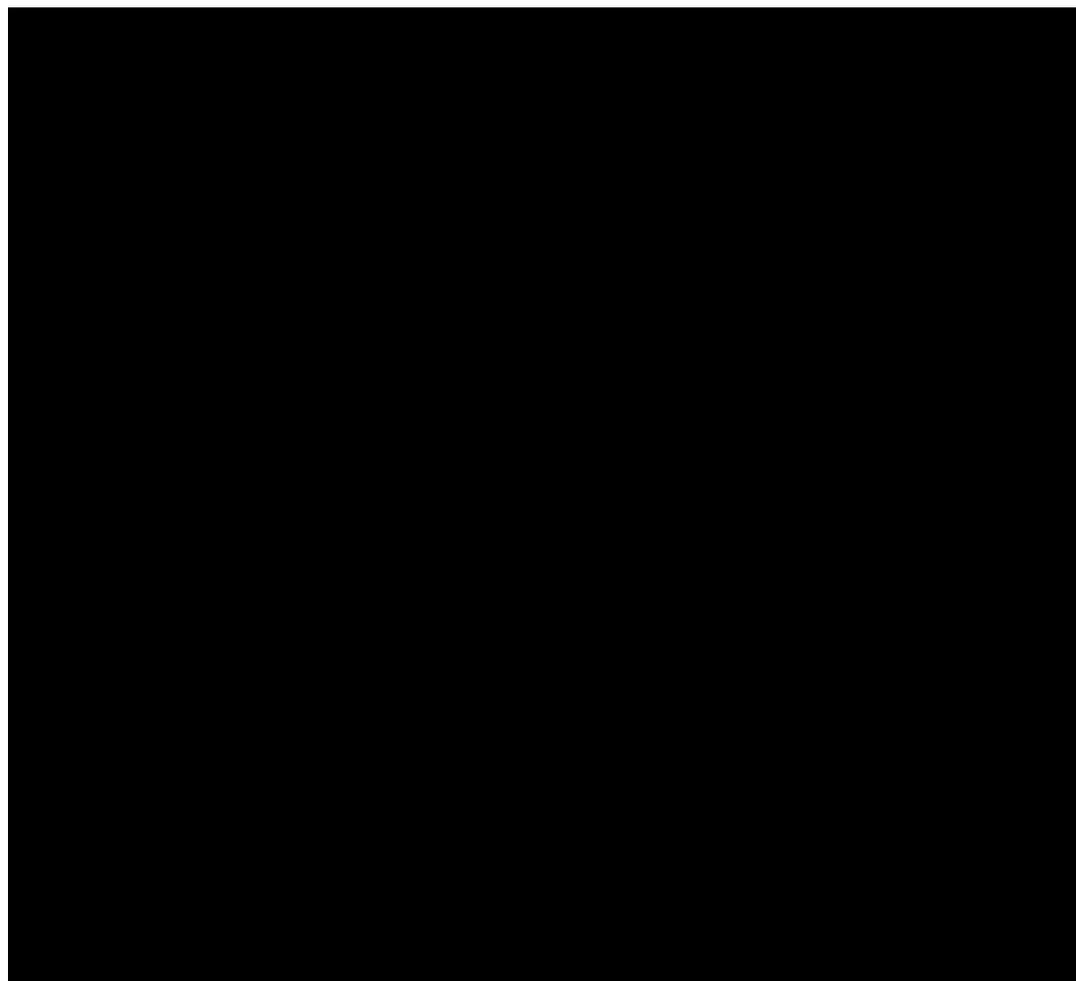


FIGURA 9 PLANTA GENERAL DE RED DE DRENAJE PLUVIAL.

Fuente: Memoria de Cálculo de Canales para la recolección de aguas pluviales MC-C015 2021

El muro de contención se construirá con el objetivo de generar estabilidad de los taludes de 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 éste, 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 rellenada 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.

La barda perimetral se clasificó de acuerdo a la tabla 1.1 del Manual para Diseño de Obras Civiles - Diseño por Sismo (CFE 2015) como estructura del Grupo B, clase 2: (B2) por su importancia, para efectos del diseño por acciones de gravedad y para el diseño por Sismo.

Conforme a los requerimientos generados por la distribución y geometría de los muros se ha planteado una cimentación superficial. 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 dominó.

La barda perimetral 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.

La **Figura 10** muestra la ubicación de la barda perimetral.

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART
113 FRACCIÓN I
DE LA LGTAIP Y
110 FRACCIÓN I
DE LA LFTAIP.

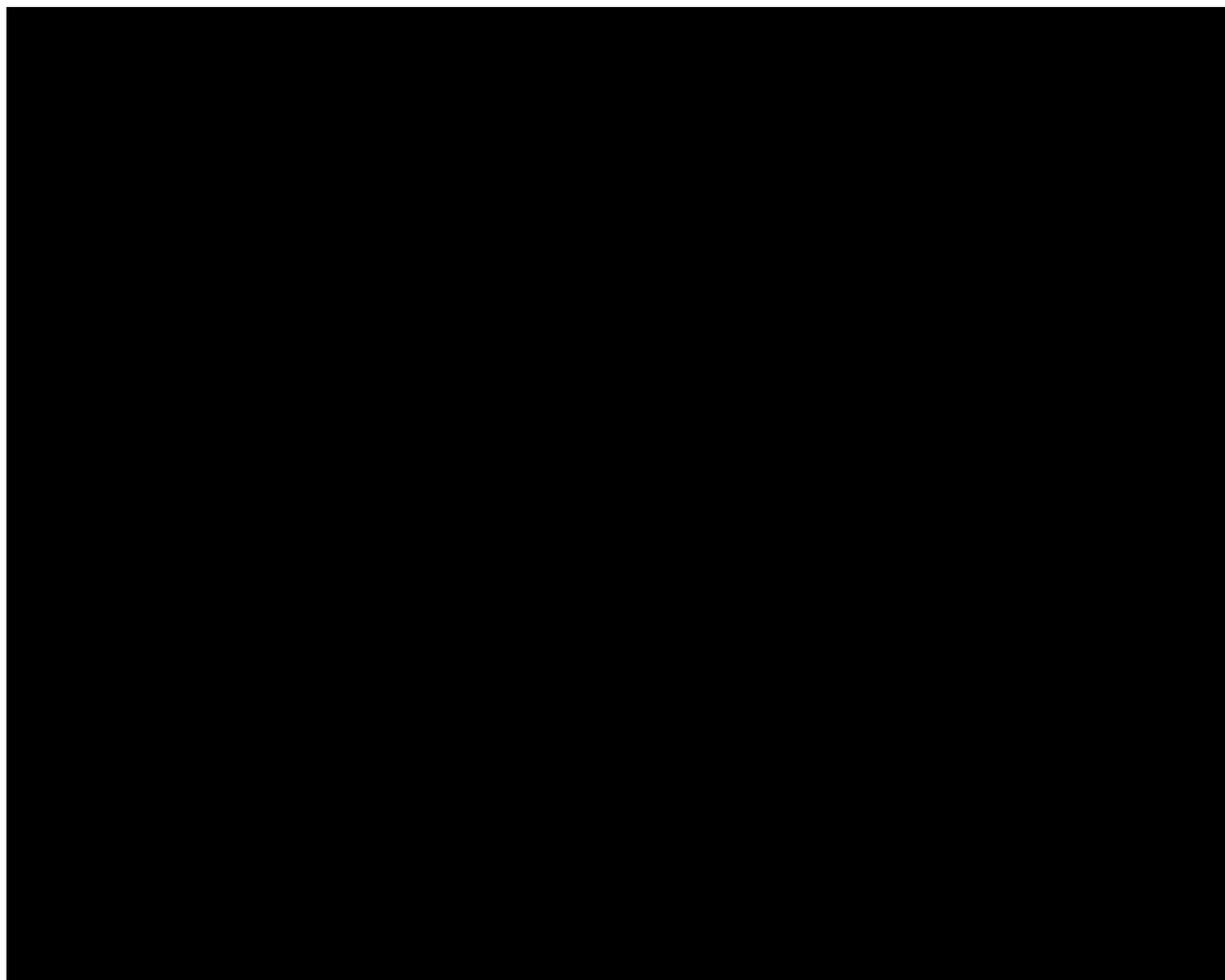


FIGURA 10 UBICACIÓN DE LA BARDA PERIMETRAL

Fuente: Memoria de Cálculo de Canales para la recolección de aguas pluviales MC-C015 2021

I.1.1.1 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

Importante señalar que la normatividad mencionada, no es limitativa, por lo que en caso de ser necesario se cumplirá conforme a requerimientos del proyecto, así como con los criterios 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.

Interconexión a ducto principal

La Interconexión al ducto principal Valtierra - Lázaro Cárdenas de 24", incluirá succión y descarga, por lo que se instalará 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 contará con un sistema de gas y fuego periférico el cual ejecutará el monitoreo, supervisión y control de los dispositivos en el campo requerido para la operación segura de la Estación de Compresión de Gas. Este sistema se integrará a la red de control Ethernet de la estación.

El sistema de gas y fuego debe contar con controladores redundantes, en todo momento la transferencia será automática sin alterar o degradar la calidad de la funcionalidad y operación de los dispositivos restantes. Debe permitirse el reemplazo en operación (reemplazo en caliente) sin que se afecte el funcionamiento del sistema de gas y fuego periférico. Las tecnologías de comunicación abiertas que se aplicarán en el sistema de gas y fuego periférico serán como mínimo, pero no limitativo: Ethernet-TCP/IP, MODBUS RTU, MODBUS TCP/IP, OPC.

El sistema de gas y fuego periférico así como sus accesorios deben ser diseñados para brindar protección en las áreas operativas de la Estación de Compresión de Gas, las cuales son: línea regular, compresores, separadores, palmes de válvulas y palmes de medición y brindar apoyo en la seguridad de las operaciones y funcionamiento de la Estación de Compresión de Gas mediante la detección oportuna de fuego y alta concentración de gas combustible, la activación automática de alarmas e interruptores y el envío de señales al sistema de paro por emergencia.

La **Figura 11** muestra el plano de localización del Sistema de Gas y fuego Periférico.

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA
LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I
DE LA LFTAIP.

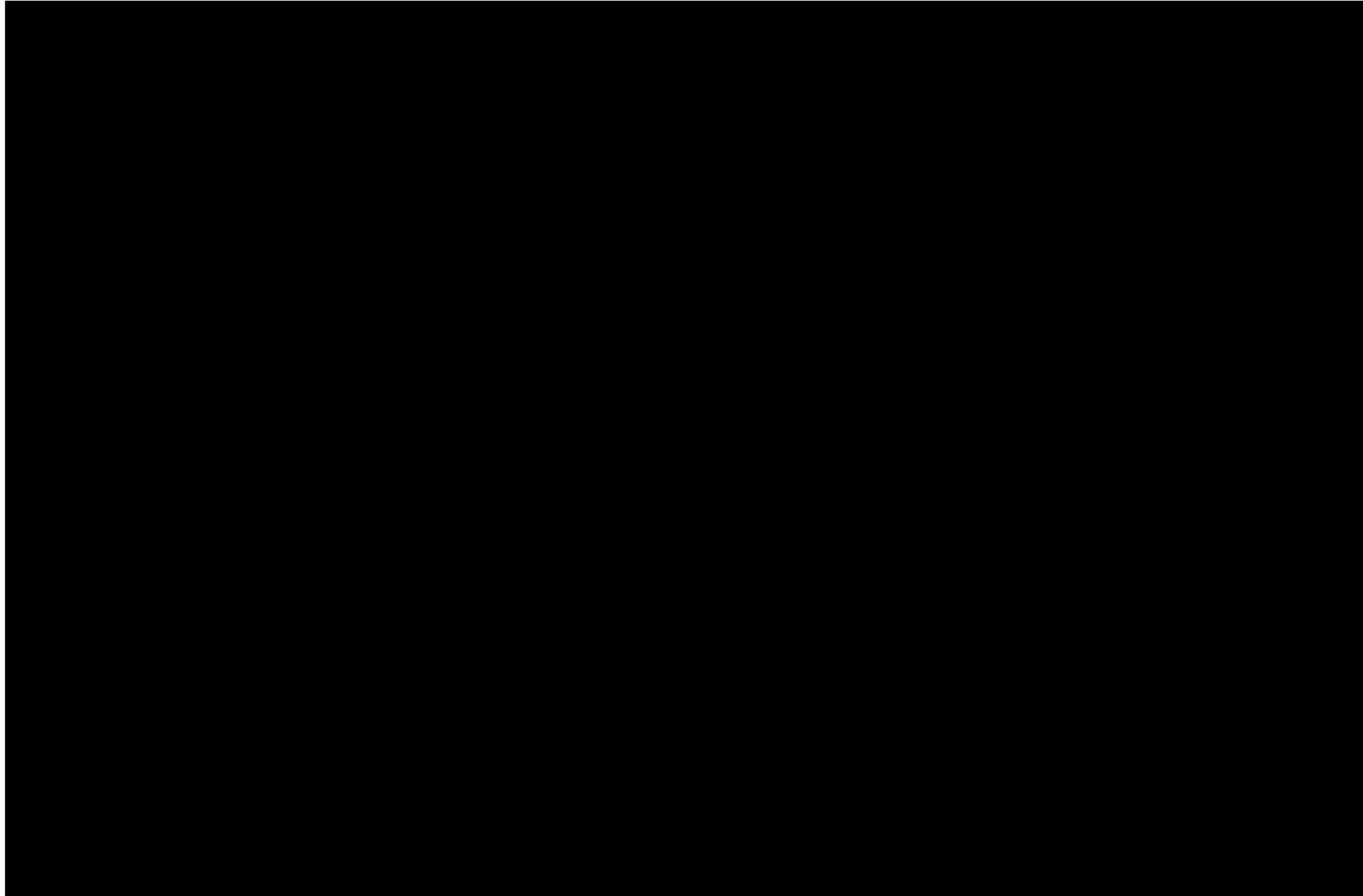


FIGURA 11 LOCALIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE GAS Y FUEGO PERIFÉRICO

Fuente: Plano de localización del Sistema de Gas y Fuego Periférico P-102 2021

Características y capacidades de equipos de supresión de incendio

El sistema de supresión debe contar con controladores redundantes, en todo momento la transferencia será automática sin alterar o degradar la calidad de la funcionalidad y operación de los dispositivos restantes, debe permitirse el reemplazo en operación (reemplazo en caliente) sin que se afecte el funcionamiento del sistema de supresión.

Las tecnologías de comunicación abiertas que se aplicarán en el sistema de supresión serán como mínimo, pero no limitativo: Ethernet-TCP/IP, MODBUS RTU, MODBUS TCP/IP, OPC (Última versión).

Los controladores del sistema de supresión no deben emplear más del 50% de la capacidad de procesamiento y memoria disponible para llevar a cabo la ejecución de las aplicaciones desarrolladas. El sistema de supresión y accesorios deben ser adecuados para operar en un clima templado típico de la zona en donde se localiza la Estación de Compresión.

El sistema de supresión debe estar diseñado para brindar protección en las áreas operativas de la Estación de Compresión de Gas, las cuales son: cuarto de gabinetes, cuarto de estaciones de trabajo, subestación eléctrica y cuarto de residuos peligrosos y cuarto de baterías y debe brindar apoyo en la seguridad de las operaciones y funcionamiento con la detección oportuna de humo, fuego y gas combustible, la activación automática de alarmas e interruptores, descarga de agentes extintores y el envío de señales al sistema de paro por emergencia, para los diferentes edificios a proteger.

La localización y distribución de los elementos detectores, estaciones de descarga y alarma que forman parte del sistema de supresión deberán tener concordancia con el análisis de riesgo que se realice para la Estación de Compresión de Gas, procurando tener cobertura de las principales áreas operativas y evitando que la ubicación de los detectores pueda causar falsas alarmas.

El diseño general del sistema debe estar diseñado de tal forma que se le pueda dar mantenimiento sin afectar la operación del sistema y contar con autodiagnóstico, debe ser capaz de operar de forma autónoma sin afectar la operación de los demás sistemas. Debe estar certificado para el uso de sistemas de gas y fuego y supresión, así como garantizar la confiabilidad que se solicita de tal manera que cualquier falla en alguno de sus componentes no debe afectar la funcionalidad e integridad de este.

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.

En la **Figura 12**, se muestra la Arquitectura del Sistema de Supresión.

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA
LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I
DE LA LFTAIP.

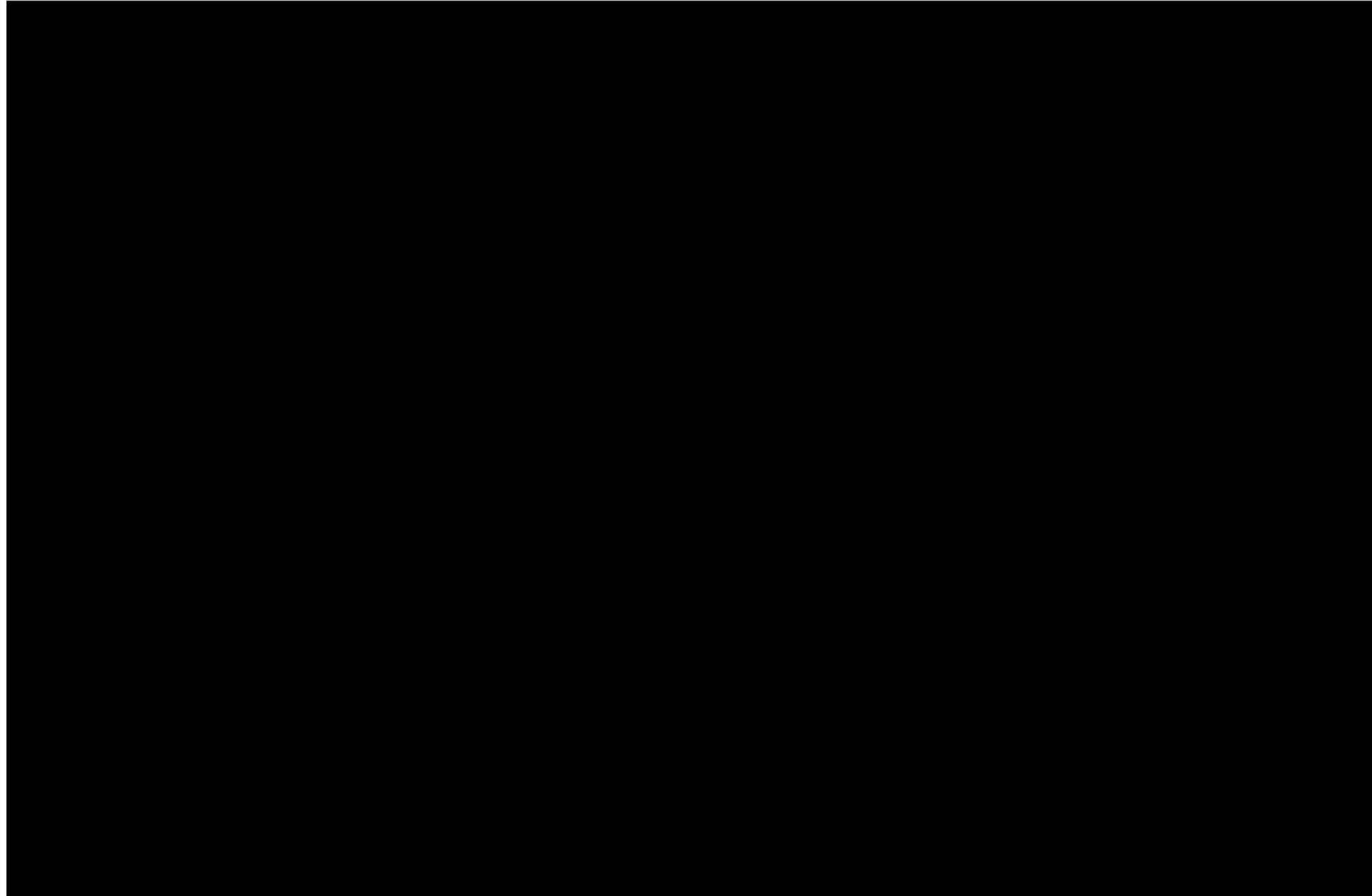


FIGURA 12 PLANO DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE SUPRESIÓN

Fuente: Plano de Arquitectura del Sistema de Supresión P-204 2021

I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

El propósito general de este servicio es simplemente comprimir el gas proveniente de la tubería existente de 24" Valtierra-Lázaro Cárdenas, para modificar las condiciones de presión y temperatura en el gas para que, mediante esas nuevas condiciones de proceso, pueda ser transportada a la planta de Acerlormittal para su respectiva operación.

La operación y control de la Estación compresora de Pátzcuaro deberá ser automatizada. Desde la Sala de Control que estará ubicada en la misma estación, se controlará y/o monitoreará las principales variables del proceso.

Este gas de proceso que viene del gasoducto principal Valtierra-Lázaro Cárdenas de 24" servirá de alimentación a la estación compresora de Pátzcuaro por medio de dos válvulas de seccionamiento ubicadas en el bypass de la estación, para permitir el flujo de entrada y salida del gas. Posteriormente el gas pasará al filtro separador para la segregación de elementos en el gas, y así poder ser transportada al sistema de compresión que operarán a una configuración 2+1 que ayudará a que el gas tenga las condiciones de operación necesarias (flujo y presión) requeridas en el proyecto. Luego el gas a altas temperatura es sometido a un proceso de enfriamiento que permitirá cumplir con los requerimientos mínimos de temperatura del gas. Estos paquetes o unidades involucran sistemas de alivio que libera la sobrepresión interna generadas bajo condiciones máximas de operación, canalizadas en una línea que estará conectada a una estaca de venteo que permitirá el desfogue a la atmosfera, como también, servicios de drenajes abierto y cerrado para almacenamiento temporal de los condensados y aceite residual proveniente de las máquinas.

La planta contará con un motor generador a gas con la capacidad de soportar el 100% de la carga nominal de la planta para un periodo de 24 h. El gas combustible del moto-generador será tomado de la línea de succión de entrada a la estación de compresión, aguas arriba del PVS de la estación. Se deberá considerar filtro y regulación del gas combustible de acuerdo al requerimiento del equipo de generación.

El sistema de agua de servicio, proporcionará bajo un sistema hidroneumático con dos bombas que estará funcionando bajo la configuración 1+1, el agua que será distribuida en las diferentes partes para el consumo general en la planta; entre las principales está: Taller, cuarto de control y caseta de vigilancia. Este sistema debe ser provisto con un sistema de filtración de arena-carbón.



La estación de compresión contará con suministro de aire comprimido para planta e instrumentos, empleando 2 compresores, uno en operación y otro de respaldo. Los compresores serán tipo tornillo lubricados. Cada uno de los compresores tendrá la capacidad de cubrir la demanda de aire de instrumentos. El 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. operan con la finalidad de alimentar neumáticamente a los sistemas.

Adicionalmente, deberán existir los instrumentos necesarios para poder monitorear en sitio las principales variables del proceso. Entre las variables y/o sistemas a monitorear / controlar se visualizan, sin limitarse a ello, los siguientes:

- Todos los procesos dentro de las instalaciones tales como, sistema de compresión y sistema de distribución de gas.
- El sistema deberá permitir monitorear el estado de las presiones en los puntos más representativos del campo, tales como: succión / descarga de compresores y cabezal de gas de transmisión.
- Interrelación con plantas similares, para la ejecución de las contingencias necesarias en caso de dificultades operacionales en las instalaciones mencionadas.
- El esquema de monitoreo deberá estar dirigido hacia el desarrollo de un sistema tal que permita visualizar el balance volumétrico del campo en todo instante de tiempo.
- Los sistemas de control deben permitir ajustar las variables del proceso más importante desde la sala de control.

En la **Figura 13** se muestra el diagrama de flujo de proceso (DFP) de la estación.

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y
110 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.



FIGURA 13 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL PROYECTO

Fuente: Plano Diagrama de Flujo de Proceso DFP-A-002 2021

En la **Figura 14**, se observa la ubicación de los equipos.

UBICACIÓN DEL PROYECTO,
ART 113 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE
LA LFTAIP.

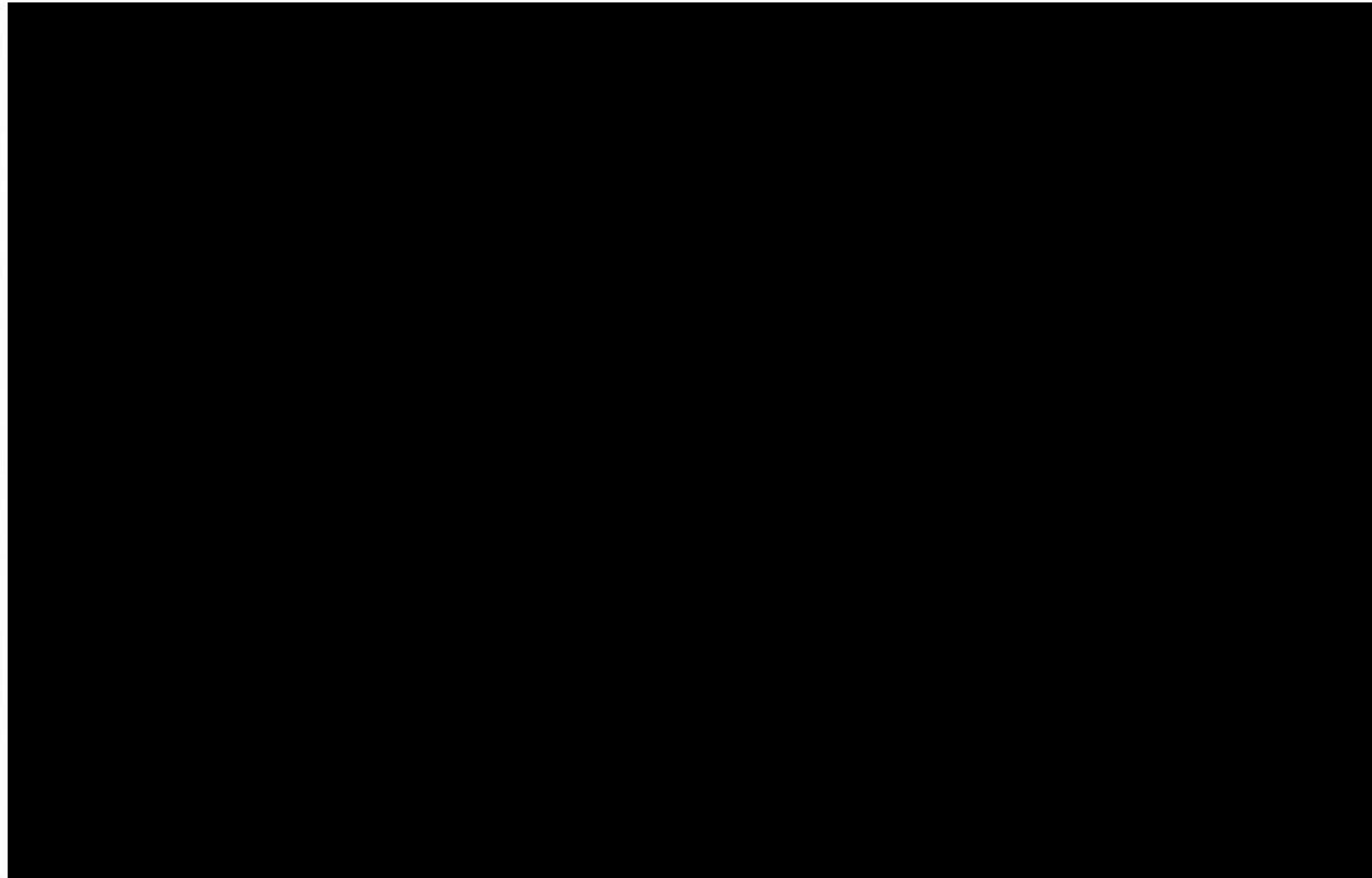


FIGURA 14 PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPOS

Fuente: CENAGAS, 2021

I.2.1 Hojas de seguridad

La sustancia principal manejada en la estación será el gas natural cuyas principales características se mencionan a continuación.

- 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 la **Tabla 6**

TABLA 6 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 7** se observa la información crítica de las sustancias utilizadas en este proyecto.

TABLA 7 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.

En el anexo A del presente estudio, se pueden encontrar las hojas de seguridad de todas las sustancias que se manejan en este proyecto.

1.2.2 Equipos de proceso y auxiliares

La **Tabla 8** muestra la descripción de los equipos principales involucrados en el proyecto.

TABLA 8 EQUIPOS PRINCIPALES

Unidad	Tag	Nombre	Servicio	Capacidad	Dimensiones
	MAJ-741	Filtro de gas combustible para generador de respaldo.	Gas	0.617 MMPCSD	Proveedor
	MBF-210 / 220	Filtro separador (Scrubber)	Gas	249 MMPCSD	Solar Turbines
	TRAIN A / B	Unidad de compresión	Gas	124.5 MMPCSD	17.4 m x 5.9 m
	TRAIN C	Unidad de compresión	Gas	124.5 MMPCSD	16.8 x 5.8 m
	HAL-410/420/430	Enfriadores	Gas	124.5 MMPCSD	Solar Turbines
X-01 (1)	ABJ-720	Tanque cisterna	Agua	5000 L	2.8 m x 1.33 m
	PBB-001 A/B	Bombas centrifugas	Agua	0.936 L/s	Proveedor
	MBJ-001	Recipiente hidroneumático	Agua	119 gal	26" x 62" (3)
	MAJ-001	Filtro de arena-lecho profundo	Agua	17 GPM	18" 65" (3)
	MAJ-002	Filtro de carbón activado	Agua	17 GPM	18" 65" (3)
X-02 (2)	V-721	Recipiente (aire pulmón) aire seco	Aire	3565 gal	84" x 3.8 m (3)
	V-722	Recipiente aire húmedo	Aire	507 gal	36" x 2.9 m (3)
	D-725 A/B	Filtro Secador	Aire	--	Proveedor
	C-720 A/B	Unidad compresora de aire	Aire	--	Proveedor
	ABJ-710	Tanque de condensado	Agua	0.02 GPM	48" x 143.9"
	ZZZ-740	Generador eléctrico	Gas	--	Proveedor
	ZZZ-750	Estaca de venteo	Gas	131.86 MMPCSD	20" x 25 m

Fuente: Filosofía de Operación 3372-FO-A-022 2021

1.2.2.1 Patín de válvula-tubería de la estación (station pipe valve skid PVS)

- El patín de válvula-tubería de la estación (PVS) es proporcionado bajo las especificaciones de la ingeniería básica de Solar Turbines.

- El patín de válvula-tubería que estará ubicada aguas arriba de los separadores debe contar con bridas que sirvan de acople con las tuberías respectivas; en la salida de la línea de succión y entrada en la línea de descarga.
- Igualmente contar con válvulas que puedan ser acopladas a las tuberías en la entrada de la línea de succión y salida en la línea de descarga.
- En este paquete se debe contar tanto en la línea de succión como en la de descarga con válvulas SDV, en la línea de succión se debe contar, aguas debajo de la válvula SDV, con una válvula de parada rápida y en la de descarga, aguas arriba de la SDV, con una válvula BDV, para despresurizar el patín.

I.2.2.2 Separadores

Los separadores son proporcionados bajo las especificaciones de la ingeniería básica de Solar Turbines.

y estarán operando aguas arriba de los compresores bajo una configuración 1+1 sirviendo para segregar sólidos y líquidos en el gas. Están diseñados para una capacidad de filtración de 0.5 a 10 micrones, con eficiencia de 98.90% según hoja de datos proporcionado por solar turbinas N° 8A351-000-1100A-DS-001.

Deben cumplir con código ASME sección VIII, Div. 1. "Diseño, construcción e inspección de tanques y recipiente de presión" y con su respectivo estampado ASME "U".

La **Tabla 9** a continuación, muestra las especificaciones de diseño de los separadores.

TABLA 9 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LOS SEPARADORES

Especificaciones	Unidad
Flujo operacional del gas (MMSCFD)	253
Presión de diseño	1000 psig
Temperatura de diseño	150 °F
Presión hidrostática	1500 psig
Caída de presión (Δp)	1.64 psi
Tolerancia de corrosión	0.125 in

Fuente: Bases y Criterio de Diseño 3372-BD-A-001 2021

I.2.2.3 Turbocompresores

De acuerdo a la ingeniería básica los quipos de turbocompresores fueron seleccionados por la empresa Solar Turbines bajo los siguientes criterios:

- El patín de los turbocompresores, como los servicios auxiliares: Paquete de gas de sello, paquete de gas combustible, paquete de aceite lubricante y el paquete de válvulas de la unidad será especificado por la ingeniería de solar turbinas.
- Trabajarán de forma continua y bajo la siguiente configuración: 2xTaurus 60 y/o 1 Taurus 60x1 Centauro 40. Modelo del Tauro 60 (UNI97-C406B) y Centauro 40 (74-C334i). Debe cumplir con código ASME B31.3-2014.
- Entre los equipos auxiliares de los turbocompresores, debe existir: paquete de gas de sello, paquete de gas combustible, patín de válvula-tubería A/B/C (PVS), paquete de aceite lubricante, paquete de CO₂.

De acuerdo a los documentos de ingeniería "9A302-149047_reva mechanical interface drawings" y "9A301_149669_rev_a mechanical interface drawings", se debe considerar para estos paquetes auxiliares los siguientes aspectos:

Paquete de gas de sello (Taurus 60 / Centauro 40)

Cada paquete de compresión toma gas de sello desde la línea 20"-D10X-XS-P-01002 de la descarga del sistema, cerca del PVS general, su función es prevenir las fugas de gas de proceso al medio ambiente, este gas es transportado por el cabezal de 3"-D10X-080-SG-01004 y distribuido a cada paquete de gas de sello asociados a las maquinas mediante las líneas de 2"-D10X-080-SG-01005 A / B / C, líneas resguardadas con válvulas SDV-107 / 108 / 109 y válvulas check de 2" para el control del flujo de gas, esta línea es reducida a 1" Φ antes del ingreso al paquete de tratamiento de gas de sello. Posteriormente el gas de sello es dirigido a las maquinas correspondientes mediante la línea de 1"-D70-80S-SG-08001 A / B / C-1"ET, siendo controlada operacionalmente en su ingreso con una válvula de bola de 1" Φ 600 #.

Cada paquete de gas de sello deberá atender los siguientes aspectos:

- El paquete debe suministrar un gas a una temperatura máxima de 200 °F y una presión mínima de 100 psi por encima de la presión de succión de la caja del compresor.
- Debe cumplir con los estándares específicos de limpieza, secado, temperatura y presión para asegurar la eficiencia y el funcionamiento.
- El gas de sello no debe tener partículas mayores a 2 micras o partículas que están cargadas magnéticamente o que se aglomeran. Debe ser libre de líquidos y de residuos.
- La máxima presión de salida en la línea de ventilación no debe exceder a 5 psig.

Paquete de gas combustible (Taurus 60/Centauro 40)

Cada paquete de compresión toma gas combustible desde el cabezal general de succión 20"-D10X-XS-P-03001- El gas combustible por cada máquina va direccionado hacia el patín de tratamiento de gas mediante las líneas 3"-D10X-080-FG-02003 A / B /C respectivo por cada unidad, controlado por válvulas de bola de 3"Φ 600 # y válvulas SDV- 202 / 203 / 204, asociadas a las líneas. Luego de que el gas es tratado y su presión es controlada con el PCV-150F set a 400 psig involucrada en el paquete, el gas es dispuesto hacia las maquinas por la línea 3"-B10-040-FG-09001 A / B / C-1"HC, la cual previamente pasa por un sensor de flujo (FE-504 A / B C) y un filtro cercano a la máquina correspondiente, de manera de remover cualquier contaminante, ya sea de carácter solido o líquido, antes de ingresar a la turbina por medio de la línea 2"-B10-080-FG-05013 A / B / C respectivamente.

El paquete de gas combustible deberá atender los siguientes aspectos:

- Las condiciones de temperatura deben estar bajo las especificaciones de solar ES 9-98, debe estar por lo menos en 20-50 °F por encima de la temperatura de rocío.
- La presión del sistema de combustible será 500 psig.
- Este gas debe contar con una humedad relativa de 60%.
- El filtro de la línea de gas combustible suministrado por solar debe ser instalado en tubería de gas lo más cerca posible del paquete.
- Cualquier tubería entre el filtro y la conexión del borde del patín debe limpiarse antes de la instalación.
- Se recomienda que se instale una válvula de accionamiento manual de fácil acceso y cierre rápido en la línea de suministro externo para proporcionar una capacidad rápida de apagado.

Paquete de aceite lubricante

Las condiciones de este paquete deben estar bajo las especificaciones de solar ES 9-224 tal como se muestra en la **Tabla 10**

TABLA 10 CONDICIONES OPERACIONALES EN EL ACEITE LUBRICANTE

Especificaciones	Taurus 60	Centauro 40
Capacidad del tanque a nivel de operación	2195 L	837 L
Aceite adicional	114 L	132.5 L
Capacidad del drenaje por encima del nivel de operación	416 L	132.5 L

TABLA 10 CONDICIONES OPERACIONALES EN EL ACEITE LUBRICANTE

Especificaciones	Taurus 60	Centaur 40
Condiciones mínimas de Diseño		
Volumen del aceite del enfriador	129 L	10 L
Carga de calor	290 Kw	185 KW
Flujo de aceite	207 GPM	439 GPM
Flujo de aire	18019 SCFM	10732 SCFM
Temperatura ambiente	77°F	77°F
Temperatura máxima de salida de aceite	150°F	150°F
Caída de presión	10 psid	8.5 psid
Presión mínima	150psig	150 psig
Caída de presión permitida del enfriador y tuberías	40 psid	40 psid
Viscosidad del aceite Grado de viscosidad	12 cSt C32	12 cSt C32

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021

Sistema de extinción de fuego por CO₂

Este sistema es dimensionado y suministrado por el proveedor de la turbomaquinaria. Consta de cilindros cargados de CO₂ con capacidad necesaria para combatir conatos de incendio dentro de la cabina de las turbinas de cada equipo. Actúa en conjunto con los sensores de gas y fuego de cada máquina. El ruteo de los tubing no debe superar los 50 pies lineales desde los cilindros hasta la conexión con la cabina de la turbina.

I.2.2.4 Enfriadores

Los enfriadores para la unidad de la Estación compresora de Pátzcuaro trabajarán en una configuración igual que los compresores, serán 3 enfriadores de las cuales; 2 estarán habilitados y uno en standby. Su diseño será bajo la premisa de los 3 equipos operando al 50% de su capacidad debiendo cumplir con estampado ASME y las especificaciones de la norma API 661. El patín de los enfriadores será especificado por la ingeniería de Solar Turbines.

Las especificaciones principales de diseño de los enfriadores son las que se muestran en la **Tabla 11**.

TABLA 11 ESPECIFICACIONES PRINCIPALES DE ENFRIADORES

Especificaciones	Unidad
Flujo MMSCFD	127
Temperatura de entrada	172.2 °F
Temperatura de salida	122 °F
Presión de operación	777 psia
Caída de presión permitida (Δp)	5.1 psi
Capacidad de enfriamiento	7.095 BTU/h

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021

1.2.2.5 Descripción del sistema de succión

El gas proveniente del gasoducto existente de 24" Φ de Valtierra - Lázaro Cárdenas servirá de alimentación para la nueva estación de compresión de gas Pátzcuaro por medio de una válvula bola de 20" Φ 600 # ubicada en un bypass en el área de trampas de diablos. Este gas es transportado mediante la línea de 20"-D10X-XS-P-7002 acoplada al PVS de la estación general y por medio de la línea de 20"-D10X-XS-P-1001, el gas se dirige a los filtros separadores MBF-210 / 220 que permitirá remover partículas líquidas y sólidas hasta 3 micrones por cada 0.10 Gal / MMSCF presentes en el gas a una eficiencia de 99.9%, en caso de algún mantenimiento, este flujo es controlado operativamente con válvulas de bola de 20" Φ 600 # en la succión y descarga del filtro separador, estos filtros poseen facilidad para drenaje (abierto / cerrado). El gas ya filtrado es direccionado hacia el cabezal de succión general de 20"-D10X-XS-P-03001 para que de esta manera se distribuya a los patines de válvulas de cada unidad de compresión por medio de las líneas de 12"-D10X-STD-P-03002 A / B / C respectivamente y así finalmente, ingresar por medio de filtro de cono de bruja a los compresores 2 X T60 (TRAIN A / B) y C40 (TRAIN C) para que el gas sea sometido a compresión y aumentar su presión (378.34 psig) y temperatura (85.63 °F) inicial de operación.

1.2.2.6 Descripción del sistema de descarga

El gas comprimido con las nuevas condiciones de presión (650 psig) y temperatura (174 °F) aproximadamente, es transportado hacia el cabezal de descarga general de 20"-D10X-XS-P-03010-1"PP por medio de las líneas de descarga de 12"-D10X-STD-P-3003 A / B / C-1" PP respectiva de cada unidad.

Luego, el gas es direccionado y distribuido a los enfriadores HAL 410 / 420 / 430 bajo una configuración 2 x 1 por las líneas de 12"-D10X-STD-P-03011 / 03012 / 03013-PPy controladas operativamente con válvulas de bola 12" Φ 600 #. Posteriormente, el gas enfriado aproximadamente a 122°F es transportado hacia el PVS de la estación por medio de la línea 20"-D10X-XS-P-04005 y finalmente dirigido al punto de interconexión de descarga del gasoducto de 24" Valtierra – Lázaro Cárdenas por la línea 20"-D10X-XS-P-01002 donde el gas pasa a través de un medidor ultrasónico (FIT-704) para la medición del flujo volumétrico del gas y así, mediante una válvula de bola 20" Φ 600 # asociada al bypass del área de trampas de diablos el gas es transportado para su respectivo uso hacia la planta Acerlomittal.

I.2.2.7 Descripción del sistema de aire comprimido

El sistema de aire comprimido para instrumentos y servicios, está formado por varias etapas, desde la obtención del aire en la atmósfera hasta su distribución. Al disminuir la presión del sistema hasta la presión de arranque del compresor (en operación) el equipo comienza a trabajar, succionando el aire desde la atmósfera. El aire comprimido pasa por un proceso de filtrado-secado-filtrado (D-725 A / B) y es enviado finalmente hacia los acumuladores de aire de instrumentos para accionar las válvulas de control y de emergencia (V-721) según los servicios correspondientes mediante las líneas: 2"-A70-40S-IA-07004 A / B / C (patín de válvulas de cada unidad); 2"-A70-40S-IA-07005 A (PVS general); 2"-A70-40S-IA-07006 (Filtro separador); 1"-A70-80S-BA-07003 A / B / C (aire buffer); 2"-A70-40S-IA-7007 A / B / C (A maquinas) y de aire de servicios (V-722), para el uso de equipos y herramientas neumáticas, mediante la línea de 1"-A10-080-UA-017, regulando la presión del aire por medio de una válvula autorreguladora PCV-701 con set a 100 psig, y así con la presión regulada ser distribuida a los servicios correspondientes (Taller, máquinas y generador eléctrico) mediante las líneas 1"-A10-080-UA-014 / 15 / 16 respectivamente.

I.2.2.8 Sistema de aire de instrumentos

El aire para instrumentos se debe suministrar desde un paquete de aire para instrumentos y servicios públicos ubicado junto al área de compresión.

Se deberá estimar el consumo promedio de las válvulas de control, generalmente entre 1.7 y 5.1 m³/h así como el consumo promedio de las válvulas on/off, usualmente de 5.1 m³/h.

Se considera que el sistema debe estar conformado por filtros pre y post secado y la instrumentación adecuada para operar de manera segura el sistema con la calidad de aire requerida. Dentro de este sistema también se considera el aire buffer requerido por cada turbocompresor.

Considerar un 20% sobre diseño sobre el flujo total de aire de instrumento estimado, en los que incluye factor de flujo de fugas y futuras expansiones.

Una vez definida la cantidad de instrumentos y equipos que se requieren, se puede conocer el consumo total, de acuerdo al consumo promedio indicado, al cual se adiciona un factor de uso y simultaneidad.

1.2.2.9 Sistema de aire de planta o servicio

Se estimará el consumo de cada estación de servicio, definiendo la cantidad de herramientas mecánicas accionadas neumáticamente que se pueden usar por estación, más un factor promedio de utilización de las herramientas y el factor de simultaneidad de uso de las estaciones totales de la planta industrial.

Los picos de demandas puntuales se pueden satisfacer a través de recipientes acumuladores o tanques pulmón, que pueden ser especificados para suministrar aire a una o varias válvulas, ubicadas cercanas entre sí.

El consumo de aire para una estación de servicio se puede estimar entre 5 a 15 pie³/min.

1.2.2.10 Descripción del sistema hidroneumático

El sistema hidroneumático tiene como función suministrar agua para las siguientes áreas: área de taller, área de vigilancia, sala de control y área de compresión, donde se incluyen la demanda de agua para sanitarios y otros servicios. El agua proveniente de una pipa es almacenada en un tanque cisterna de 5000 L, la cual va a la bomba PBB-01 / 02 mediante la línea de succión de 1 1 / 2" –A10-080-PW-019 elevando la presión a 40 psig aproximadamente, cargando el tanque hidroneumático MBJ-001 y manteniendo la red a una presión por encima de 20 psig. El agua sale del tanque hidroneumático y pasa a través de los filtros de arena MAJ-001 y carbón activado MAJ-002, los cuales servirán para remover partículas sólidas del líquido y eliminar malos olores, y así finalmente ser distribuida hacia las áreas de consumo mediante las líneas 1"-A10-080-PW-023 (Taller); 1"-A10-080-PW-024 (Control); 1"-A10-080-PW-025 (Sanitarios); 1"-A10-080-PW-026 (Vigilancia).

I.2.2.11 Descripción del generador de respaldo eléctrico

La nueva estación de compresión contará con un motor generador eléctrico a gas con la capacidad de soportar el 100% de la carga nominal de la planta para un periodo establecido de 24 hr. El gas combustible para el motor generador es tomado de la línea de succión de 20"-D10X-XS-P-07002, aguas arriba del PSV de la estación, donde el gas pasa a través de una válvula de bola de 1 ½ "Φ 600 # mediante la línea 1 ½ "-D10X-080-FG-001, la presión es controlada mediante la PCV-108 set a 100 psig para que con esa nueva condición de presión el gas pueda ser filtrado mediante el filtro de arena MAJ-741 y así ingresar al equipo en las condiciones requeridas mediante la línea 2"-A10-080-FG-009 y pasando a través de la válvula de bola de 2" Φ 150 # para su respectivo control.

I.2.2.12 Descripción del sistema de drenaje cerrado

Este sistema servirá de almacenamiento temporal de líquidos condensados que pudieran estar presentes en los paquetes de gas combustible, gas de sello, en los filtros separadores y en el gas combustible para respaldo, mediante las líneas 2"-A10-080-DC-09002 A / B / C, 1"-A10-080-DC-08002 A / B / C, 3"-A10-040-DC-02007 y 1"-A10-080-DC-010 respectivamente. Los líquidos serán canalizados en un cabezal de 3"-A10-040-DC-07009 y pasan a través de una válvula de bola de 3" Φ 150 # asociada al cabezal que servirá de alimentación al tanque de condensado ABJ-710 el cual opera a condiciones atmosféricas. Sin embargo, para manejar cualquier contingencia por acumulación de gas en el tanque, para su diseño se considera como recipiente a presión, con una presión de diseño de 80 psig. Además, el uso de placas de orificio en las descargas de los sistemas, permitirá, restringir el flujo de gas en situaciones de fallas en algún elemento de control de proceso.

I.2.2.13 Descripción del sistema de drenaje abierto

Este sistema servirá para disponer de líquidos residuales provenientes de los paquetes de compresión mediante las líneas de 2"-D10X-080-DO-05027 a / B / C correspondiente a cada máquina y de la línea 2"-A10-080-DO-011 proveniente del sistema del generador eléctrico a gas controlado por una válvula de bola 1" Φ 150 #, que es tomado desde la línea del sistema de drenaje cerrado del filtro MAJ-741 de 1"-A10-080-DO-011. Estas líneas son canalizadas por el cabezal del drenaje abierto de 3"-A10-040-DO-07010 para su posterior disposición.

I.2.2.14 Descripción del sistema de estaca de venteo

Cada unidad, equipo y líneas involucradas en el proyecto poseen la capacidad de generar y/o ser sometidas a presión y temperaturas elevadas, generando sobrepresión interna en el gas que requiera ser aliviado, es por ello que mediante el sistema de alivio las válvulas por paros de emergencia (BDV) y válvulas de alivio o desfogue (PSV), están diseñadas para aliviar presión a un máximo de 1000 psig. Entre las cuales se encuentran distribuidas en las siguientes líneas y/o equipos:

- En la línea 2"-A10-080-V-004, (PSV-109 y BDV-121) de línea de gas combustible para generador de respaldo.
- En la línea 6"-A10-040-V-0105, (BDV-104) del PVS general.
- En las líneas 6"-A10-040-V-02016/17, (PSV-210/230) de los filtros separadores MBF-210/220.
- En las líneas 8"-A10-040-V-03016A/B/C, (PSV-310A/B/C) de los paquetes de compresión.
- En las líneas 2"-A10-080-V-03008A/B/C, (BDV-314A/B/C) de los paquetes de compresión.
- En la línea 2"-A10-080-V-04007, (PSV-410) de la línea de succión del HAL-410.
- En la línea 2"-A10-080-V-04009, (PSV-420) de la línea de succión del HAL-420.
- En la línea Z-A10-080-V-04011, (PSV-430) de la línea de succión del HAL-430.
- En las líneas 1 W-A10-080-V-08003A/B/C, (Válvulas PSV involucradas en paquete de gas de sello).
- En las líneas 4"-A10-040-V-09003A/B/C, (Válvulas PSV involucradas en paquete de gas combustible).

En este sistema interviene un servicio de purga de 6.256 MSFCD como flujo recomendado, con el fin de garantizar la protección ante incendio, es tomado desde el cabezal de succión de 20"-D10X-XS-P-3001. Este volumen de purga es transportado por medio de la línea ¾ "-D10X-080-P-012 controlado por la válvula de bola ¾ Φ 600 # y un contador de flujo para ajustar el volumen de purga requerido.

Todas estas líneas asociadas a los desfuegos incluyendo la de purga están conectadas a un cabezal de venteo de 30"-A10-010-V-07001 para su posterior alivio en la unidad segura de venteo o estaca ZZZ-750.



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 desfogueos 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 tramitará 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 de 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 (N_2) y dióxido de carbono (CO_2).
- 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 flúorese 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 12**.

TABLA 12 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Parámetro	Condición de operación
Temperatura de alimentación de la estación	86 °F
Temperatura de salida de la estación	122 °F
Presión de entrada	26.6-38 Kg/cm ² g
Presión de salida	45.7-52.6 Kg/cm ² g
MW/S.G	16.79/0.5798
Flujo másico (MMSCFD)	249

Fuente: Bases y Criterios de Diseño 3372-BD-A-001 2021



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.

El Cuarto de Control se clasificó como estructura del Grupo A por su importancia, para efectos del diseño por acciones de gravedad y para el diseño por sismo, lo anterior de acuerdo a la clasificación establecida en el Manual para Diseño de Obras Civiles "Diseño por Sismo" (CFE, 2015).

Conforme a los requerimientos generados por la distribución y geometría del edificio establecidas en los planos arquitectónicos, se ha planteado un sistema de cimentación que consta de zapatas aisladas ligadas con contratraveses de concreto reforzado, superestructura a base de marcos (trabes y columnas) y losa maciza de concreto reforzado; se colocarán muros divisorios de ladrillo hueco de barro extruido de 12 x 24 x 6 cm.

La **Figura 15** representa la localización en planta del Cuarto de Control

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

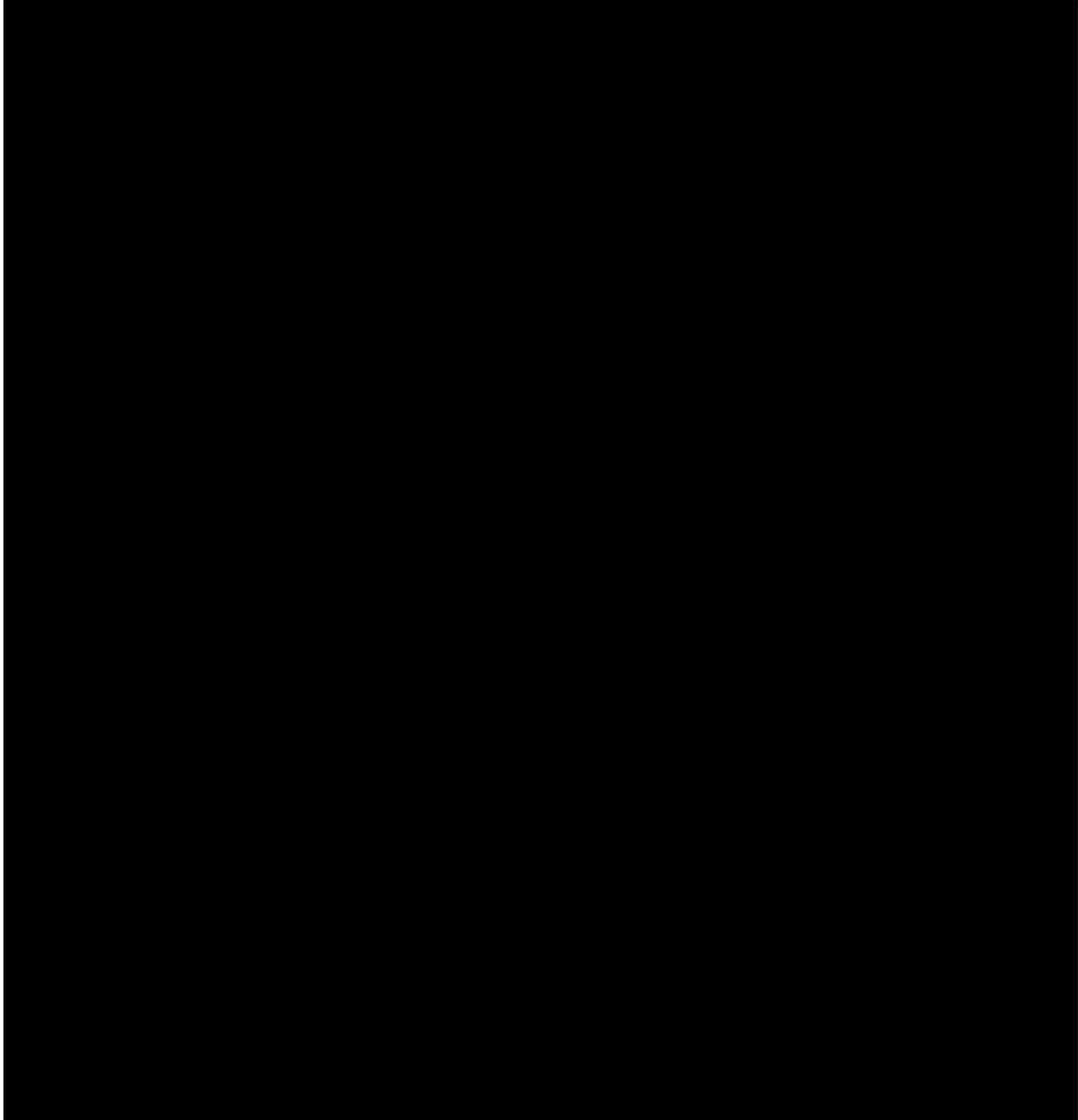


FIGURA 15 LOCALIZACIÓN EN PLANTA DEL CUARTO DE CONTROL

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación para el Cuarto de Control MC-C009 2021

Se planteará una estructura, tal que cumpla con las condiciones de seguridad y funcionalidad que marcan las normas de diseño vigentes en nuestro país. El cuarto de control que requiere el proyecto se muestra en la **Figura 16**.

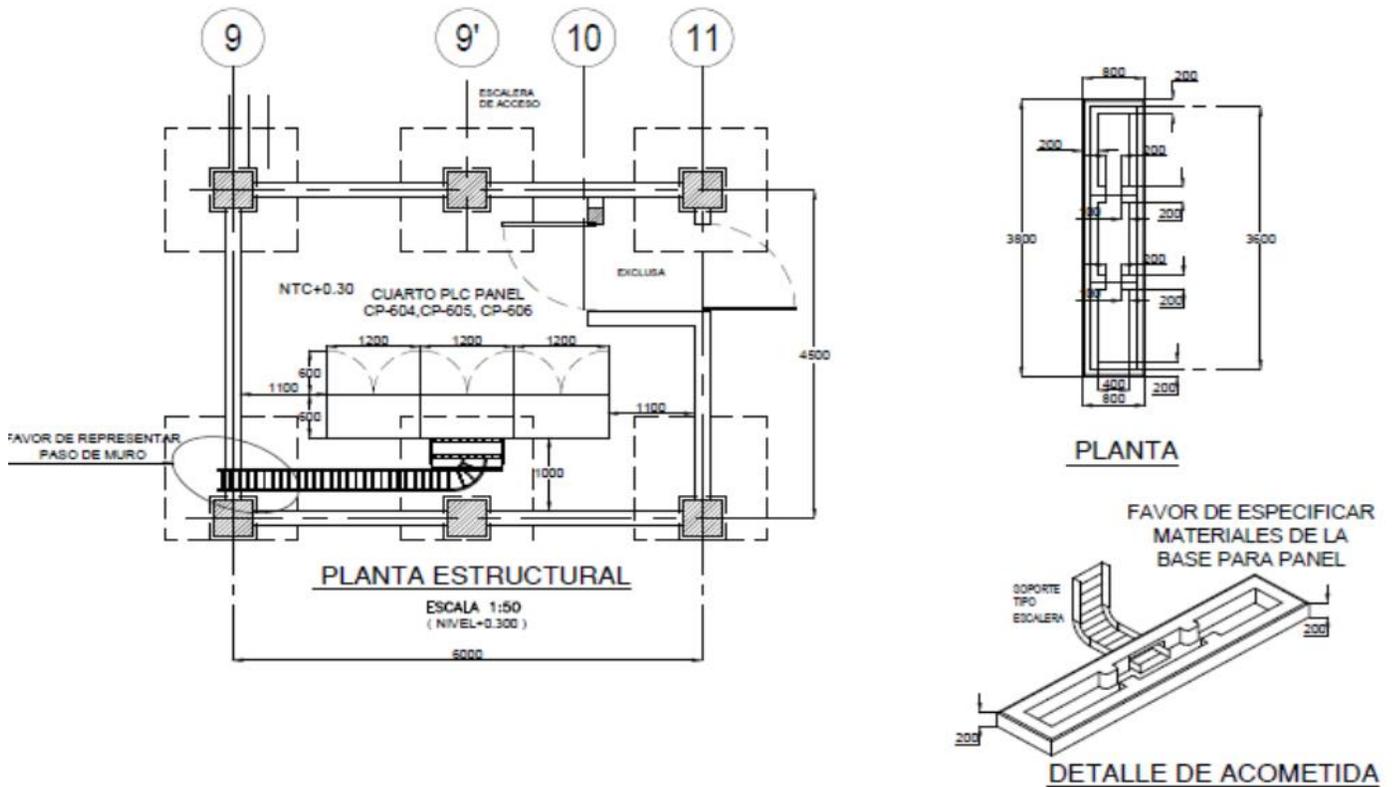


FIGURA 16 PROPUESTA DE CUARTO DE CONTROL

Fuente: Memoria de Cálculo para la Cimentación para el Cuarto de Control MC-C009 2021



I.3.2 Sistema de aislamiento

Los sistemas de aislamiento combinan distintas técnicas de barrera donde se permite el control de las variables y se protegen 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 tendrán los siguientes sistemas de aislamiento:

- 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 13** se mencionan fugas y explosiones de gas natural se observa dicha información.

TABLA 13 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
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

TABLA 13 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Fecha	Ciudad País y/o	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
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.
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

TABLA 13 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Fecha	Ciudad País y/o	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
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)
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., 2022.

1.4.2 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.

1.4.2.1 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 14**, donde se muestra el uso adecuado de cada una de las metodologías, de acuerdo a la etapa de cada proyecto.

TABLA 14 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					

Nota: 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 17** se observa la secuencia a seguir en la metodología ¿Qué pasa si...?

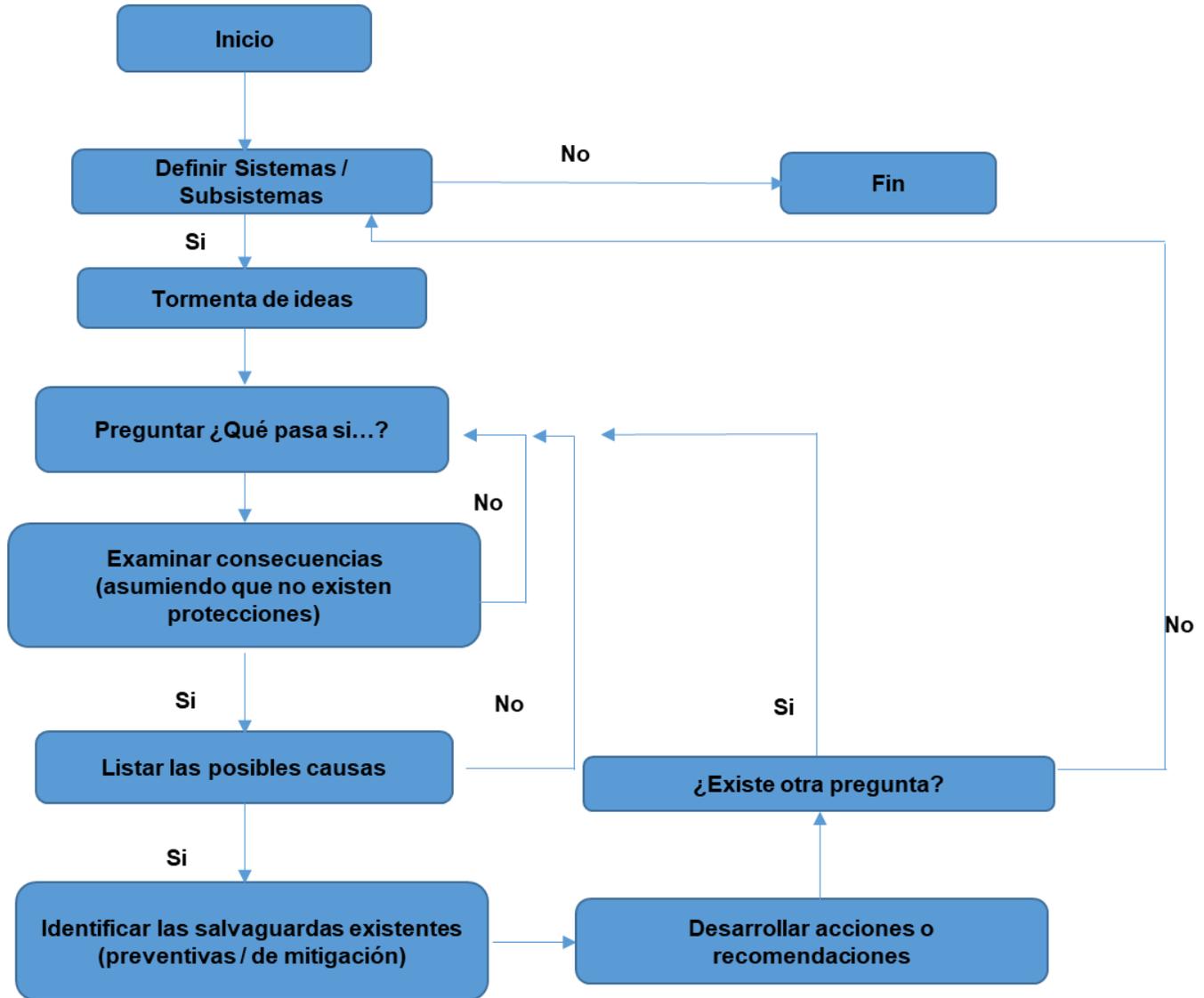


FIGURA 17 SECUENCIA DE LA METODOLOGÍA ¿QUÉ PASA SÍ...?

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 15**, se muestra las categorías de consecuencias empleadas en este proyecto.

TABLA 15 CATEGORÍAS DE CONSECUENCIAS

Categoría de consecuencias	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Daños a la instalación [MM Pesos]
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
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
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
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

TABLA 15 CATEGORÍAS DE CONSECUENCIAS

Categoría de consecuencias	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Daños a la instalación [MM Pesos]
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
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

Fuente: CENAGAS, 2021.

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 16** se muestra las categorías de frecuencia utilizadas para el proyecto.

TABLA 16 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 registro.

Fuente: CENAGAS, 2020.

1.4.2.4 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

Las matrices de riesgo por cada rubro empleadas en este proyecto se observan en la **Figura 18**.

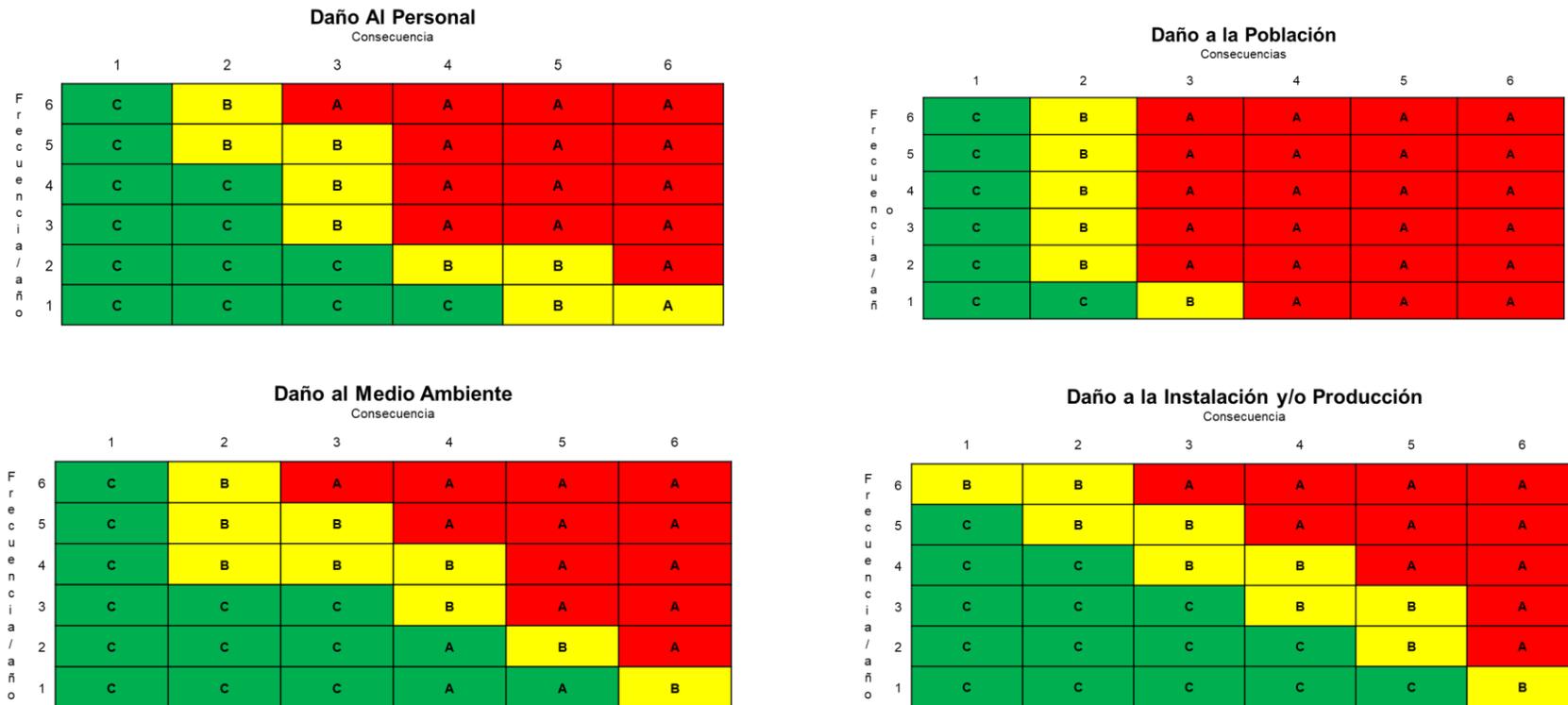


FIGURA 18 MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS DE PROCESO

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 **13 de enero del 2022**, 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 19**, se muestra la hoja de trabajo que se utilizó para la identificación de riesgos

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	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C	
			Red contraincendio													
			Procedimiento para el cierre de la estación de compresión EC													
			Plan de Respuesta a Emergencias													
			Celaje (Detector)													
	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		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 19 HOJA DE TRABAJO PHA PRO 8.0

Fuente: PHA-PRO 8.0,2022.

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V. 2022

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.

La **Tabla 17** muestra los Sistemas y Subsistemas identificados mediante la metodología ¿Qué pasa si...? .

TABLA 17 SISTEMAS ANALIZADOS ¿QUÉ PASA SI...?

Sistema	Subsistema
Gasoducto-interconexión de 24" hacia la Estación de Compresión (EC) Pátzcuaro Michoacán	1. Interconexión de 24" 2. Trampa de envío y recibo de diablos
Estación de compresión EC	1. Filtros Separadores MBF 210/220 2. Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C) 3. Enfriadores de gas HAL-410/420/430
Servicios Auxiliares	1. Patín de gas combustible 2. Aire de instrumentos y servicios 3. Sistema de enfriamiento 4. Sistema Eléctrico Principal 5. Venteo
Factores internos	Ambiente laboral
Factores externos	Vandalismo / Sabotaje Bloqueo Climáticos

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

I.4.2.6 Determinación de escenarios de riesgo

Como resultados de la metodología utilizada ¿Que pasa sí...? se obtuvieron **347 escenarios de riesgos**, los cuales quedaron distribuidos de acuerdo a las etapas de compresión, operaciones y aspectos generales de la instalación.

En la **Tabla 18**, se muestran los escenarios identificados por cada sistema evaluado.

TABLA 18 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	74
Servicios auxiliares	60
Factores internos	72
Factores externos	47
Total	347

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

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 347 escenarios identificados mediante la metodología ¿Qué pasa sí...?, se distribuyeron en las zonas de riesgo, acorde a los cuatro rubros evaluados con la matriz, tal como se ilustra en la **Figura 20**

		CONSECUENCIA					
		1	2	3	4	5	6
F R E C U E N C I A	6	10	6	2	4	0	0
	5	22	3	2	2	0	0
	4	64	9	10	6	0	0
	3	108	17	13	15	0	0
	2	36	10	4	3	0	0
	1	1	0	0	0	0	0

DAÑO AL PERSONAL

		CONSECUENCIA					
		1	2	3	4	5	6
F R E C U E N C I A	6	12	8	2	0	0	0
	5	21	7	1	0	0	0
	4	75	15	0	0	0	0
	3	106	40	6	0	0	0
	2	44	8	1	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0

DAÑO A LA POBLACIÓN

		CONSECUENCIA					
		1	2	3	4	5	6
F R E C U E N C I A	6	8	9	5	0	0	0
	5	16	8	5	0	0	0
	4	67	13	8	1	0	0
	3	96	35	22	0	0	0
	2	43	5	5	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0

DAÑO AL MEDIO AMBIENTE

		CONSECUENCIA					
		1	2	3	4	5	6
F R E C U E N C I A	6	13	6	3	0	0	0
	5	13	10	6	0	0	0
	4	43	29	13	1	0	0
	3	73	46	35	2	0	0
	2	30	13	10	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0

DAÑO A LA INSTALACIÓN Y/O PRODUCCION

FIGURA 20 MATRIZ DE RIESGO PARA ESCENARIOS IDENTIFICADOS

Análisis: CSIPA S.A. DE C.V., 2022

La distribución de escenarios de riesgo para el personal queda señalada en la **Figura 21**

Daño al Personal

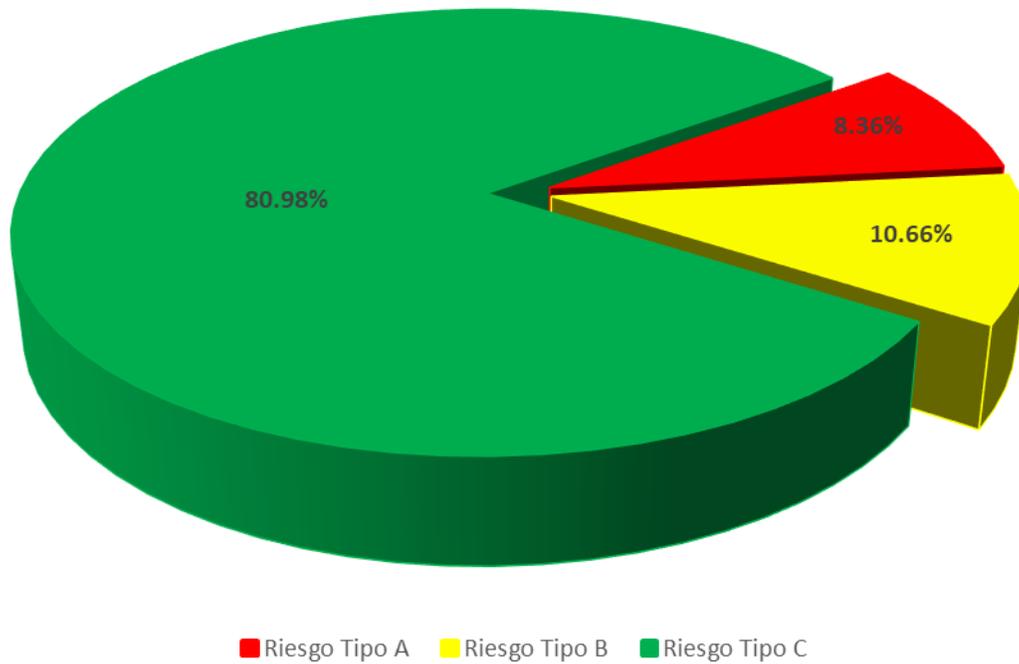


FIGURA 21 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN A PERSONAL

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2022

La **Figura 22** muestra la distribución de las calificaciones de los escenarios de riesgo para la Población

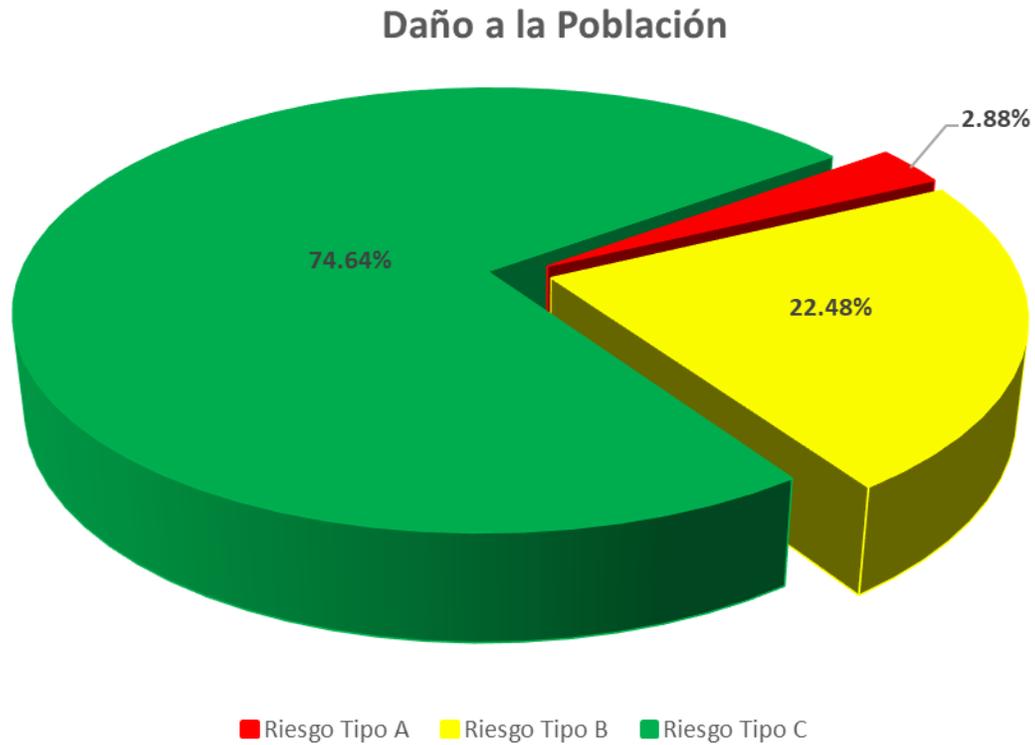


FIGURA 22 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2022

La distribución de las calificaciones de los escenarios de riesgo para el medio ambiente se muestra en la **Figura 23**.

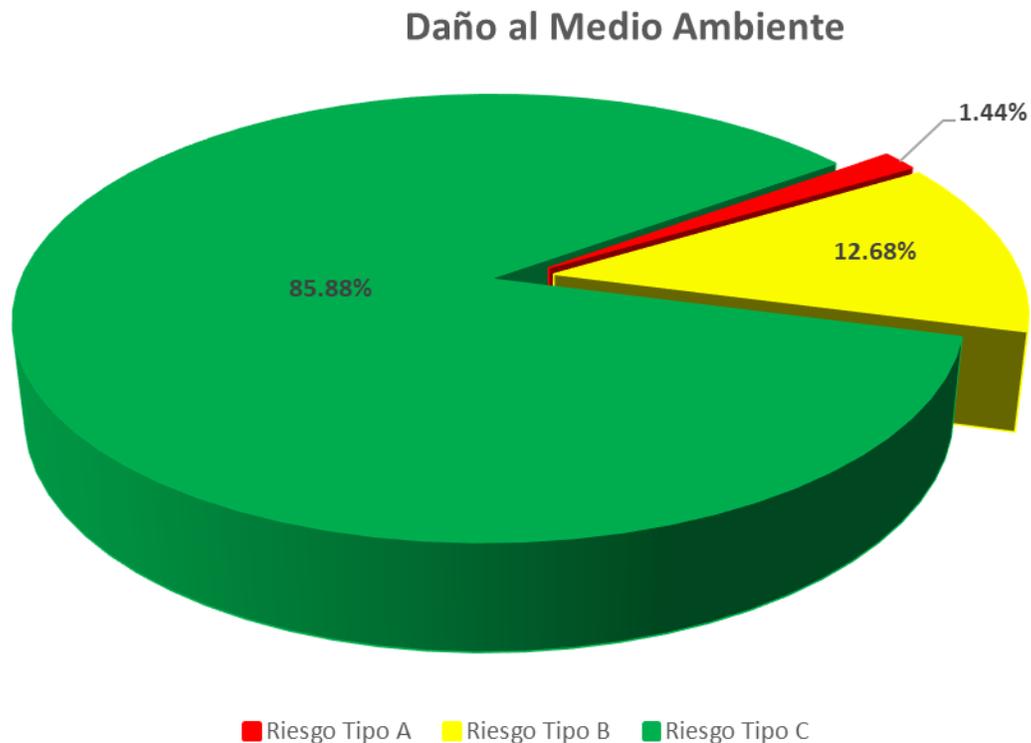


FIGURA 23 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2022

En la **Figura 24** se observa las afectaciones a la instalación y producción.

Daño a la Instalación / Producción

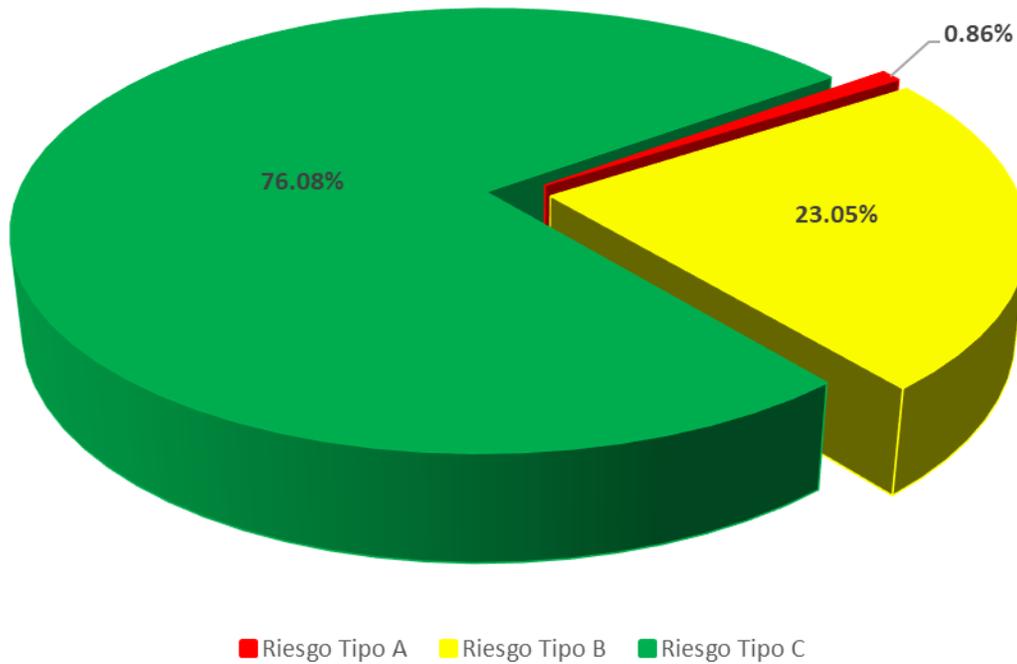


FIGURA 24 CLASIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO CON LA AFECTACIÓN A LA INSTALACIÓN/PRODUCCIÓN

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2022

En la **Tabla 19** se muestra el resumen de la agrupación de los escenarios y evaluaciones de riesgo de acuerdo a los rubros evaluados.

Donde se tiene que de 347 escenario de riesgo por los 4 rubros evaluados (personal, población, medio ambiente y producción), se tiene un total **1,388 evaluaciones**.

TABLA 19 AGRUPACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO ANTES DE LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

Rubro	Región de riesgo (RR)						Total de escenarios
	A	No tolerable	B	ALARP B	C	Tolerable	
Daños al Personal	29 evaluaciones 8.36 %		37 evaluaciones 10.66 %		281 evaluaciones 80.98%		347 evaluaciones
Daños a la Población	10 evaluaciones 2.88 %		78 evaluaciones 22.48 %		259 evaluaciones 74.64 %		347 evaluaciones
Medio Ambiente	5 evaluaciones 1.44 %		44 evaluaciones 12.68 %		298 evaluaciones 85.88 %s		347 evaluaciones
Daños a la Instalación / Producción	3 evaluaciones 0.86 %		80 evaluaciones 23.05%		264 evaluaciones 76.08%		347 evaluaciones
Evaluaciones totales							1,388

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

En la **Figura 25**, se muestra el resumen de la distribución de evaluación total, de los escenarios de riesgo, donde se obtuvo **1,388 evaluaciones**.

Distribución General

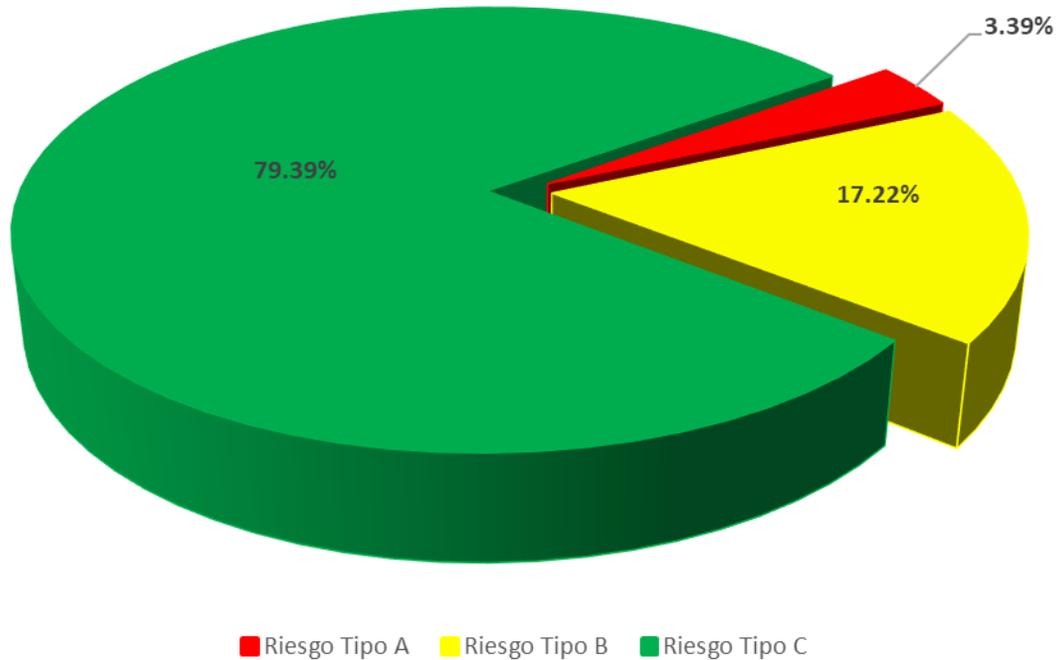


FIGURA 25 DISTRIBUCIÓN DE EVALUACIONES TOTALES

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

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 C**, la jerarquización completa de los escenarios del estudio, así como el catálogo de escenarios.

En la ~~¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ muestra la jerarquización de los escenarios que han sido ponderados solo con clasificación Riesgo no tolerable (A) 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 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	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

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Per	Pob	MA	Inst/ Prod
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
319	5. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	1. Quema de pastizales	4. Posible explosión	A	B	A	A
318	5. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	1. Quema de pastizales	3. Posible incendio	A	B	A	B
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

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Per	Pob	MA	Inst/ Prod
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

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Per	Pob	MA	Inst/ Prod
181	3. Servicios Auxiliares	1. Patín de gas combustible	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
187	3. Servicios Auxiliares	1. Patín de gas combustible	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
309	5. 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	B

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Per	Pob	MA	Inst/ Prod
310	5. 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
323	5. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	2. Incendios forestales	4. Posible explosión	A	B	B	B
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 Arcelor Mittal	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	B

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	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. Filtros Separadores MBF 210/220	1. No hay flujo de gas hacia cabezal de succión	2. Falla de válvula de control (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 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	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
214	3. Servicios Auxiliares	5. Venteo	1. Hay alta presión que excede el punto de ajuste en el cabezal de descarga de los turbocompresores	1. Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de turbocompresores	4. Posible incendio y/o explosión	A	B	C	C

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Per	Pob	MA	Inst/ Prod
220	3. Servicios Auxiliares	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
226	3. Servicios Auxiliares	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
315	5. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	2. Existen actos criminales	1. Delincuencia organizada	3. Amenaza con posible lesión al personal	A	C	C	B

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Per	Pob	MA	Inst/ Prod
317	5. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje	3. Incendio dentro EC	1. Quema de pastizales	2. Daño a personal	A	C	C	B
327	5. 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

TABLA 20 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Núm. de Escenario	Sistema	Subsistema	Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Per	Pob	MA	Inst/ Prod
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
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
339	5. Factores externos	3. Climáticos	1. Existen fenómenos naturales adversos	1. Riesgos hidrometeoro lógicos	3. Ruptura de línea	B	C	A	B

Nota: Personal (Per), Población (Pob), Medio Ambiente (MA), Instalación y Producción (Inst/Prod)

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2022.

I.4.2.8 Escenarios de mayor riesgo

Para realizar la evaluación de consecuencias se considerando los escenarios en región de riesgo A y B que dieran como consecuencia fuga, incendio y/o explosión, estos escenarios se clasificaron en el peor caso o caso más probable, y escenarios en región de riesgo aceptable con controles (C), que hubieran dado como consecuencia fuga, incendio y/o explosión y no se tuviera este en región de riesgo indeseable. Para estos casos se evaluando los efectos por toxicidad (dispersión tóxica), incendio (radiación térmica) y explosión (sobrepresión).

De los 347 escenarios de riesgo identificados se deberán agrupar los escenarios que tengan como consecuencia fuga, incendio y/o explosión. Los escenarios identificados de mayores riesgos se agruparán de la siguiente manera:

- Sustancia peligrosa por nodo
- Número de Nodo
- Evento (fuga, dispersión tóxica, incendio y/o explosión)
- Equipo o corriente

En la **Tabla 21** 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 21 ESCENARIOS DE MAYOR RIESGO

No. Escenario	Descripción del Escenario	Descripción detallada del escenario
4, 9, 14, 19, 24, 46, 50, 54, 61, 17, 18, 22, 23, 36, 40, 45, 49, 68, 77, 84, 85, 87, 88, 93, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 21, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 48, 53, 57, 59, 62, 65, 67, 73, 75, 90, 106	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 20"	Sobrepresionamiento en la línea aguas arriba, Fuga en línea de interconexión y/o accesorios (válvula, bridas), Posible incendio y/o explosión, Ruptura de interconexión 24", Fuga en línea, Fuga en línea, conexiones y/o accesorios, Trampa de diablos presurizada debido a Falla en Válvula SDV entrada de la EC, Error en la operación del sistema del control o estaciones de compresión aguas arriba, Cierre súbito aguas abajo de la estación metal arcelot Mittal, Acto vandálico (en derecho de vía), Daño por terceros, falla de integridad mecánica, Trabajo o cruzamientos originando rupturas, golpe al ducto con maquinaria pesada, Interferencia (Corrientes parasitas), Cálculos inadecuados para soldadura de accesorios, Error de manipulación de válvulas en el envío y/o recibo de diablo, Empaques en mal estado, Falta de mantenimiento, Falla de válvula de entrada a la trampa de diablo, Represionamiento en la cubeta, Fuga en cabezal de succión en Interconexión de 24"/Trampa de envío y recibo de diablos/ Filtros Separadores MBF 210/220
4, 9, 14, 19, 24, 46, 50, 54, 61, 17, 18, 22, 23, 36, 40, 45, 49, 68, 77, 84, 85, 87, 88, 93, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 21, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 48, 53, 57, 59, 62, 65, 67, 73, 75, 90, 106	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Fuga de 4"	Sobrepresionamiento en la línea aguas arriba, Fuga en línea de interconexión y/o accesorios (válvula, bridas), Posible incendio y/o explosión, Ruptura de interconexión 24", Fuga en línea, Fuga en línea, conexiones y/o accesorios, Trampa de diablos presurizada debido a Falla en Válvula SDV entrada de la EC, Error en la operación del sistema del control o estaciones de compresión aguas arriba, Cierre súbito aguas abajo de la estación metal arcelot Mittal, Acto vandálico (en derecho de vía), Daño por terceros, falla de integridad mecánica, Trabajo o cruzamientos originando rupturas, golpe al ducto con maquinaria pesada, Interferencia (Corrientes parasitas), Cálculos inadecuados para soldadura de accesorios, Error de manipulación de válvulas en el envío y/o recibo de diablo, Empaques en mal estado, Falta de mantenimiento, Falla de válvula de entrada a la trampa de diablo, Represionamiento en la cubeta, Fuga en cabezal de succión en Interconexión de 24"/Trampa de envío y recibo de diablos/ Filtros Separadores MBF 210/220

TABLA 21 ESCENARIOS DE MAYOR RIESGO

No. Escenario	Descripción del Escenario	Descripción detallada del escenario
127, 136, 142, 155, 214, 220, 226	Descarga de CAE 310 A/B/C Ruptura de línea de 12"	Posible incendio y/o explosión debido a Obstrucción o saturación de filtro, Falla de válvula BDV (abre), Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de turbocompresores, Falla de suministro eléctrico, Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de turbocompresores, Falla de los sensores de presión de turbocompresor, Cierre súbito aguas abajo de la estación AMM en Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C) / Venteo
127, 136, 142, 155, 214, 220, 226	Descarga de CAE 310 A/B/C Fuga de 2.4"	Posible incendio y/o explosión debido a Obstrucción o saturación de filtro, Falla de válvula BDV (abre), Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de turbocompresores, Falla de suministro eléctrico, Falla Válvula SDV (cierra) en el cabezal de descarga de turbocompresores, Falla de los sensores de presión de turbocompresor, Cierre súbito aguas abajo de la estación AMM en Turbocompresores (compresores CAE-310 A/B/C y turbinas de gas T-220 A/B/C) / Venteo
161	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Ruptura de línea de 12"	Posible incendio y/o explosión en turbocompresores debido Falla cooler y sensor de temperatura en Enfriadores de gas HAL-410/420/430
161	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Fuga de 2.4"	Posible incendio y/o explosión en turbocompresores debido Falla cooler y sensor de temperatura en Enfriadores de gas HAL-410/420/430

TABLA 21 ESCENARIOS DE MAYOR RIESGO

No. Escenario	Descripción del Escenario	Descripción detallada del escenario
4, 9, 14, 19, 24, 46, 50, 54, 61, 17, 18, 22, 23, 36, 40, 45, 49, 68, 77, 84, 85, 87, 88, 93, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 21, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 48, 53, 57, 59, 62, 65, 67, 73, 75, 90, 106	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 24"	Sobrepresionamiento en la línea aguas arriba, Fuga en línea de interconexión y/o accesorios (válvula, bridas), Posible incendio y/o explosión, Ruptura de interconexión 24", Fuga en línea, Fuga en línea, conexiones y/o accesorios, Trampa de diablos presurizada debido a Falla en Válvula SDV entrada de la EC, Error en la operación del sistema del control o estaciones de compresión aguas arriba, Cierre súbito aguas abajo de la estación metal arcelot Mittal, Acto vandálico (en derecho de vía), Daño por terceros, falla de integridad mecánica, Trabajo o cruzamientos originando rupturas, golpe al ducto con maquinaria pesada, Interferencia (Corrientes parasitas), Cálculos inadecuados para soldadura de accesorios, Error de manipulación de válvulas en el envío y/o recibo de diablo, Empaques en mal estado, Falta de mantenimiento, Falla de válvula de entrada a la trampa de diablo, Represionamiento en la cubeta, Fuga en cabezal de succión en Interconexión de 24"/Trampa de envío y recibo de diablos/ Filtros Separadores MBF 210/220

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

1.4.3 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. 8.4, 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 desfogue.

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 22**.

TABLA 22 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, 2021.

Los datos alimentados al software Phast 8.4 para realizar cada una de las modelaciones son las que se indican.

A cada escenario se les asignó una clave como referencia a los criterios de CENAGAS quedando de la siguiente manera:

ECPM-XXX-YY

Dónde:

- ECPM: Estación de Compresión Pátzcuaro Michoacán
- XXX: Correspondiente al tipo de escenario:
- CMP: Caso más probable: Con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancia peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.



- PC: Peor Caso: Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites por toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo a los criterios para definir las zonas intermedia de salvaguarda al entorno de la instalación. Para identificar los peores casos, no se requiere de un análisis de riesgos formal, ni conocer las causas que pudieran provocarlo ni su probabilidad de ocurrencia, simplemente consideramos que éste sucede.
- CA: Caso Alternativo: Es el evento creíble de una liberación accidental de un material o sustancia peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al peor caso ni al caso más probable.
- YY: Numero consecutivo de escenario.

Los datos alimentados al software **Phast 8.4** para realizar cada una de las modelaciones son las que se indican en la **Tabla 23**

TABLA 23 CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA MODELACIONES

Clave Escenario	Descripción	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Duración de la Fuga (s)	Inventario (kg)	Tasa de descarga (kg/s)
ECPM-PC-01	Interconexión Valtierrilla-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 20"	540	30	600 s	50.7116	1,215.04
ECPM-CMP-01	Interconexión Valtierrilla-Lazaro Cárdenas Fuga de 4"	540	30	600 s	50.7116	4.6016
ECPM-PC-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Ruptura de línea de 12"	692	78.88	600 s	2580.49	510.131
ECPM-CMP-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Fuga de 2.4"	692	78.88	600 s	2580.49	20.4052
ECPM-PC-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Ruptura de línea de 12"	686.5	50	600 s	25.8049	535.615
ECPM-CMP-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Fuga de 2.4"	686.5	50	600 s	25.8049	21.4246
ECPM-CA-01	Interconexión Valtierrilla-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 24"	540	30	600 s	50.7116	1,215.04

Análisis: CSIPA, S.A. DE C.V., 2022

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 24** En función de los datos meteorológicos de los 10 últimos años.

TABLA 24 DATOS PARA ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA (PASQUILL)

Velocidad del Viento U_{10} (m/s)	Radiación Solar			Horas de noche Fracción cubierta de nubes	
	Fuerte	Moderado	Débil	$\geq 1/2$	$\leq 1/2$
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Fuente: Guía para 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 riesgos prioritarios son las que se mencionan en la **Tabla 25**

TABLA 25 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., 2022.

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 20% del diámetro nominal de la tubería a simular.

Para la simulación del peor caso (PC) se consideró el 100% de diámetro nominal de los diferentes equipos.

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 26**, mismos que están basados en los requerimientos por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT.

TABLA 26 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.

En el análisis de consecuencias por incendio, no se tomó en cuenta la atenuación que producen los dispositivos contraincendios, 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*).

En la **Tabla 27** se observan los efectos por radiación térmica.

TABLA 27 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 28** 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 28 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 28 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 **62 escenarios** aplicables para realizar la modelación de consecuencias, las cuales se llevaron a cabo utilizando el software **PHAST 8.4**.

La **Tabla 29** muestra los resultados para eventos de radiación térmica y sobrepresión de las simulaciones.

TABLA 29 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN

Números de escenarios	Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Zona de daño a Equipos*			
			STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica		Sobrepresión	
						1.4 kW/m ²	0.5 Psi	37.5 kW/m ²	5 kW/m ²	3.0 Psi	1.0 Psi
4, 9, 14, 19, 24, 46, 50, 54, 61, 17, 18, 22, 23, 36, 40, 45, 49, 68, 77, 84, 85, 87, 88, 93, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 21, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 48, 53, 57, 59, 62, 65, 67, 73, 75, 90, 106	ECPM-PC-01	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 20"	N/D	N/D	Jet Fire	787.16	36.54	N/A	412.68	17.87	26.15

TABLA 29 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN

Números de escenarios	Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Zona de daño a Equipos*			
			STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica		Sobrepresión	
						1.4 kW/m ²	0.5 Psi	37.5 kW/m ²	5 kW/m ²	3.0 Psi	1.0 Psi
4, 9, 14, 19, 24, 46, 50, 54, 61, 17, 18, 22, 23, 36, 40, 45, 49, 68, 77, 84, 85, 87, 88, 93, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 21, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 48, 53, 57, 59, 62, 65, 67, 73, 75, 90, 106	ECPM-CMP-01	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Fuga de 4"	N/D	N/D	Jet Fire	177.73	61.85	N/A	92.31	25.39	41.57
127, 136, 142, 155, 214, 220, 226	ECPM-PC-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Ruptura de línea de 12"	N/D	N/D	Jet Fire	520.66	91.20	N/A	272.45	59.43	34.10
127, 136, 142, 155, 214, 220, 226	ECPM-CMP-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Fuga de 2.4"	N/D	N/D	Jet Fire	116.50	43.95	N/A	60.20	30.66	20.07
161	ECPM-PC-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Ruptura de línea de 12"	N/D	N/D	Jet Fire	537.30	33.18	N/A	281.19	24.11	16.88

TABLA 29 RESULTADOS DE EVENTOS POR RADIACIÓN TÉRMICA Y SOBREPRESIÓN

Números de escenarios	Tag Escenario	Escenario	Dispersión tóxica (ppm)			Zona de Amortiguamiento*		Zona de daño a Equipos*			
			STEL 15	IDLH 100	Tipo de fuego	Radiación Térmica	Sobrepresión	Radiación Térmica		Sobrepresión	
						1.4 kW/m ²	0.5 Psi	37.5 kW/m ²	5 kW/m ²	3.0 Psi	1.0 Psi
161	ECPM-CMP-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Fuga de 2.4"	N/D	N/D	Jet Fire	120.34	34.92	N/A	62.20	25.17	17.39
4, 9, 14, 19, 24, 46, 50, 54, 61, 17, 18, 22, 23, 36, 40, 45, 49, 68, 77, 84, 85, 87, 88, 93, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 21, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 48, 53, 57, 59, 62, 65, 67, 73, 75, 90, 106	ECPM-CA-01	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Fuga de 24"	N/D	N/D	Jet Fire	929.88	36.54	N/D	487.97	17.87	26.15

Nota: n/d (no disponible), los radios están expresados en metros.

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

En el **Anexo D**, 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 30** las posibles afectaciones, de acuerdo con los radios obtenidos en PHAST 8.4 a cada uno de los rubros evaluados.

TABLA 30 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
ECPM-PC-01	Interconexión Valtierrilla-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 20"	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 412.68 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 26.15 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 412.68 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 412.68 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 17.87 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 30 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
ECPM-CMP-01	Interconexión Valtierrilla-Lazaro Cárdenas Fuga de 4"	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 92.31 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 41.57 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 92.31 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 92.31 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 25.39 m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.
ECPM-PC-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Ruptura de línea de 12"	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 272.45 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 34.10 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 272.45 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.

TABLA 30 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
		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 272.45 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 59.43 m . por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.
ECPM-CMP-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Fuga de 2.4"	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 60.20 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 20.07m
		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 60.20 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 60.20 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 30.66 m . por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.

TABLA 30 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
ECPM-PC-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Ruptura de línea de 12" Línea de descarga de HAL 410/420/430	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 281.19 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 16.88 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 281.19 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 281.19 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 24.11m. por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.
ECPM-CMP-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430	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 62.20m. 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 17.39 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 62.20 m. respecto al origen del descontrol, sufriendo quemaduras de 2º grado si no se protege de inmediato.

TABLA 30 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

Tag Escenario	Descripción	Afectación	
		Rubros 1. Personal; 2. Población 3 Medio ambiente.; 4. Instalación / Producción	
		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 62.20 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 25.17 m . por sobrepresión, se puede diferir la de producción, paro de actividades hasta el restablecimiento de condiciones seguras de operación por dicho evento.
ECPM-CA-01	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas	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 487.97m . 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 26.15 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 487.97 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 487.97 m , con pérdidas económicas por paro temporal de actividades. Daño a equipo aledaño y estructura civil en un radio de 17.87 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., 2022

II.2.1.1 Diagramas de pétalos

En la **Figura 26**, se muestran las posibles afectaciones del escenario ECPM-CMP-01

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP
Y 110 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

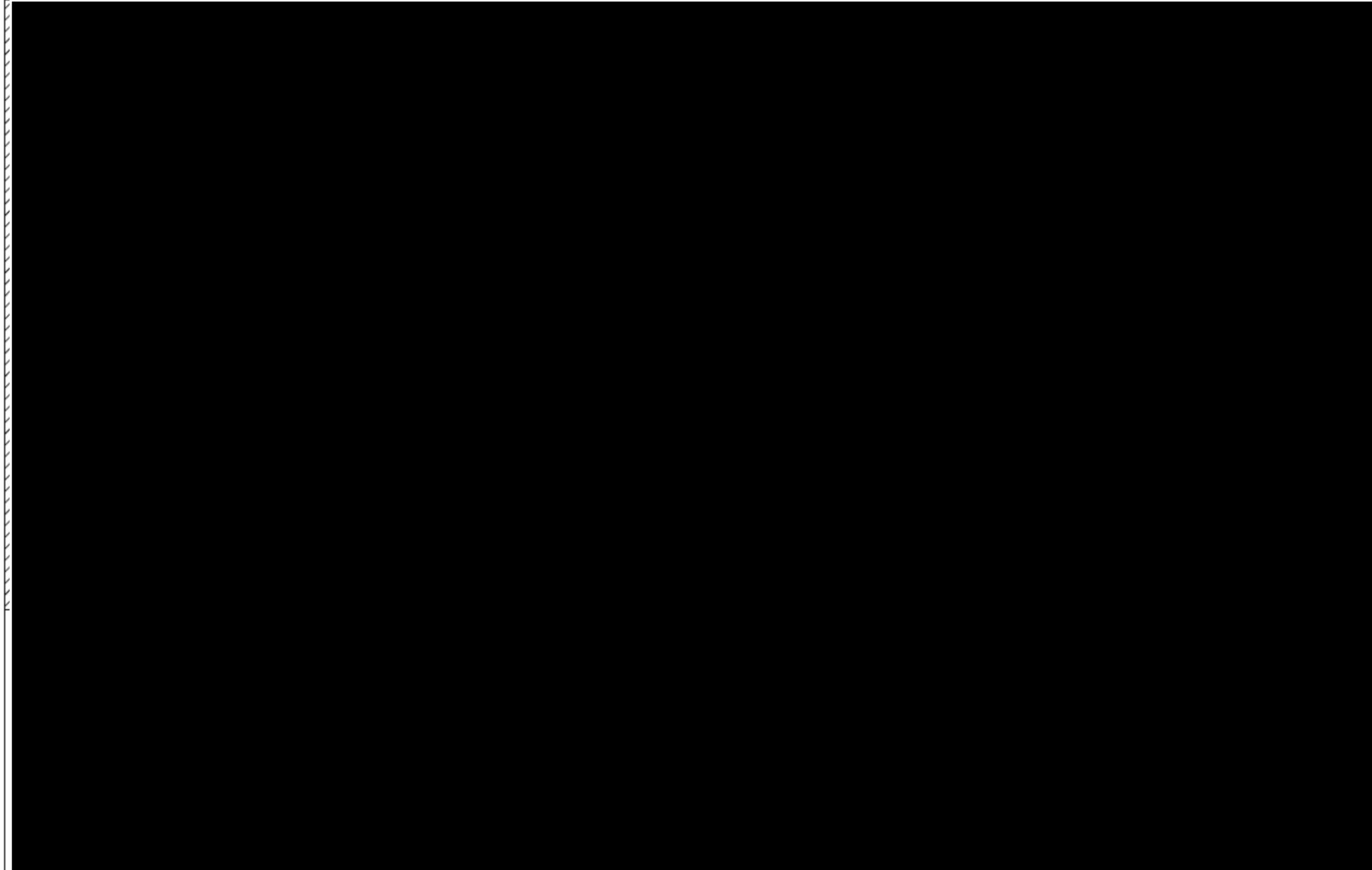


FIGURA 26 DIAGRAMA DE PETALOS DEL ESCENARIO ECPM-CMP-01

En la **Figura 27**, donde se observa las posibles afectaciones del escenario ECPM-CMP-02

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP
Y 110 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

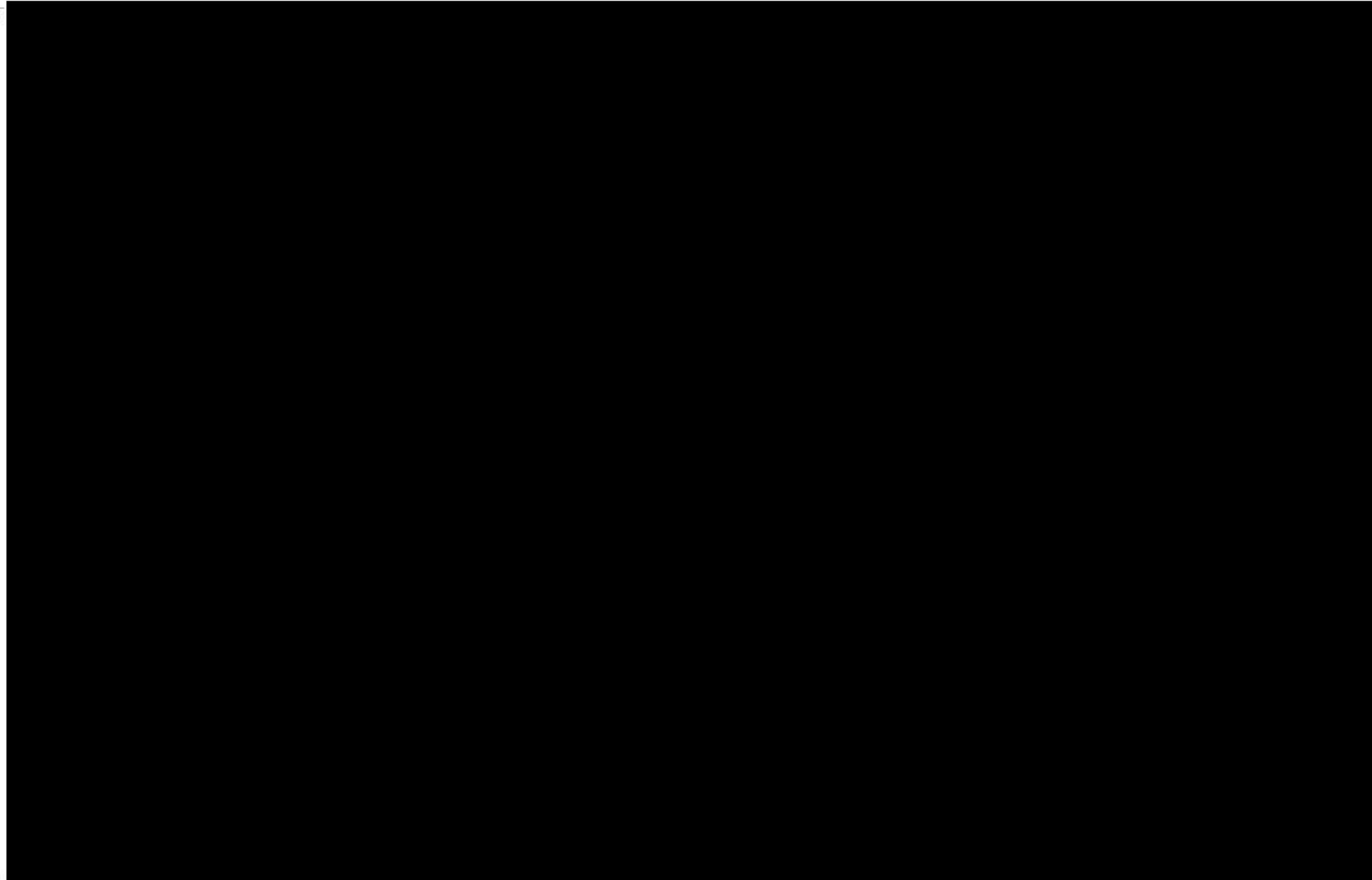


FIGURA 27 DIAGRAMA DE PETALOS DEL ESCENARIO ECPM-CMP-02

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

En la **Figura 28**, donde se observa las posibles afectaciones del escenario ECPM-CMP-03

UBICACIÓN DEL
PROYECTO, ART 113
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP
Y 110 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

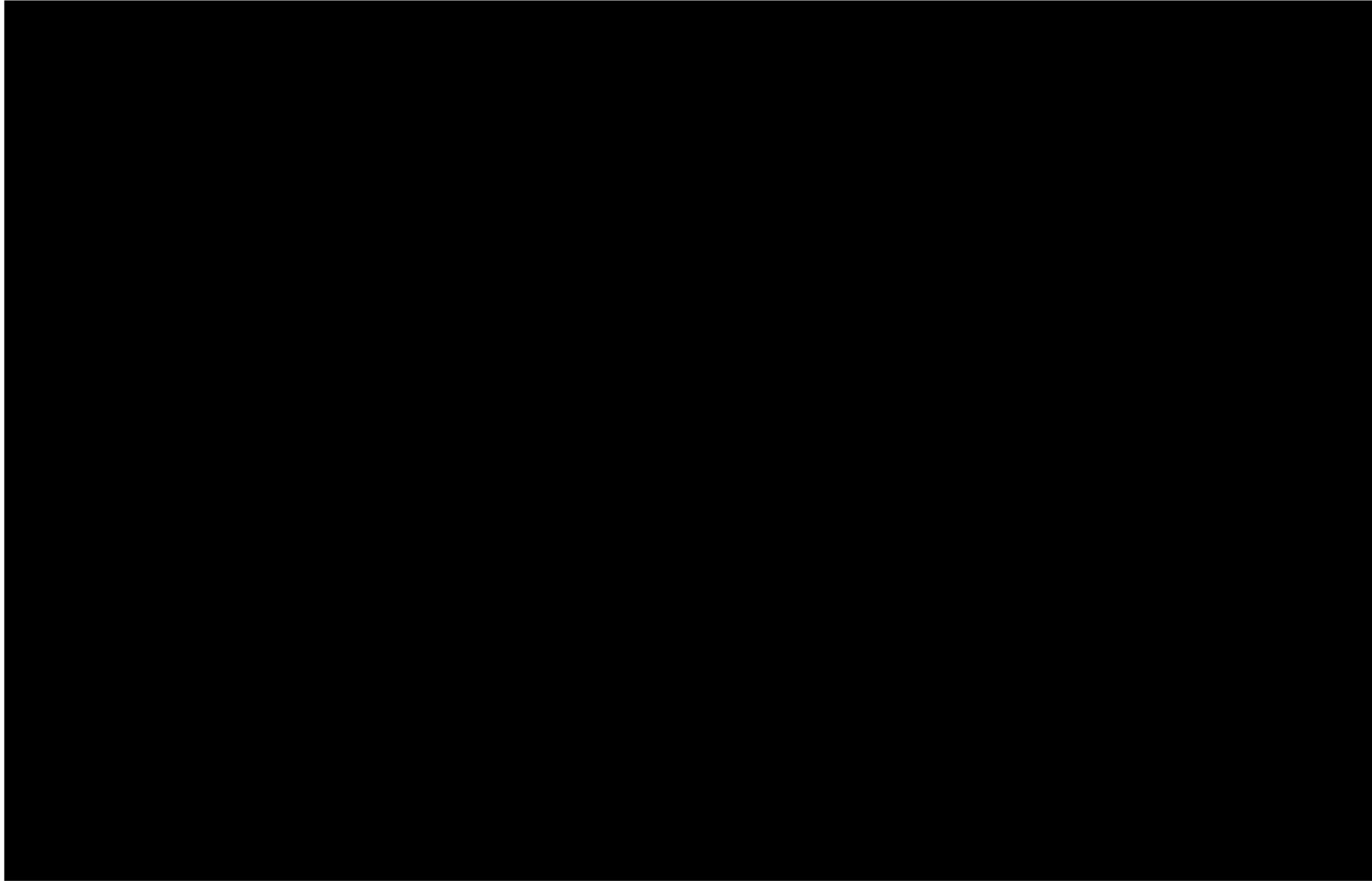


FIGURA 28 DIAGRAMA DE PETALOS DEL ESCENARIO ECPM-CMP-03

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

En el **Anexo D**, 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 de afectación obtenidos, se identificó los efectos sobre el sistema ambiental, mismos que se muestran en la **Tabla 31**.

TABLA 31 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)		
ECPM-PC-01	Interconexión Valtierrilla-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 20"	-	-	Jet Fire	787.16	36.54	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 787.16 m, se pueden observar usos de suelo agropecuarios, así como cultivos incluido el de aguacate extendido en los 4 puntos cardinales; el escenario incluye una porción de la UGA forestal como la agrícola, por otro lado, se pueden observar asentamientos humanos dispersos y no congregados hacia el noreste. Se identifica acueducto en la parte norte de la zona de amortiguamiento, dentro del área solo se cuenta con caminos de terracería, es evidente la presencia de ductos subterráneos en la zona.</p> <p>Los escurrimientos más cercanos rodean desde la parte norte hacia la oeste sin tocar el predio, se debe señalar que hacia el sur del predio se observa una línea de transmisión Eléctrica. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 36.54 m a la redonda de la interconexión Valtierrilla - Lázaro Cárdenas.</p> <p>Solo existen predios utilizados para actividades agrícolas propias de la región, cultivos y caminos de terracería, así como la Válvula de interconexión del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural.</p> <p>No existen asentamientos humanos dentro del radio 0.5 Psi de sobrepresión. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
ECPM-CMP-01	Interconexión Valtierrilla-Lazaro Cárdenas Fuga de 4"	-	-	Jet Fire	177.73	61.85	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 177.73 m, se pueden observar el uso de suelo de "Agricultura de temporal anual", así como cultivos incluido el de aguacate, en una zona que se extiende en los 4 puntos cardinales, escenario incluye una porción de la UGA forestal como de la UGA agrícola, solo se cuenta con caminos de terracería, es evidente la presencia de ductos subterráneos, cabe agregar que los escurrimientos más cercanos rodean desde la parte norte hacia la oeste sin tocar el predio cable aclarar que en este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 61.85 m, se pueden observar el uso de suelo de "Agricultura de temporal anual", incluye una porción de la UGA forestal como de la UGA agrícola el escenario modelado abarca cultivos y arbolado dentro de la distancia indicada, se incluyen los caminos de terracería y división de lindero. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>

TABLA 31 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)	1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)
ECPM-PC-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Ruptura de línea de 12"	-	-	Jet Fire	520.66	91.20	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 520.66 m, se pueden observar el uso de suelo de "Agricultura de temporal anual", "Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino", "Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino", así como zonas de cultivos incluido el de aguacate extendido en los 4 puntos cardinales; el escenario incluye una porción de la UGA forestal con individuos arbóreos, así como la UGA agrícola, por otro lado, se pueden observar construcciones dispersas y no congregados hacia el noreste. Se identifica acueducto en la parte norte de la zona de amortiguamiento, dentro del área solo se cuenta con caminos de terracería, es evidente la presencia de ductos subterráneos en la zona.</p> <p>Los escurrimientos más cercanos rodean desde la parte norte hacia la oeste sin tocar el predio, se debe señalar que hacia el sur del mismo se observa una línea de transmisión Eléctrica. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 91.20 m se pueden observar el uso de suelo de "Agricultura de temporal anual", incluye una porción de la UGA forestal como de la UGA agrícola, se debe señalar que existen predios utilizados para actividades agrícolas y de pastoreo, así como un 80% de las instalaciones quedan dentro del escenario.</p> <p>No existen asentamientos ni construcciones dispersas en los alrededores, sin embargo, al sur existe un cultivo que queda dentro de este escenario. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
ECPM-CMP-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Fuga de 2.4"	-	-	Jet Fire	116.50	43.95	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 116.50 m, se pueden observar el uso de suelo de "Agricultura de temporal anual", se debe agregar la presencia de cultivos incluido el de aguacate, en una zona que se extiende en los 4 puntos cardinales, el escenario incluye una porción de la UGA forestal como de la UGA agrícola, solo se cuenta con un camino de terracería, es evidente la presencia de ductos subterráneos, cabe agregar que los escurrimientos más cercanos rodean desde la parte norte hacia la oeste sin tocar el predio cable aclarar que en este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	<p>El radio de afectación de 43.95 m, queda inmerso en un 95% en el predio, por lo cual no existe afectación externa.</p>

TABLA 31 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)	1.4 kW/ m ² (m)	0.5 Psi (m)
ECPM-PC-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Ruptura de línea de 12"	-	-	Jet Fire	537.30	33.18	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 537.30 m, se pueden observar el uso de suelo de "Agricultura de temporal anual", "Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino", "Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino", así como zonas de cultivos incluido el de aguacate extendido en los 4 puntos cardinales; el escenario incluye una porción de la UGA forestal con individuos arbóreos, así como la UGA agrícola, por otro lado, se pueden observar construcciones dispersas y no congregados hacia el noreste, dentro del área solo se cuenta con caminos de terracería, es evidente la presencia de ductos subterráneos en la zona.</p> <p>Los escurrimientos más cercanos rodean desde la parte norte hacia la oeste sin tocar el predio, se debe señalar que hacia el sur del mismo se observa una línea de transmisión Eléctrica. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	El radio de afectación de 33.18 m, queda inmerso en un 100% en el predio, por lo cual no existe afectación externa.
ECPM-CMP-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Fuga de 2.4"	-	-	Jet Fire	120.34	34.92	<p>La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 120.34 m, se pueden observar el uso de suelo de "Agricultura de temporal anual", se debe agregar la presencia de cultivos incluido el de aguacate, en una zona que se extiende en los 4 puntos cardinales, el escenario incluye una porción de la UGA forestal como de la UGA agrícola, solo se cuenta con un camino de terracería, es evidente la presencia de ductos subterráneos, cabe agregar que los escurrimientos más cercanos rodean desde la parte norte hacia la oeste sin tocar el predio cable aclarar que en este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	El radio de afectación de 34.92 m, queda inmerso en un 100% en el predio, por lo cual no existe afectación externa.

Fuente: INEGI, 2020.

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022.

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 PSSL 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 contará la estación son los siguientes:

- **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.
- **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 atmósfera.
- **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.1.2 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 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 **347 escenarios de riesgos** y **1,388 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
 - 29 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 37 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 281 evaluaciones en riesgo tipo C
- Riesgo al medio ambiente
 - 5 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 44 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 298 evaluaciones en riesgo tipo C
- Riesgo a la población
 - 10 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 78 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 259 evaluaciones en riesgo tipo C
- Riesgo a la instalación y/o Producción
 - 3 evaluaciones en riesgo tipo A
 - 80 evaluaciones en riesgo tipo B
 - 264 evaluaciones en riesgo tipo C

De los 347 escenarios de posibles, se consideraron 63 escenarios para realizar el análisis cuantitativo, agrupándose en:

- ECPM-PC-01
- ECPM-CMP-01

- ECPM-PC-02
- ECPM-CMP-02
- ECPM-PC-03
- ECPM-CMP-03
- ECPM-CA-01

El peor escenario probable es ECPM-PC-01 "Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 20", 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 412 m, en caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 26.15 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 412.68 m, con pérdidas económicas por paro temporal de actividades.

Es importante mencionar que también se tiene como peor escenario el ECPM-CA-01 "Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea 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 487.97 m, en caso de explosión hay daños considerables a la salud e integridad física del personal en un radio 26.15 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 487.97 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 5 sistemas y un total de 347 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".
- 298 escenarios corresponden a nivel de riesgo tolerable "C".

La posible afectación del peor caso, se tiene los siguientes resultados:

Interconexión Valtierra-Lázaro Cárdenas Ruptura de línea de 20". La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 787.16 m, se pueden observar usos de suelo agropecuarios, así como cultivos incluido el de aguacate extendido en los 4 puntos cardinales; el escenario incluye una porción de la UGA forestal como la agrícola, por otro lado, se pueden observar asentamientos humanos dispersos y no congregados hacia el noreste. Se identifica acueducto en la parte norte de la zona de amortiguamiento, dentro del área solo se cuenta con caminos de terracería, es evidente la presencia de ductos subterráneos en la zona.

Los escurrimientos más cercanos rodean desde la parte norte hacia la oeste sin tocar el predio, se debe señalar que hacia el sur del predio se observa una línea de transmisión Eléctrica. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La afectación se restringe a los predios ubicados dentro del radio de 36.54 m a la redonda de la interconexión Valtierra - Lázaro Cárdenas.

Solo existen predios utilizados para actividades agrícolas propias de la región, cultivos y caminos de terracería, así como la Válvula de interconexión del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural.

No existen asentamientos humanos dentro del radio 0.5 Psi de sobrepresión. En este radio no se identificaron especie bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

IV.3 INFORME TÉCNICO

En la **Tabla 32** se observan las sustancias manejadas en cada escenario de riesgo.

TABLA 32 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 (lb/h)	Almacenamiento (Ton)	
1	ECPM-PC-01	Metano	74-82-8			X		X	4.59*10 ⁵	En el proyecto no se tiene contemplado el almacenamiento	En el proyecto no se tiene contemplado el almacenamiento
2	ECPM-CMP-01	Metano	74-82-8			X		X	4.59*10 ⁵		
3	ECPM-PC-02	Metano	74-82-8			X		X	2.30*10 ⁵		
4	ECPM-CMP-02	Metano	74-82-8			X		X	2.30*10 ⁵		
5	ECPM-PC-03	Metano	74-82-8			X		X	2.30*10 ⁵		
6	ECPM-CMP-03	Metano	74-82-8			X		X	2.30*10 ⁵		
7	ECPM-CA-01	Metano	74-82-8			X		X	4.59*10 ⁵		

Fuente: HDS Gas Natural
Análisis: CSIPA, S.A. d C.V., 2022.

Los antecedentes de fugas y explosiones con gas natural, se muestran en la **Tabla 33 Antecedentes de fugas y explosiones**

TABLA 33 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 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)
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)
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 re calibración 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 33 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	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., 2022.

En la **Tabla 34** se muestra la identificación y jerarquización de los riesgos ambientales.

TABLA 34 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	ECPM-CMP-01	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 20"	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural
2	ECPM-CMP-01	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Fuga de 4"	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural
3	ECPM-PC-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Ruptura de línea de 12"	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural
4	ECPM-CMP-02	Descarga de CAE 310 A/B/C Fuga de 2.4"	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural
5	ECPM-PC-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Ruptura de línea de 12"	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural
6	ECPM-CMP-03	Línea de descarga de HAL 410/420/430 Fuga de 2.4"	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural
7	ECPM-CMP-01	Interconexión Valtierra-Lazaro Cárdenas Ruptura de línea de 24"	x	-	x	x	Tubería u otro accesorio	¿Qué pasa sí? Análisis de consecuencias	Aire – por gases de combustión Emisión de Gas Natural

Análisis: CSIPA, S.A. de C.V., 2022

La estimación de las consecuencias de este proyecto se representa en la **Tabla 35**

TABLA 35 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	ECPM-PC-01		X	1,215.04	Kg/s	Gas				X		Phast 8.4	26.15	412.68
2	ECPM-CMP-01		X	4.6016	Kg/s	Gas				X		Phast 8.4	41.57	92.31
3	ECPM-PC-02		X	510.131	Kg/s	Gas				X		Phast 8.4	34.10	272.45
4	ECPM-CMP-02		X	20.4052	Kg/s	Gas				X		Phast 8.4	20.07	60.20
5	ECPM-PC-03		X	535.615	Kg/s	Gas				X		Phast 8.4	16.88	281.19
6	ECPM-CMP-03		X	21.4246	Kg/s	Gas				X		Phast 8.4	17.39	62.20
7	ECPM-CA-01		X	1,215.04	Kg/s	Gas				X		Phast 8.4	26.15	487.97

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. 2022

En la **Tabla 36**, se observa, la información utilizada para las simulaciones.

TABLA 36 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	ECPM-PC-01	N/D	N/D	1.5	F	36.54	26.15	787.16	412.68	Jet fire
2	ECPM-CMP-01	N/D	N/D	1.5	F	61.85	41.57	177.73	92.31	Jet fire
3	ECPM-PC-02	N/D	N/D	1.5	F	91.20	34.10	520.66	272.45	Jet fire
4	ECPM-CMP-02	N/D	N/D	1.5	F	43.95	20.07	116.50	60.20	Jet fire
5	ECPM-PC-03	N/D	N/D	1.5	F	33.18	16.88	537.30	281.19	Jet fire
6	ECPM-CMP-03	N/D	N/D	1.5	F	34.92	17.39	120.34	62.20	Jet fire
7	ECPM-CA-01	N/D	N/D	1.5	F	36.54	26.15	929.88	487.97	Jet fire

Análisis: CSIPA. S.A. de C.V., 20222

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 "Administración de riesgo".

- Catálogo de escenarios
- Jerarquización de riesgos

Anexo D "Análisis de Consecuencias"

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