



**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL**

PROYECTO
“GASODUCTO CORREDOR NORTE”

PREPARADA POR:
GASODUCTO CORREDOR NORTE, S.A.P.I. DE C.V.

PREPARADA PARA:
**AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y
DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR
HIDROCARBUROS**

SEPTIEMBRE, 2024



CAPÍTULO I

OBJETIVO

ÍNDICE

I. OBJETIVO I-1

I. OBJETIVO

La evaluación del presente Estudio de Riesgo es de competencia de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (Agencia o ASEA); y está realizado para el proyecto “Gasoducto Corredor Norte”; de la empresa Gasoducto Corredor Norte, S.A.P.I de C.V.

Es importante mencionar, que el Estudio de Riesgo es un instrumento de carácter preventivo mediante la aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas de manejo a las tareas de análisis, evaluación y control de riesgos; con el fin de proteger a la sociedad y al ambiente; anticipando la posibilidad de liberaciones accidentales en las instalaciones de sustancias consideradas como peligrosas; y evalúa su impacto potencial, de manera tal, que éste pueda prevenirse o mitigarse requiriendo como mínimo:

- ⊕ Reconocimiento de posibles riesgos;
- ⊕ Evaluación de posibles eventos peligrosos y la mitigación de sus consecuencias, y
- ⊕ Determinación de medidas apropiadas para la reducción de estos riesgos.

El Estudio de Riesgo no tan sólo comprende la evaluación de la probabilidad de que ocurran accidentes que involucren a los materiales peligrosos, sino también la determinación de las medidas para prevenirlos, así como bases para elaborar y establecer un plan de emergencia interno.

Considerando las premisas anteriores, los objetivos del presente Estudio de Riesgo consideran un objetivo inmediato y un objetivo fundamental, los cuales están enfocados en lo siguiente:

- ⊕ El objetivo inmediato del Estudio de Riesgo tiene la función de coadyuvar en la toma de decisiones. Para ello, sus resultados se presentan con un orden lógico, de forma objetiva y fácilmente comprensible. Además de identificar, prevenir e interpretar los efectos que un proyecto puede tener en la sociedad y el ambiente; y para este caso en particular, es el de detectar los riesgos que se puedan presentar a raíz del diseño del Proyecto.
- ⊕ El objetivo fundamental de la evaluación del Estudio de Riesgo es el de definir y proponer la adopción de un conjunto de medidas preventivas que permitan prevenir o incluso evitar los riesgos a la sociedad y al ambiente.

El Estudio de Riesgo está compuesto por dos partes; aquella en donde se emplea una serie de metodologías de tipo cualitativo y cuantitativo, para identificar y jerarquizar riesgos; y la otra parte conocida como análisis de consecuencias en donde se utilizan modelos matemáticos de simulación para cuantificar y estimar dichas consecuencias. En síntesis, este proceso multidisciplinario constituye la etapa previa (con bases científicas, técnicas, socioculturales, económicas y jurídicas), a la toma de decisiones acerca de la puesta en operación del Proyecto.

Con lo anterior, el Estudio de Riesgo del Proyecto permitirá establecer propuestas de acciones de protección al ambiente y de prevención de accidentes que pudieran producirse durante el desarrollo del mismo.

CAPÍTULO II

ALCANCE

ÍNDICE

II. ALCANCE.....	II-1
------------------	------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Matriz de contenido de Estudio de Riesgo.....	II-1
Tabla II.2 Ubicación respecto con los cadenamientos de los componentes del Proyecto.	II-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Ubicación del Gasoducto Corredor Norte	II-3
--	------

II. ALCANCE

El presente Estudio de Riesgo se realizó con el apoyo de la “Guía para la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (Guía-ARSH)” que tiene como referencia, que la aplicación de esta guía puede ser utilizada para los que pretendan o lleven a cabo las actividades a las que se refiere el artículo 3º, fracción XI, de la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos. Este instrumento podrá ser utilizado para la elaboración del Análisis de Riesgo requerido en la regulación emitida por la Agencia, así como también en el Estudio de Riesgo (ER) y Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) a los que se refieren respectivamente los artículos 30 y 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y los artículos 17 y 18 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Considera las etapas de diseño, construcción, operación, cierre, desmantelamiento y abandono del Proyecto; sin embargo, es importante mencionar, que se presenta el alcance, acorde a las especificaciones de la Guía-ARSH, correspondiente al ER en la etapa de diseño para el Proyecto (con una Ingeniería Básica Extendida), conforme a los puntos requeridos en la Tabla II.1.

Tabla II.1 Matriz de contenido de Estudio de Riesgo.

	ARSH	ER	ERA
Análisis preliminar de peligros	X		X
Reposicionamiento de escenarios de riesgo	X		X
Análisis de vulnerabilidad	X	X	X
Receptores de riesgo: población y medio ambiente		X	X
Afectación sobre integridad funcional de los ecosistemas		X	
Receptores de riesgo; personal e instalaciones/producción	X		
Etapas del proyecto en el que se elabora	Desde el diseño	Diseño	Operación

ARSH: Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos – ER: Estudio de Riesgo – ERA: Estudio de Riesgo Ambiental
Fuente: Guía-ARSH

Como se ha mencionado en la parte de introducción del presente ER, el proyecto “Gasoducto Corredor Norte” se ubicará en los municipios de El Fuerte y Ahome, en el estado de Sinaloa. Iniciando desde un punto ubicado al norte del municipio El Fuerte y aproximadamente correrá a lo largo de 81.045 km para entregar gas natural a la Estación Topolobampo que estará ubicada dentro de la parte marina de la ASIPONA Topolobampo en el municipio Ahome, Sinaloa. Por lo que, una vez definidos los alcances que establece la Guía-ARSH para la aplicación a este tipo de proyectos; y considerando la información proporcionada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos del Proyecto (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN) para la etapa de diseño, que fue el insumo para la elaboración del presente estudio, así como lo presentado en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R); en la siguiente tabla se muestran los componentes principales que forman parte del alcance del Proyecto y su ubicación respecto a los cadenamientos, posteriormente se presentan las coordenadas UTM Datum WGS 84 Zona 12 de cada uno de los componentes.

Tabla II.2 Ubicación respecto con los cadenamientos de los componentes del Proyecto.

Cadenamiento (aprox.)	Componente
0+000	Interconexión de 30" y 360.26 m
0+000	Interconexión de 20" y 124.35 m ¹
0+000	Estación de Compresión El Fuerte
	Trampa de envío de diablos TED-032501
0+000 al 75+441.81	Ducto terrestre del Gasoducto Corredor Norte de 30" y aproximadamente 75,442 m
75+441.80 al 81+044.89	Línea sumergida del Gasoducto Corredor Norte de 30" y aproximadamente 5,603 m
26+150	Válvula de seccionamiento MLV-010101

¹ Del 0+021.24 al 0+044.46 se encontrarán sobre el DDV existente del Gasoducto Guaymas – El Oro. La interconexión se ubicará dentro del predio de la EMRYC El Oro existente.

Cadenamiento (aprox.)	Componente
48+470	Válvula de seccionamiento MLV-010102
73+260	Válvula de seccionamiento MLV-010203
	Trampa de envío y recibo de diablos móvil TED/TRD-010201
81+044.89	Trampa de envío y recibo de diablos móvil TED/TRD-040101
	Estación Topolobampo
Cerca del 38+000	Acopio de tuberías 1
Cerca del 64+000	Acopio de tuberías 2
Cerca del 73+260	Instalación provisional 1
Cerca 75+184	Instalación provisional 2
En el trayecto del Ducto terrestre 0+000 al 75+441.81	Áreas adicionales para cruces
Estación de Compresión El Fuerte 0+000	Vialidad nueva aproximadamente 70 m

La siguiente figura muestra el arreglo general del proyecto, el plano para mejor apreciación se encuentra en el Anexo Técnico ANX-TEC-01 (1.2); y la descripción detallada del Proyecto se encuentra en el apartado V.1 del presente Estudio de Riesgo (ER).

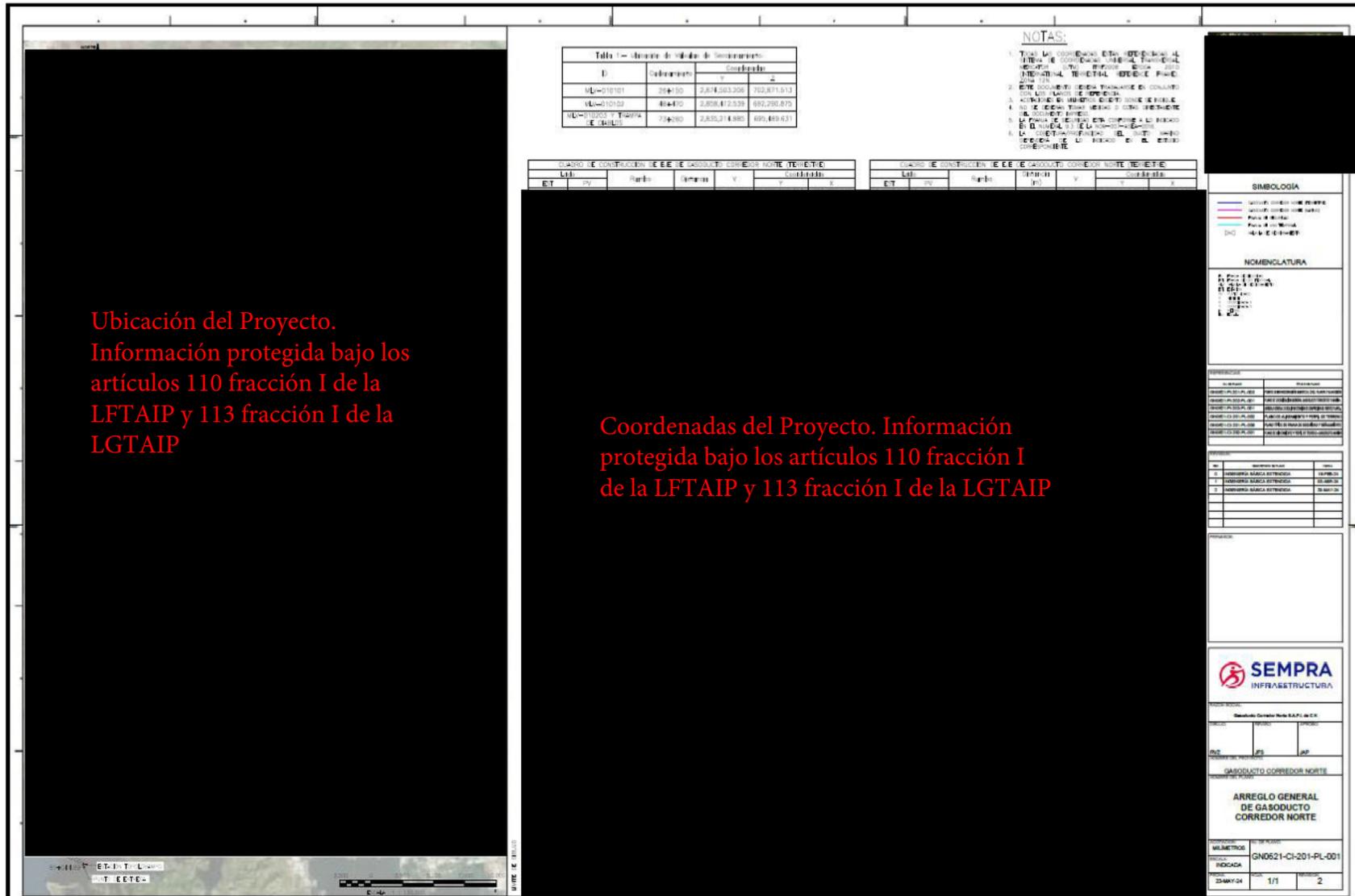


Figura II.1 Ubicación del Gasoducto Corredor Norte
Fuente: Plano GN0621-CI-201-PL-001. Arreglo general de Gasoducto Corredor Norte.

CAPÍTULO III
GENERALIDADES

ÍNDICE

III. GENERALIDADES III-1

III. GENERALIDADES

Los Regulados que elaboren el Estudio de Riesgo para dar cumplimiento a los artículos 30 y 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y a los artículos 17, primer y último párrafo, y artículo 18 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, podrán utilizar la Guía-ARSH, publicado en julio de 2020 por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).

Considerando lo anterior, para la elaboración del presente Estudio de Riesgo aplicable al proyecto “Gasoducto Corredor Norte”; se utilizaron los numerales aplicables al Estudio de Riesgo considerados en los apartados del Capítulo 5 de la Guía-ARSH; los cuales son:

5. Contenido del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos.
 - 5.1. Descripción del proyecto.
 - 5.1.2. Transporte por ducto.
 - 5.2. Descripción del proceso.
 - 5.3. Descripción del entorno.
 - 5.3.2. Transporte por ducto.
 - 5.4. Análisis y evaluación de riesgos.
 - 5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.
 - 5.4.1.1. Análisis preliminar de peligros. No aplica
 - 5.4.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares,
 - 5.4.1.3. Identificación de peligros y escenarios de riesgo,
 - 5.4.1.4. Jerarquización de escenarios de riesgo.
 - 5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo.
 - 5.4.2.1. Análisis de frecuencias.
 - 5.4.2.2. Análisis de consecuencias.
 - 5.5. Representación en planos de los radios potenciales de afectación.
 - 5.6. Análisis de vulnerabilidad e interacciones de riesgo.
 - 5.6.1. Análisis de vulnerabilidad.
 - 5.6.2. Interacción de riesgo.
 - 5.7. Reposicionamiento de escenarios de riesgos. No aplica
 - 5.8. Sistemas de seguridad y medidas para administrar los escenarios de riesgo.
 - 5.8.1. Sistemas de seguridad.
 - 5.8.2. Medidas preventivas.
 - 5.8.3. Recomendaciones técnico-operativas.
 - 5.9. Conclusiones.
 - 5.10. Resumen ejecutivo.

Considerando la Guía-ARSH, se ratifica que el nivel de ingeniería para la elaboración del presente Estudio de Riesgo para el Sector Hidrocarburos será conforme a la etapa del Proyecto en la que se encuentra, que es la etapa de Diseño y es a nivel de Ingeniería Básica Extendida.

De igual forma, los receptores de riesgo considerados serán únicamente los referentes al Sistema Ambiental, es decir población y medio ambiente, tomando en cuenta las afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas.

CAPÍTULO IV

DEFINICIONES

ÍNDICE

IV. DEFINICIONES.....IV-1

IV. DEFINICIONES

Para efectos de la aplicación e interpretación del Estudio de Riesgo, se utilizarán los conceptos y definiciones, en singular o plural, previstas en la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, la Ley de Hidrocarburos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Reglamento Interior de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, el Reglamento de la Ley de Hidrocarburos, el Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como las Normas Oficiales Mexicanas y Disposiciones Administrativas de Carácter General emitidas por la ASEA.

A continuación, se presentan las definiciones utilizadas en el presente Estudio de Riesgo:

1. Amenaza: Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al personal, población, medio ambiente, Instalación, producción, otro.

2. Caso alterno: Es el evento creíble de una liberación accidental de una Sustancia peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al “peor caso” ni al “caso más probable”.

3. Caso más probable: Con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de una sustancia peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.

4. Efecto dominó: También conocido como encadenamiento de eventos, es un evento asociado a un incendio o explosión en una Instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares.

5. Escenario de riesgo: Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de peligros y evaluación de riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la simulación de consecuencias.

6. Estudio de Riesgo (ER): Documento que indica los escenarios de riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones al medio ambiente, de tal manera que mediante el uso de metodologías y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños al medio ambiente, tomando en cuenta las afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas, donde se pretende desarrollar un proyecto. Tiene por objetivo determinar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, verificar las vulnerabilidades que probablemente se presenten en caso de materialización de algún escenario de riesgo, así como las medidas de prevención, control, y mitigación de riesgos ambientales, o aquellas que se van a implementar para prevenir las causas o mitigar las afectaciones al medio ambiente. Se incorpora a la Modificación de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

7. Exposición: Contacto de las personas o elementos que constituyen el medio ambiente con sustancias peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación peligrosa derivado de la materialización de un escenario de riesgo.

8. IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) - Inmediatamente Peligroso para la Vida o la Salud: Es la concentración máxima en el aire de una sustancia peligrosa, a la que una persona podría escapar durante un periodo de treinta minutos sin experimentar efectos irreversibles para la salud o síntomas graves que le impidan evacuar.

9. Peor caso: Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario de sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, sin necesidad de conocer las causas ni su probabilidad de ocurrencia.

10. Proyecto: Actividad del sector hidrocarburos que se desarrolla o se pretende desarrollar en una o varias instalaciones, y que se encuentra vinculada a un permiso o autorización emitido por la Secretaría de Energía (SENER) o la Comisión Reguladora de Energía (CRE) o bien, a un Plan de Exploración o de Desarrollo para la Extracción, aprobados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH).

11. Riesgo inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de riesgos.

12. Riesgo residual: Es el riesgo remanente después del tratamiento de riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de riesgos para mitigar el riesgo inherente; el riesgo residual puede contener riesgos no identificados, también puede ser conocido como riesgo retenido; riesgo tolerable: Es el riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad;

13. Salvaguarda: Dispositivo, sistema, procedimientos o programas, entre otros, destinados a proteger la seguridad física integral de las personas, el medio ambiente o la Instalación.

14. Sistemas de seguridad: Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la Instalación y previenen situaciones que normalmente dan origen a accidentes o emergencias.

15. Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS): Es un sistema de seguridad que tiene implementadas una o más funciones de cualquier combinación de sensores (elementos primarios), controlador lógico y elementos finales.

16. Simulación: Representación de un escenario de riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas.

17. Sustancia explosiva: La que genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión de manera espontánea o por acción de alguna energía.

18. Sustancia inflamable: Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición.

19. Sustancia peligrosa: Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas y a las instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión.

20. Sustancia tóxica: Aquella que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, alteraciones al material genético o muerte.

21. TLV (Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit) (15 min, STEL) - Valor Umbral Límite-Límite de Exposición a Corto Plazo: Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de exposición.

22. TLV (Threshold Limit Value-Time Weighted Average) (8 h. TWA) - Valor Umbral Límite-Promedio Ponderada en el Tiempo: Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos.

23. Vulnerabilidad: Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este.

24. Zona de amortiguamiento para el análisis de riesgo: Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente.

25. Zona de alto riesgo para el análisis de riesgo: Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del proyecto.

CAPÍTULO V
ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

ÍNDICE

V. ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS	V-1
V.1 Descripción del Proyecto	V-1
V.1.1 Proyecto	V-1
V.1.2 Diseño del Proyecto	V-17
V.1.3 Transporte por ductos	V-95
V.2 Descripción del proceso	V-115
V.2.1 Sustancias manejadas en el Proyecto	V-115
V.2.2 Características de equipos de proceso principal y auxiliares	V-116
V.2.3 Descripción del Proceso.....	V-125
V.3 Descripción del entorno	V-161
V.3.1 Componente abiótico	V-172
V.3.2 Componente biótico del Ecosistema Terrestre del SAR	V-186
V.3.3 Componentes bióticos del Ecosistema Marino del SAR	V-224
V.3.4 Susceptibilidad de riesgos para el Proyecto	V-230
V.3.5 Evaluación de proximidades a 500 metros	V-240
V.4 Análisis y evaluación de riesgos.....	V-250
V.4.1 Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo	V-250
V.4.2 Aspectos para tratar en los análisis de riesgos.....	V-253
V.4.3 Metodologías utilizadas.....	V-254
V.4.4 Jerarquización de escenarios de riesgo.....	V-266
V.4.5 Análisis cuantitativo de riesgo	V-268
V.5 Representación en planos de los radios potenciales de afectación	V-278
V.6 Análisis de vulnerabilidad e interacciones de riesgo	V-279
V.6.1 Análisis de vulnerabilidad.....	V-279
V.6.2 Interacciones de riesgo	V-292
V.7 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo	V-295
V.8 Sistemas de seguridad y medidas para administrar los escenarios de riesgo	V-299
V.8.1 Sistemas de seguridad.....	V-299
V.8.2 Medidas preventivas	V-310
V.8.3 Recomendaciones técnico-operativas	V-326
V.9 Resumen Ejecutivo.....	V-333
V.10 Conclusiones	V-334

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1 Válvulas de seccionamiento del gasoducto	V-13
Tabla V.2 Resistencia del concreto en obras civiles	V-20
Tabla V.3 Profundidad mínima de ductos enterrados	V-27
Tabla V.4 Coordenadas del ducto	V-95
Tabla V.5 Especificaciones del ducto	V-96
Tabla V.6 Clase de Localización	V-96
Tabla V.7 Diseño del sistema de protección catódica: Rectificadores	V-99
Tabla V.8 Diseño del sistema de protección catódica: Camas anódicas	V-99
Tabla V.9 Postes de medición tubo/suelo	V-99
Tabla V.10 Cruzamientos	V-101
Tabla V.11 Postes de señalización	V-105
Tabla V.12 Profundidad, sistema de protección (recubrimiento anticorrosivo).....	V-110
Tabla V.13 Información Técnica.....	V-114
Tabla V.14 Resumen de sustancias peligrosas manejadas en el Proyecto	V-115
Tabla V.15 Características de equipos principales del Proyecto	V-116
Tabla V.16 Características de equipos auxiliares del Proyecto	V-119
Tabla V.17 Presiones y temperaturas de operación normal en MLV	V-153
Tabla V.18 Datos de presión y flujo en la Estación de Compresión El Fuerte y Estación Topolobampo ...	V-153
Tabla V.19 Principales climas	V-172
Tabla V.20 Temperaturas promedio.....	V-172
Tabla V.21 Velocidad del viento promedio.....	V-173
Tabla V.22 Humedad relativa media	V-174
Tabla V.23 Presión atmosférica	V-174
Tabla V.24 Tipos geológicos existentes en el Área de Influencia.....	V-175
Tabla V.25 Geomorfología o Elevaciones en el Área de Influencia.....	V-178
Tabla V.26 Unidades edafológicas existentes en el Área de Influencia.....	V-180
Tabla V.27 Usos de Suelo y Vegetación en el Área de Influencia.....	V-188
Tabla V.28 Uso de suelo y vegetación.....	V-189
Tabla V.29 Especies presentes en los diferentes tipos de muestreos.	V-192
Tabla V.30 Especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2019)	V-194
Tabla V.31 Especies endémicas registradas en campo	V-194
Tabla V.32 Especies registradas en campo listadas en alguno de los apéndices de CITES.....	V-195
Tabla V.33 Especies registradas en campo listadas en alguno de los apéndices de UICN	V-196
Tabla V.34 Especies registradas en campo listadas como especies Prioritarias para la Conservación.....	V-196
Tabla V.35 Resumen de indicadores ecológicos de diversidad obtenidos en el Matorral Sarcocaulle por área.....	V-196
Tabla V.36 Resumen de indicadores ecológicos de riqueza y abundancia en Matorral Sarcocaulle. ...	V-197
Tabla V.37 Resumen de indicadores ecológicos de diversidad obtenidos en la Vegetación de Galería por área de estudio.....	V-199
Tabla V.38 Resumen de indicadores ecológicos de riqueza y abundancia en Vegetación de Galería.....	V-199
Tabla V.39 Resumen de indicadores ecológicos de diversidad obtenidos en la Vegetación Halófila Xerófila por área de estudio.....	V-201
Tabla V.40 Resumen de indicadores ecológicos de riqueza y abundancia en Vegetación Halófila Xerófila.....	V-201
Tabla V.41 Porcentaje de afectación del Proyecto por lugar y tipo de vegetación.....	V-203
Tabla V.42 Herpetofauna registrada en campo.....	V-205
Tabla V.43 Aves registradas en campo.....	V-206
Tabla V.44 Mamíferos registrados en campo.....	V-210
Tabla V.45 Especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	V-214
Tabla V.46 Especies endémicas registradas en campo.....	V-215

Tabla V.47 Especies registradas en campo listadas en alguno de los apéndices de CITES.....	V-216
Tabla V.48 Especies registradas en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la lista roja de la UICN.....	V-217
Tabla V.49 Especies registradas en campo que se encuentran, en la lista de especies prioritarias para la conservación del Programa de Conservación de Especies en Riesgo.	V-217
Tabla V.50 Índice de diversidad totales por Uso de Suelo y Vegetación.	V-219
Tabla V.51 Índices de diversidad grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación para el Ecosistema Terrestre del SAR.....	V-220
Tabla V.52 Índice de diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación para el Área de Influencia.	V-222
Tabla V.53 Índice de diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación para el Área del Proyecto.....	V-223
Tabla V.54 Especies de algas identificadas.....	V-224
Tabla V.55 Especies de algas identificadas y su estatus de protección.....	V-225
Tabla V.56 Presencia-ausencia de vegetación por lugar de monitoreo.	V-226
Tabla V.57 Especies de mamíferos marinos observados y su estatus de protección.....	V-227
Tabla V.58 Especies de invertebrados identificados y su estatus de protección.	V-228
Tabla V.59 Especies de peces observadas por sitio de monitoreo, su estatus de protección e importancia pesquera.....	V-229
Tabla V.60 Especies de mamíferos marinos identificadas.	V-230
Tabla V.61 Sismos registrados del año 1900 a 2024.	V-231
Tabla V.62 Ubicación de fallas y fracturas.....	V-232
Tabla V.63 Índice de peligro por inundaciones.....	V-235
Tabla V.64 Degradación de suelos.....	V-235
Tabla V.65 Fenómenos meteorológicos extremos en un radio de 50 km.....	V-236
Tabla V.66 Grado de riesgo por ciclones tropicales.....	V-237
Tabla V.67 Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población entorno a franja de 800 metros.....	V-240
Tabla V.68 Proximidades y cruzamientos con componentes ambientales franja de 800 metros a ambos lados del DDV.....	V-242
Tabla V.69 Proximidades con infraestructura en el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados.....	V-245
Tabla V.70 Uso de suelo.....	V-249
Tabla V.71 Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares.....	V-251
Tabla V.72 Metodologías de Análisis de Riesgo.....	V-253
Tabla V.73 Lista de nodos.....	V-254
Tabla V.74 Desviaciones analizadas en cada nodo del HazOp.....	V-259
Tabla V.75 Desviaciones analizadas en cada nodo del ¿Qué pasa si...?.....	V-262
Tabla V.76 Frecuencias de eventos finales.....	V-265
Tabla V.77 Escenarios que cumplen con el análisis de frecuencias.....	V-269
Tabla V.78 Datos de confiabilidad.....	V-271
Tabla V.79 Datos para cálculo de volumen entrampado.....	V-274
Tabla V.80 Resultados de radios de afectación, por cada escenario de riesgo evaluado.....	V-276
Tabla V.81 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 1).....	V-280
Tabla V.82 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 2).....	V-281
Tabla V.83 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 3).....	V-282
Tabla V.84 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 4).....	V-283
Tabla V.85 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 5).....	V-284
Tabla V.86 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 6).....	V-285
Tabla V.87 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 7).....	V-286
Tabla V.88 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 8).....	V-286
Tabla V.89 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 9).....	V-287
Tabla V.90 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 10).....	V-288
Tabla V.91 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 11).....	V-289
Tabla V.92 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 12).....	V-290
Tabla V.93 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 13 Efecto dominó).....	V-291

Tabla V.94 Interacciones de riesgo y descripción de los posibles receptores.....	V-292
Tabla V.95 Reposicionamiento de escenarios	V-295
Tabla V.96 Normas y criterios técnicos empleados	V-318
Tabla V.97 Recomendaciones Técnico-Operativas	V-326
Tabla V.98 Programa para la implementación de las recomendaciones.....	V-330
Tabla V.99 Válvulas de seccionamiento del gasoducto.....	V-335
Tabla V.100 Recomendaciones técnico-operativas.....	V-337
Tabla V.101 Criterios de la zona de riesgo y amortiguamiento	V-338

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura V.1 Localización del Proyecto en el Estado de Sinaloa, municipios de Ahome y El Fuerte.....	V-161
Figura V.2 Área del Proyecto.	V-162
Figura V.3 Área de Influencia.	V-163
Figura V.4 Ubicación del Área del Proyecto y el sistema lagunar Santa María – Topolobampo - Ohuirá. V-164	V-164
Figura V.5 Ecosistema Costero (línea naranja) que se proyecta tierra dentro a partir del litoral costero. ..V-164	V-164
Figura V.6 Delimitación de las Subcuencas y Microcuencas hidrológicas que inciden en el Ecosistema costero (en su porción continental).	V-165
Figura V.7 Selección de los parteaguas de las mayores elevaciones aledañas al Área del Proyecto. V-166	V-166
Figura V.8 Selección de los polígonos que inciden en el Área de Influencia.	V-166
Figura V.9 Zonas de Manglar y sitio RAMSAR clave 2025 dentro del área resultante.	V-167
Figura V.10 Ecosistema Terrestre del SAR.	V-167
Figura V.11 Fuentes de aporte de material sedimentario y sentido de la dispersión del sedimento.....	V-168
Figura V.12 Celda litoral.	V-169
Figura V.13 Ecosistema costero y su proyección a la cota batimétrica -10 m.....	V-169
Figura V.14 Ecosistema Marino del SAR.	V-170
Figura V.15 Sistema Ambiental Regional.....	V-171
Figura V.16 Rosa de vientos de los municipios de El Fuerte y Ahome en el estado de Sinaloa	V-174
Figura V.17 Porcentaje de las categorías de abundancia relativa.....	V-211
Figura V.18 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en campo	V-212
Figura V.19 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR	V-212
Figura V.20 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Área de Influencia	V-213
Figura V.21 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Área del Proyecto.....	V-213
Figura V.22 Regionalización sísmica	V-231
Figura V.23 Fallas y fracturas geológicas	V-232
Figura V.24 Riesgos potenciales de deslizamientos.....	V-233
Figura V.25 Municipios que han presentado hundimientos o agrietamientos	V-234
Figura V.26 Índice de peligro por inundación.....	V-234
Figura V.27 Trayectoria de fenómenos meteorológicos extremos.	V-237
Figura V.28 Grado de riesgo por ciclones tropicales	V-237
Figura V.29 Grado de peligro por sequía	V-238
Figura V.30 Número de días con heladas por municipio	V-239
Figura V.31 Índice de peligro por tormentas de granizo	V-240
Figura V.32 Matriz de Riesgos	V-266
Figura V.33 Jerarquización por receptor individual	V-267
Figura V.34 Jerarquización por receptor individual	V-267
Figura V.35 Posición de cada uno de los escenarios jerarquizados	V-268

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa V.1 Inserción del Proyecto dentro del SAR.....	V-171
Mapa V.2 Geología del Área de Influencia.....	V-176
Mapa V.3 Geomorfología o Elevaciones en el Área de Influencia.....	V-178
Mapa V.4 Unidades edafológicas existentes en el Área de Influencia.....	V-181
Mapa V.5 Provincia Florística donde se ubica el Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto.....	V-187
Mapa V.6 Usos de Suelo y Vegetación en el Área de Influencia.....	V-187
Mapa V.7 Usos de suelo y Vegetación obtenidos del análisis de información de campo para el Ecosistema Terrestres del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto.....	V-188
Mapa V.8 Ubicación de Área de Influencia dentro de la Provincia Biótica Sinaloense.....	V-204

V. ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

V.1 Descripción del Proyecto

V.1.1 Proyecto

El proyecto que desarrollará Gasoducto Corredor Norte, S.A.P.I. de C.V. (GCN) se denomina “Gasoducto Corredor Norte” (Proyecto) y consiste en la Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento de un Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN) en los municipios de El Fuerte y Ahome, en el estado de Sinaloa.

El Proyecto tiene por objeto transportar gas natural mediante un gasoducto de 30” de diámetro con una capacidad de diseño de hasta 700 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD), que iniciará en la interconexión con la existente Estación de Medición Regulación y Control El Oro (EMRyC El Oro) la cual forma parte del Sistema de Transporte Guaymas - El Oro propiedad de Gasoducto de Aguaprieta, S. de R.L. de C.V. El Proyecto tendrá una longitud estimada de 81.045 km. Se compondrá de un Ducto terrestre¹ de aproximadamente 75.442 km, así como de una Línea sumergida² con una longitud estimada de 5.603 km, además de la infraestructura requerida para el funcionamiento de un sistema de esta naturaleza (válvulas de seccionamiento, estación de compresión, trampas de diablos, entre otros). Se prevé que la mayor parte del trazo de la Línea sumergida sea instalado fuera y en paralelo al canal de navegación secundario de la Administración del Sistema Portuario Nacional en Topolobampo (ASIPONA Topolobampo), su tramo final, de aproximadamente 1.3 km, se insertará en áreas que conforman el recinto portuario de Topolobampo, cuya administración se encuentra a cargo de la ASIPONA.

El STGN terminará en la futura Estación Topolobampo, la cual se instalará en una plataforma marina (conocida como “*Jetty*”), dicha plataforma será parte de la Infraestructura Marina Auxiliar de un sistema de licuefacción de gas natural instalado en una Unidad Flotante de Gas Natural Licuado, (FLNG Unit, por sus siglas en inglés o Unidad FLNG), que será promovido por la empresa Vista Pacífico LNG, S.A.P.I. de C.V. (VPLNG), y se ubicará en el área marina de la ASIPONA Topolobampo, en el municipio Ahome, Sinaloa. Cabe destacar que el sistema de licuefacción de gas natural que será promovido por VPLNG, no forma parte del presente estudio, es decir, el presente análisis de evaluación de impacto y riesgo ambiental corresponde exclusivamente al Proyecto del STGN en términos de lo que dispone la Ley de Hidrocarburos y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

GCN pretende transportar gas natural en la Región Noroeste de la República Mexicana para uso de mercados de México, así como la exportación en mercados internacionales como Asia, Sudamérica y el resto del mundo, por lo cual se pretende desarrollar el Proyecto en mención.

El gas natural que será suministrado a la Estación de Compresión El Fuerte ubicada en el cadenamiento 0+000, será proveniente de dos interconexiones³ dentro de la EMRyC El Oro, estación existente propiedad del Gasoducto Guaymas – El Oro:

- ⊕ Interconexión de 30”, tendrá una longitud aproximada de 360.26 m con un flujo de diseño de 550 MMPCD, un flujo máximo operativo de 510 MMPCD y una presión de diseño de 1,453 psig.
- ⊕ Interconexión de 20”, tendrá una longitud aproximada de 124.35 m con un flujo de diseño de 230 MMPCD, un flujo máximo operativo de 210 MMPCD y una presión de diseño de 1,453 psig.

La Estación de Compresión El Fuerte recibirá el gas natural con el objetivo de aumentar su presión y de esta forma la molécula pueda ser transportada hasta el punto de entrega. La Estación de Compresión El Fuerte comprimirá el gas natural para seguir su transporte a través de la línea regular del Proyecto. La estación contará con un sistema de compresión compuesto de tres turbocompresores en arreglo 2+1, contará con un flujo de diseño de 350 MMPCD y un flujo máximo de operación de 325 MMPCD por cada turbocompresor, mientras que la presión de diseño será de 1,453 psig.

¹ En los documentos técnicos se puede encontrar como Tramo o sección terrestre.

² En los documentos técnicos se puede encontrar como Ducto Marino, Tramo Marino o sección marina.

³ En los documentos técnicos se puede encontrar como interconexión Guaymas – El Oro y Guaymas El oro 2.

De manera general la Estación de Compresión El Fuerte incluirá un sistema de medición, regulación y control por cada punto de suministro, sistema de medición de la calidad del gas natural, filtros coalescentes, compresores de gas impulsados por turbinas de gas, sistema de enfriamiento, válvulas de control y bloqueo, sistema eléctrico, generador de emergencia con motor a gas (incluyendo filtros de gas combustible medición y regulación), sistema de generación conformado por 3 generadores (eventualmente pudiera instalarse otra tecnología de generación que proporcione la energía eléctrica necesaria para la operación continua y segura de las instalaciones, tal como sistemas fotovoltaicos, acometidas eléctricas, termo generadores, sistema Stirling, entre otros), sistema de fuerza de alimentación ininterrumpida (SFI), sistemas de seguridad y paro por emergencia, sistema de fuego y gas, sistema contra incendio, edificio principal (oficina, cuarto de control, almacén y taller), caseta de acceso y monitoreo, cuarto de moto generadores, cuarto de paquetes de compresores de aire, almacén de residuos y materiales peligrosos. A la salida de la Estación de Compresión El Fuerte se contará con la Trampa de envío de diablos TED-032501 para limpieza e inspección de la integridad del gasoducto.

A la salida de la Estación de Compresión El Fuerte (0+000) iniciará la línea regular del STGN, la cual será de 30” de diámetro con una longitud de aproximadamente 81.045 km y con una capacidad de flujo máximo de operación de 650 MMPCD, así como una presión de diseño de 1,453 psig, dicha línea regular contará con el Ducto Terrestre y la Línea sumergida, los cuales contarán con una longitud aproximada de 75.442 km y 5.603 km respectivamente.

La línea regular contará con un ancho total de Derecho de Vía (DDV)⁴ de 25 m, el cual estará considerando 14 m de DDV permanente (DDVp) y 11 m de DDV temporal (DDVt). Entre el cadenamiento 65+322.88 al 73+154.81, se tendrán 11 m adicionales de DDVt para un total de 36 m de DDV en ese segmento, de esta manera se contará con el espacio requerido para la Construcción y Operación y mantenimiento del Proyecto.

El gasoducto estará diseñado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 “Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos”, el código ASME B 31.8 última edición “*Gas Transmission and Distribution Piping Systems*” y de acuerdo con los requisitos de diseño del API RP 1111 “Design, Construction, Operation, and Maintenance of Offshore Hydrocarbon Pipelines”

A lo largo del Ducto terrestre se instalarán 3 válvulas de seccionamiento MLV–010101 /010102 / 010203 en los cadenamientos 26+150, 48+470 y 73+260, respectivamente. Estas válvulas permitirán el aislamiento de diversos tramos del Proyecto con el objetivo de minimizar el impacto al medio ambiente y brindar seguridad en caso de rupturas de la tubería y de venteos programados.

Eventualmente, la ubicación definitiva del gasoducto y las válvulas de seccionamiento podría diferir en términos no significativos de las ubicaciones anteriormente señaladas, esto en función de los ajustes finales que pueda sufrir el diseño del Proyecto previo a su construcción, y relacionado también con las negociaciones con los propietarios para la adquisición de la tierra donde serán construidos estos componentes del Proyecto.

Las válvulas de seccionamiento contarán con un sistema de energía eléctrica independiente (moto generadores a gas), o bien la tecnología que en su momento se defina como suministro principal de energía eléctrica que proporcione la capacidad necesaria para la operación continua y segura de las instalaciones, tal como sistemas fotovoltaicos, acometidas eléctricas, termo generadores, sistema Stirling, etc., así como un sistema SFI sistema de fuerza ininterrumpible con su respectivo banco de baterías capaz de respaldar la carga crítica durante 48 horas. El sistema de generación eléctrica también alimentará el sistema de protección catódica, las señales de las válvulas de seccionamiento. Así como, la instrumentación asociada

⁴ La Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 (DOF 05/03/2018) denomina a estas áreas como franja de seguridad, sin embargo, para fines de este estudio se utilizará el término Derecho de Vía (DDV) por ser el comúnmente utilizado. Por lo anterior en la ingeniería, puede identificarse como Franja de Uso Temporal (FUT) y Franja de Seguridad (FS).

será conectadas a la Unidad Terminal Remota (UTR) e integradas al sistema SCADA (por sus siglas en inglés Supervisory Control and Data Acquisition).

Asimismo, en el cadenamiento 73+260 junto con la válvula de seccionamiento MLV-010203, se encontrará la Trampa de envío y recibo de diablos móvil TED/TRD-010201. Todas las trampas contarán con los siguientes elementos para su correcto funcionamiento: manómetro en el carrete de la tubería de recepción, manómetro en la cubeta superior, dos indicadores de paso de diablo, línea de venteo, línea de pateo, línea de drenaje, tapa de apertura con pescante rápida para inspección y/o mantenimiento. Las trampas de diablos se diseñarán con base en los requerimientos del código ASME sección VII División 1, además de suministrarse con toda la documentación necesaria para solicitar el permiso de autorización de funcionamiento ante la STPS, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011.

En el cadenamiento 75+442 empezará la Línea sumergida de 30” y 5.603 km aprox. hasta llegar a la Estación Topolobampo, aproximadamente en el cadenamiento 81+045.

El sistema de protección catódica del gasoducto estará compuesto con un sistema de corriente impresa para la parte terrestre y para la parte sumergida se utilizará un sistema galvánico conformado por ánodos de sacrificio tipo brazaletes especiales para instalaciones marinas.

Al final de la Línea sumergida dentro de la Estación Topolobampo, se encontrará la Trampa de envío y recibo de diablos móvil TED/TRD. Dicha estación de medición, control y regulación se localizará, sobre una plataforma marina (conocida como “Jetty”) que forma parte de la Infraestructura Marina Auxiliar, por medio de la estación, se suministrará gas natural a un sistema de licuefacción de gas natural instalado en una Unidad Flotante de Gas Natural Licuado, (FLNG Unit, por sus siglas en inglés o Unidad FLNG); el cual será promovido por la empresa VPLNG.

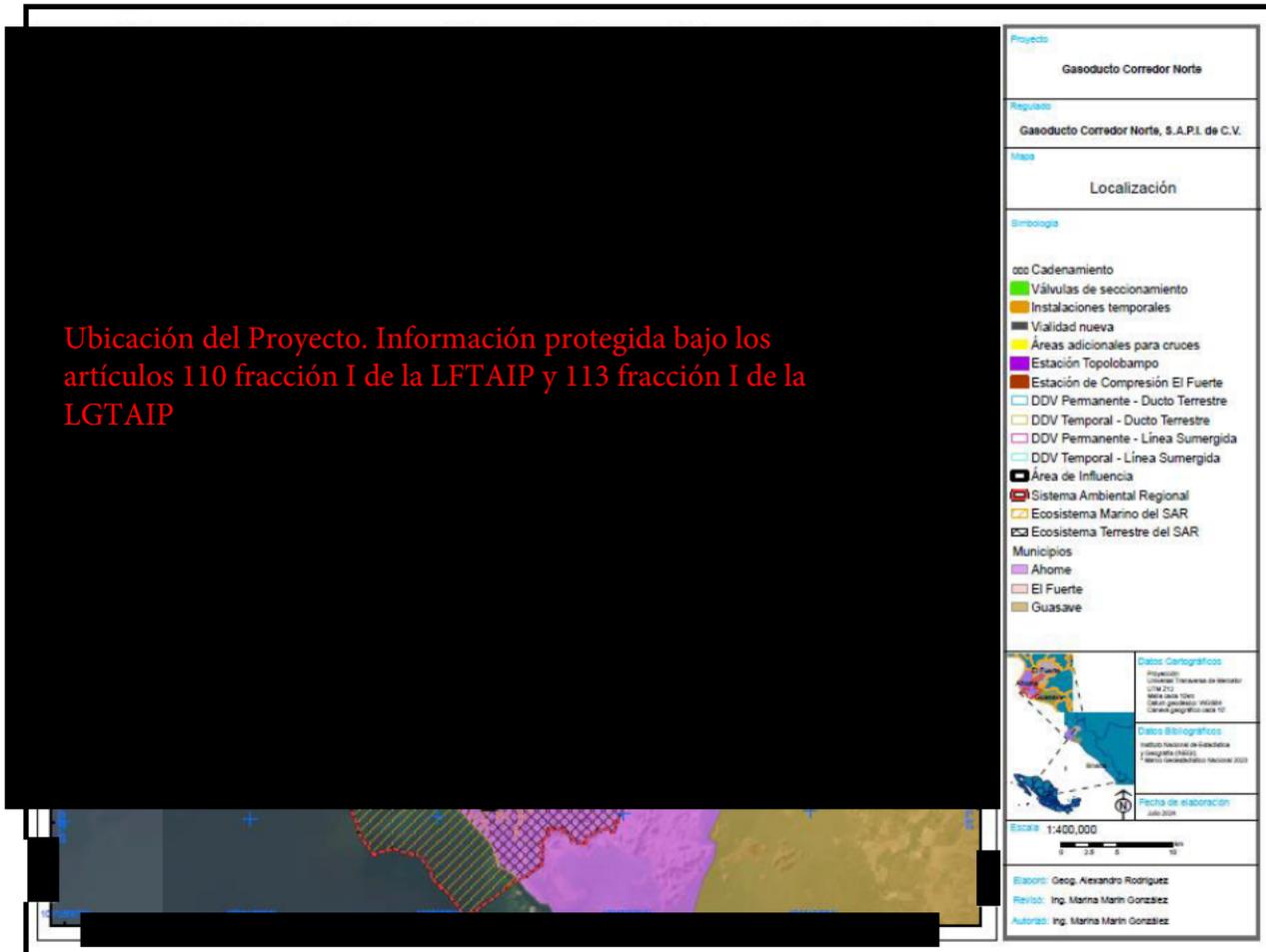
La Estación Topolobampo incluirá como mínimo un sistema de generación eléctrica principal, de filtración, sistema de medición de flujo, sistema de medición de calidad del gas natural, válvulas de control y bloqueo, sistema de condensados, sistemas de seguridad detección de gas y fuego, sistema de venteo por mantenimiento (quemador portátil), sistema de venteo de emergencia y un cuarto de muelle.

Para el desarrollo del STGN, se requieren instalaciones temporales, dos acopios de tuberías cercanos a los cadenamientos 38+000 y 64+000 y dos instalaciones provisionales cercanas a los cadenamientos 73+260 y 75+184. Dentro de las instalaciones provisionales se tendrán oficinas para los contratistas, talleres, almacenes, instalaciones médicas, sanitarios, estacionamientos, entre otros, dependiendo de los requerimientos del Proyecto. Asimismo, se requerirán de áreas adicionales para cruces especiales para el desarrollo del Proyecto. Sin embargo, a la entrada en operación del Proyecto, éstas serán desmanteladas.

En cuanto a las vialidades, principalmente se utilizarán aquellas existentes para acceder al Proyecto, se considera la apertura de una nueva vialidad para acceder a la Estación de Compresión El Fuerte de aproximadamente 70 metros de longitud, eventualmente y de ser necesario, se evaluará la apertura de vías de acceso adicionales.

Para facilitar la evaluación y alternativas para la ubicación del Proyecto, se determinó una Franja de Caracterización de aproximadamente 38,293.57 ha, considerando criterios ambientales y técnicos. Esta es un área con capacidad de respuesta uniforme a estímulos y comportamientos, por lo que se prevé que los impactos derivados del Proyecto tendrán una afectación de igual magnitud dentro de la misma. Adicionalmente, su objetivo será contar con la información precisa, para que en caso de eventuales variaciones en el Proyecto, las cuales pudieran presentarse como resultado de micro-ruteos u otros cambios de ubicación de instalaciones por dificultades no previstas tal como la adquisición de predios o la complejidad de actividades constructivas en sitios específicos, se haga sobre un área previamente evaluada, reiterando que dicha Franja de Caracterización obedece básicamente a las variaciones que pudieran presentarse dentro de la misma. Cabe señalar que, para este estudio, se considera la Franja de Caracterización como el Área de Influencia del Proyecto (la cual abarca más de 800 metros de ambos lados del DDV), y se considera una superficie de 38,293.57 ha.

A continuación, en el Mapa V.1 se presenta la localización donde se muestra la Franja de Caracterización (el Área de Influencia del Proyecto).



Mapa V.1 Localización del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una descripción de los componentes que conforman el Proyecto.

V.1.1.1 Estación de Compresión El Fuerte

La Estación de Compresión El Fuerte se localiza en el municipio El Fuerte, en el kilómetro 0+000 del gasoducto. Para llegar a la Estación de Compresión El Fuerte se puede considerar como punto de referencia la Localidad Buena Vista en el municipio El Fuerte, Sinaloa, de donde hacia el Norte se toma la carretera E.C. (Los Mochis - Choix) – Mezquitilito de la que se avanzan 1.1 kilómetros y hacia el Este se encuentran zonas de cultivos agrícolas y caminos vecinales que conducen hacia la ubicación de la Estación.

La Estación de Compresión El Fuerte incluye como mínimo, sistema de medición de flujo tipo ultrasónico, certificado para transferencia de custodia, filtros coalescentes, compresores de gas impulsados por turbinas de gas, aerofriadores, válvulas de control y bloqueo, sistema eléctrico, generador de emergencia con motor a gas (incluyendo filtros de gas combustible medición y regulación), Sistema eléctrico principal de generación aislado a gas natural con 3 unidades de moto generadores (eventualmente pudiera instalarse otra tecnología de generación que proporcione la energía eléctrica necesaria para la operación continua y segura de las instalaciones, tal como sistemas fotovoltaicos, acometidas eléctricas, termo generadores, sistema Stirling, sistema de fuerza ininterrumpible (SFI), sistemas de seguridad y paro por

emergencia, sistema de detección de gas y fuego, sistema contra incendio, edificios de control y administración, talleres, edificio de materiales peligrosos, edificio de residuos peligrosos, bodega de materiales, caseta de control de acceso.

Interconexiones.

El gas natural que será suministrado a la Estación de Compresión El Fuerte será proveniente de dos puntos de recepción los cuales serán instalados dentro de la EMRYC El Oro, estación existente propiedad del “Gasoducto Guaymas - El Oro”, se estima realizar la conexión correspondiente, mediante una intervención en caliente para tal efecto (Hot Tap) de 30”x30” de diámetro. Dicha interconexión tendrá aproximadamente 360.26 m de longitud con un flujo de diseño de 550 MMPCD y un flujo máximo operativo de 510 MMPCD, así como la presión de diseño de 1,453 psig.

El otro punto de recepción también estará localizado dentro de la EMRYC El Oro, estación propiedad del “Gasoducto Guaymas - El Oro”, mediante una intervención en caliente para tal efecto (Hot Tap) de 30” x 20” de diámetro. Dicha interconexión tendrá aproximadamente 124.35 m de longitud con un flujo de diseño de 230 MMPCD, un flujo máximo operativo de 210 MMPCD y una presión de diseño de 1,453 psig.

Sistema de filtración de gas.

Para la interconexión de 30” de diámetro se contempla un conjunto de dos filtros de tipo coalescente con capacidad de diseño de 179.9 m³/s (550 MMPCD) y una capacidad máxima operativa de 166.8 m³/s (510 MMPCD) cada uno. Para la interconexión de 20” de diámetro se contempla un conjunto de dos filtros de tipo coalescente con capacidad de diseño de 179.9 m³/s (550 MMPCD) y una capacidad máxima operativa de 68.7 m³/s (210 MMPCD) cada uno. Estos filtros están especificados para remover 99% de partículas sólidas de 1 micra y mayores y de 99% de partículas líquidas de 0.3 micras y mayores, incluyendo su instrumentación y control de nivel y drenado, así como de sobrepresión, con tapas de apertura rápida. El material de construcción será acero carbono diseñado siguiendo el ASME Sección VIII, División 1, y contará con estampado U.

Los filtros coalescedores con número de identificación FS-030101/030102 y FS-032701/032702 fueron diseñados para manejar una capacidad máxima de diseño de 179.9 m³/s (550 MMPCD), presión de diseño de 10,018 kPa man (1,453 psig) y temperatura de diseño de 323.15 °K (50 °C), con una eficiencia para remover el 99% de partículas sólidas de 1.0 micras y mayores y de 99% de partículas líquidas de 0.3 micras y mayores. El filtro tipo coalescedor fue diseñado de acuerdo con el Código ASME Sección VIII, División 1, estampado ASME y contar con el sello “U”. El filtro tiene una máxima caída de presión permisible de 68.94 kPa (10.0 psi). Los cartuchos coalescentes serán fabricados con partes metálicas de acero inoxidable para evitar la presencia de óxido durante la operación.

El filtro tendrá como mínimo los siguientes componentes: indicador de temperatura, indicador de presión, transmisor indicador de presión diferencial, transmisores indicadores de nivel, válvulas de control de nivel, válvulas autorreguladoras de presión para aire de instrumentos, transmisor indicador de flujo con placa de orificio para la medición del condensado y placa de restricción para reducir la presión hacia la disposición final del condensado. Se asegurará que el diseño cumpla con todos los instrumentos necesarios indicados en la normatividad vigente y para una correcta y segura operación del equipo. Adicionalmente el filtro contará con una válvula tipo bola en la succión y descarga.

El recipiente estará equipado con venteos y drenes para facilitar las maniobras de mantenimiento. El filtro separador estará protegido con una válvula de seguridad (PSV), dimensionada a la presión de diseño del equipo (1,453 psig).

Sistema de medición de gas y control.

En la Estación de Compresión El Fuerte se instalarán los siguientes patines de regulación:

- ⊕ ER-030201, el cual operará en un arreglo 1+1 (operación unidireccional). Es decir, un tren estará en operación mientras el otro se mantiene en espera. Cada tren de regulación está diseñado para la regulación del 100% del flujo de diseño, es decir 179.9 m³/s (550 MMPCD) y un flujo máximo operativo de 166.8 m³/s (510 MMPCD).
- ⊕ ER-032801, el cual operará en un arreglo 2+1 (operación unidireccional). Es decir, dos trenes estarán en operación mientras el otro se mantiene en espera. Cada tren de regulación está diseñado para la regulación del 50% del flujo de diseño, es decir 37.6 m³/s (115 MMPCD) y un flujo máximo operativo de 34.3 m³/s (105 MMPCD).

Los patines de regulación contarán con una válvula reguladora de flujo (FV) que en caso de falla mantendrá su última posición (en la etapa de Ingeniería de detalle se confirmará mediante el análisis HazOp); así como un indicador local de presión y un transmisor indicador de presión, teniendo como variable secundaria de control la presión medida en el patín.

Posteriormente, se contará con dos patines de medición:

- ⊕ El patín de medición EM-030201 en un arreglo 2+1, es decir, dos trenes de medición estarán en operación mientras el tercero se mantiene en espera. Cada tren de medición está diseñado para una capacidad del 50% del flujo total de diseño, es decir 90 m³/s (275 MMPCD) y una capacidad máxima operativa de 83.4 m³/s (255 MMPCD).
- ⊕ El patín de medición EM-032801 en un arreglo 2+1, es decir, dos trenes de medición estarán en operación mientras el tercero se mantiene en espera. Cada tren de medición está diseñado para una capacidad del 50% del flujo total de diseño, es decir 37.6 m³/s (115 MMPCD) y un flujo máximo operativo de 34.3 m³/s (105 MMPCD).

Cada tren de medición de gas natural incorporará los siguientes elementos para su correcto funcionamiento:

- ⊕ Acondicionador de flujo (FX), el cual estará instalado uno aguas arriba de cada medidor, esto para crear un flujo laminar y de esta manera evitar turbulencia, mejorando la medición. Serán fabricado en acero inoxidable 316.
- ⊕ Un medidor de flujo de gas natural (FE/FIT) tipo ultrasónico, con transductores ultrasónicos tipo T-slot extraíbles y re-instalables bajo presión sin sacar la línea de operación y sin re-calibración, con trayectorias ultrasónicas transversales paralelas, diseñado para transferencia de custodia. El máximo nivel de ruido será de 60 dB.
- ⊕ Un transmisor indicador de presión (PIT) y un transmisor indicador de temperatura (TIT), instalados aguas abajo del medidor de flujo; los cuales se deben comunicar con el computador de flujo con la finalidad de realizar las correcciones correspondientes para la medición de flujo.
- ⊕ Un indicador de presión (PG) y un indicador de temperatura (TG).
- ⊕ El sistema de medición tendrá un computador de flujo común para todos los trenes de medición, además de un IHM para el medidor, localizados en el cuarto de control, a los cuales se enviarán las señales de presión, temperatura y flujo. Los medidores de flujo estarán certificados para transferencia de custodia y serán diseñados bajo lo indicado en el AGA 9 Report (norma AGA 3 determina criterios de desempeño basados en el cambio del coeficiente de descarga utilizando diferentes condiciones de instalación y el uso o no de rectificadores de flujo).

Sistema de calidad de gas.

En la Estación de Compresión El Fuerte, corriente abajo del patín de medición, se instalará el sistema de medición de la calidad del gas con el fin de conocer las características de este, dicho sistema incluirá analizadores para monitorear el contenido de humedad, ácido sulfhídrico, azufre total y análisis

cromatográfico de gas hasta nonano (C9+). Para llevar a cabo estas tareas se instalarán los siguientes elementos:

- ⊕ Analizador de azufre total y H₂S.
- ⊕ Analizador de humedad.
- ⊕ Cromatógrafo para gases.
- ⊕ Analizador de oxígeno.
- ⊕ Accesorios para toma de muestras del tipo insertar/remove.

De igual manera aguas abajo de los turbocompresores, en el cabezal principal de descarga, se instalará el sistema de medición de la calidad del gas con el fin de conocer las características del gas. Esto con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.

Sistema de compresión de gas.

El sistema de compresión de gas estará integrado por tres turbocompresores TC-030301/030402/030503, en paralelo. Cada turbocompresor manejará un flujo máximo de operación de 106.3 m³/s (325 MMPCD) a condiciones estándar, operar a una presión mínima de succión de entre 463 – 469 psig y alcanzará una presión máxima de descarga de 9,899.8 kPa man (1,436 psig). Los tres turbocompresores operarán en paralelo en un arreglo 2+1, es decir, dos turbocompresores operando y uno como respaldo.

Las condiciones de flujo, presión y temperatura a respetarse en este Proyecto se establecen en el diagrama de flujo de proceso GN0621-PR-203-DFP-001. Se contará con válvulas de paro por emergencia (SDV) a la succión y descarga de cada tren de compresión, los cuales permitan el aislamiento de los trenes de compresión en caso de un evento no deseado. Así mismo, se considera la instalación de una válvula automática de bloqueo por compresor a la succión. Esta válvula se ubicará corriente arriba de la SDV. Así mismo se considera la instalación de válvulas de seguridad (PSV) a la descarga de cada turbocompresor estas válvulas contarán con un set point de 1,600 psig (11031.7 kPa man).

Los compresores mencionados estarán diseñados bajo el código API 616 *“Gas Turbines or the Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services”* y API 617 *“Axial and Centrifugal Compressors and Expander compressors”*, ambos en su última edición.

Cada turbocompresor debe contar con una válvula antisurge (recirculación en frío) y válvula hot bypass por cada tren de compresión, tendrán comunicación con el controlador lógico programable (PLC) del compresor. Se instalará aislamiento térmico en todas las tuberías que manejen gas natural a una temperatura superior a los 60 °C.

Sistema de enfriamiento de gas.

El sistema de enfriamiento E-030601/E-030702/E-030803 tendrá la capacidad de manejar una capacidad de diseño de 106.3 m³/s (325 MMPCD). La temperatura ambiente de diseño del aire será por lo menos de 313.15 °K (40 °C). La temperatura de salida del gas no excederá 322.55 °K (49 °C). El arreglo de enfriamiento será por cada tren de compresión, es decir en configuración 2+1.

El sistema de enfriamiento estará diseñado a una presión de 11,224.5 KPa man (1,628 psig) y una temperatura de 423,15 °K (150 °C), así mismo el diseño térmico y mecánico cumplirá con el Código API 661 *“Air-Cooled Heat Exchangers”*. Los componentes a presión del sistema de enfriamiento están diseñados de acuerdo con los requerimientos del código ASME Sección VIII, División 1.

Los enfriadores no exceden el nivel de ruido de 85 dB a 0.91 metros. El sistema de enfriamiento contará con instrumentación local (manómetros y termómetros), transmisores indicadores de temperatura y presión en la descarga de los enfriadores de gas.

Los enfriadores resistirán los esfuerzos mecánicos que sean causados por los siguientes factores o condiciones:

- ⊕ Transporte.
- ⊕ Instalación.
- ⊕ Pruebas.
- ⊕ Efectos por temperatura.
- ⊕ Operaciones de arranque, paro y emergencias.
- ⊕ Efectos en las estructuras a causa de sismo y viento.

En caso de tener más de un ventilador por enfriador, estos accionarán escalonadamente en función de las señales de temperatura de los transmisores que se instalarán a la descarga del enfriador para cumplir con la temperatura deseada a la salida de los equipos.

Cada bahía de enfriamiento contará con líneas de dren y venteo para eventos de mantenimiento. Se requiere doble bloqueo con válvula en cada una de estas líneas.

Los motores de los ventiladores contarán con arrancadores suaves instalados en un Cuarto de Control de Motores con botón selector manual-fuera-automático con botones de arranque-paro local y remoto, luces indicadoras de estado del motor, ubicado en cuarto eléctrico fuera del área clasificada como peligrosa, así mismo, están configurados para ser operados de manera remota a través del Sistema de Control de Proceso. Los aeroenfriadores serán de tiro forzado.

Los motores y ventiladores tendrán sensores de transmisión de vibración que permitan enviar una señal al Sistema de Control de Proceso, adicionalmente contarán con alarmas por alta vibración para posteriormente comunicarse con los relevadores de protección de los motores en el Cuarto de Control de Motores (CCM).

Sistemas de servicios auxiliares.

La Estación de Compresión El Fuerte tendrá los siguientes sistemas de servicios auxiliares:

- ⊕ Sistema de aire de planta e instrumentos.
- ⊕ Sistema de recolección de condensados.
- ⊕ Sistema de agua de servicios.
- ⊕ Sistema de venteo por emergencia.
- ⊕ Sistema de recuperación de venteos.
- ⊕ Sistema de acondicionamiento de gas combustible y gas de sellos.
- ⊕ Sistema de generación de energía.
- ⊕ Sistema de control e instrumentación.
- ⊕ Sistema de respaldo de energía (SFI).

Sistema de aire de instrumentos y aire de planta.

El sistema de compresión de aire está compuesto por dos compresores tipo tornillo, libre de aceite, enfriado por aire, con suficiencia individual para el consumo general definido para la Estación de Compresión El Fuerte a una presión de 150 psig, incluyendo dos columnas de secado gemelas tipo adsorción. Se diseña un tanque acumulador de aire de instrumentos con capacidad de 28.5 m³, la cual será confirmada durante la Ingeniería de Detalle, juntamente con todos los dispositivos de control y seguridad.

El sistema considera la incorporación de un sistema de aire de planta e instrumentos que permita otorgar un servicio a las turbinas, así como instrumentos, válvulas, edificios, entre otros. Este sistema de aire de planta e instrumentos incluirán nuevos compresores y secadoras de aire en una configuración tal que cada equipo de este paquete cuente con un relevo, es decir, un equipo operando y un equipo como relevo. Cada compresor de aire, será tipo tornillo rotativo, libre de aceite, el tamaño de partícula a la salida del sistema de aire comprimido será clase 0 de acuerdo con el estándar ISO 8573-1, con un tamaño máximo de partícula, los compresores serán accionados por un motor eléctrico con arrancador suave y además serán provistos por un filtro de aire tipo seco, enfriador, trampas de humedad, el enfriamiento será por medio de

aire forzado por medio de un ventilador. Las secadoras serán tipo columna gemelas de adsorción (regeneración en frío), para un punto de rocío de -40 °C (-40 °F), por lo cual se tomará en cuenta en el diseño, el gasto de aire requerido durante la regeneración, que es del orden de 15%. Para propósitos de estimación de fugas se considerará un 10%. La presión máxima del aire seco será de 150 psig (10.5 kg/cm² man).

Adicionalmente, el aire proveniente de las secadoras será enviado a un tanque acumulador de aire de planta e instrumentos, el cual cumplirá con el siguiente criterio para su dimensionamiento de capacidad: 15 minutos de tiempo de autonomía para los equipos de compresión o tiempo de autonomía necesario para asegurar un paro seguro de los equipos de compresión, el que resulte más crítico.

Sistema de venteo por emergencias.

Se estima la instalación de una columna de venteo V-032401 donde se direccionarán las cargas de gas que requieran ser venteadas de la estación del sistema de compresión. El análisis de este sistema en conjunto aplicará las mejores prácticas para reducir las emisiones de gas a la atmósfera sin demeritar la seguridad de la instalación y con base en estudios y simulaciones para asegurar una dispersión segura.

Se incorporará una columna de venteo para el servicio de los turbocompresores TC030301/030402/030503 de la Estación de Compresión El Fuerte y la incorporación de los venteos de baja y alta presión.

Las líneas de venteo deben incluir, como mínimo, una válvula BDV, así como una placa de restricción o los elementos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento en cumplimiento con la normatividad vigente, así como con las mejores prácticas de la industria.

El diseño del sistema será validado con un estudio de venteo considerando una modelación en estado estacionario y dinámico utilizando como software especializado: Aspen Hysys.

Sistema de Recuperación de Venteos (SRV).

En la Estación de Compresión El Fuerte, se incorporará un SRV. Dedicado a la recuperación del gas natural de las líneas de venteo para mantenimiento (servicio intermitente) de todos los siguientes equipos de proceso:

- ⊕ Filtros separadores FS-030101/02, FS-032701/02.
- ⊕ Patines de regulación ER-030201/032801.
- ⊕ Patines de medición EM-030201/032801.
- ⊕ Enfriadores de gas E-030601/030702/030803.
- ⊕ Trampa de envío de diablos TED-032501.

Al no ser un equipo crítico, sus sistemas no contarán con relevo. El SRV debe incluir como mínimo válvulas de corte, instrumentos, líneas de dren y venteo, y todo lo que se requiera para una correcta operación y maniobras para mantenimiento. Este sistema cumplirá con las Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los lineamientos para la prevención y el control integral de las emisiones de metano del sector hidrocarburos.

El SRV contará con un tanque booster tipo knock-out R-032601 y un equipo paquete de recuperación de venteos PA-032601, el cual contempla un compresor reciprocante con accionamiento con motor eléctrico con arrancador suave.

Los compresores instalados en el sistema, cuando se tengan mantenimientos, permitirán incrementar la presión del gas natural a una presión tal que dicho gas pueda reinyectarse a la descarga de la Estación de Compresión El Fuerte o aguas arriba de los patines de medición EM-030201/032801.

El SRV para servicio intermitente será diseñado para despresurizar el volumen del equipo de mayor tamaño (incluyendo válvulas, tuberías, accesorios, instrumentos o cualquier otro equipo, según sea el caso) en un tiempo no mayor a 5 horas.

Se contará con un panel de control local para la operación del sistema, el cual tenga la capacidad de recibir todas las señales y tarjetas I/O, realizar las operaciones de control y lazos programados, así mismo contará con una interfase HMI/Display para visualización de gráficos y operación del sistema en sitio. El panel de control tendrá un puerto de comunicación RS-485 disponible, donde todas las señales serán enviadas y monitoreadas desde el sistema de control de proceso y SCADA. La temperatura ambiente de diseño del aire para los aeroenfriadores del compresor será por lo menos de 40 °C. La temperatura máxima del gas a la salida del compresor no excederá 49 °C. Se suministrará una manguera flexible de alta presión para las conexiones a la succión y descarga del compresor. El SRV contará con los equipos, instrumentación y protecciones para una correcta y segura operación del mismo.

El compresor reciprocante estará diseñado bajo el código API 618 *“Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services”*.

Sistema de acondicionamiento de gas combustible y gas de sellos.

Por otra parte, se consideran tres paquetes de acondicionamiento de gas combustible PA-031601/031702/031803 y tres paquetes de acondicionamiento de gas de sellos PA-032001/032102/032203 que permita otorgar un servicio independiente a las turbinas TG-031301/031402/031503.

Cada uno de estos paquetes considera la disponibilidad de tener por lo menos un equipo de relevo para cada equipo dentro del paquete, (filtros, calentadores, reguladoras de presión, entre otros) incluyendo la incorporación de válvulas, instrumentos, líneas de dren y venteo, entre otros, para una correcta operación y maniobras para mantenimiento de cada equipo y línea. Las condiciones de flujo, presión y temperatura del gas combustible y gas de sello a la salida de los paquetes de acondicionamiento satisfacen los requerimientos máximos y mínimos en los límites de batería de las turbinas TG-031301/031402/031503.

Sistema de generación de energía.

El suministro eléctrico de la Estación de Compresión El Fuerte será a base de un sistema de generación aislado a gas natural con tres unidades de moto generadores de 1,429 kW, 480 Volts, 60 Hz, en un arreglo 2+1.

El Proyecto contará con un paquete de acondicionamiento de gas. El paquete de acondicionamiento de gas combustible contará con la disponibilidad de por lo menos un equipo de relevo en sección de filtración, calentamiento y regulación de presión, incluyendo válvulas, instrumentos, líneas de dren y venteo, entre otros, para una correcta operación y maniobras para mantenimiento en cada equipo.

Las condiciones de flujo, presión y temperatura del gas combustible a la salida del nuevo paquete de acondicionamiento satisfacen los requerimientos máximos y mínimos en los límites de batería del moto generador.

Sistema de Recuperación de Condensados.

El Sistema de Recuperación de Condensados estará integrado por un tanque cilíndrico horizontal, atmosférico, con número de identificación T-030901, el cual tendrá una capacidad máxima de 1 m³, presión de diseño 1,034.2 kPa (150 psig) y temperatura de diseño 323.15 K (50 °C).

El tanque estará construido con material de acero al carbón SA-516 Gr. 70, el cual debe incluir un transmisor indicador de nivel, un indicador de nivel, un indicador de presión, así mismo una línea de venteo con cuello de ganso y arrestador de flama. Las operaciones de vaciado serán llevadas por un autotank fuera de la instalación. El tanque estará diseñado bajo código ASME sección VIII, sin embargo, no requiere estampado.

Sistema de agua de servicio.

El sistema de agua de servicio debe incluir un tanque de almacenamiento con número de identificación T-031201, construido en fibra de vidrio, con acabado antibacterial, con tapa semielíptica y fondo plano, que asegure las necesidades de agua de las tomas de servicio del taller y del área de campo, así como el volumen de agua requerido para la operación de las instalaciones dentro de los sanitarios y cuartos de aseo que están considerados en el arreglo arquitectónico. La demanda de agua se estimará con base al número de personas (personal de operación, personal de servicio externo y visitantes) que se encuentren dentro de la Estación de Compresión El Fuerte. El suministro de agua hacia la Estación de Compresión El Fuerte será por medio de autotanques tipo cisterna.

El sistema hidroneumático contará con dos bombas centrífugas P-031201/P-031202, una en operación y otra en espera, así como un tanque precargado con membrana R-0311201. Dentro del alcance se debe incluir el suministro, selección, interconexión, prueba y puesta en operación del equipo hidroneumático, el cual es tipo paquete.

El agua de servicios contará con un tanque de almacenamiento T-031201 con capacidad para almacenar 10,000 litros. El llenado de agua hacia el tanque será por medio de la tubería 3"-AS-031201-A1A7 por medio de pipas o autotanques de forma semanal (cada 7 días).

El arranque y paro de las bombas de agua de servicios B-031201/031202 estará en función de los interruptores por alta y baja presión, PSH-031203 y PSL-031203, instalados en la línea de salida del tanque hidroneumático R031201, 2"-AS-031227-A1A7, así mismo se contará con un permisivo para el arranque de estas bombas en función del nivel presente en el tanque de almacenamiento, estas alarmas.

Estarán configuradas en el transmisor indicador de nivel LIT-031201 contará con un enlace al sistema de control de proceso para monitorear los niveles (máximo y mínimo) en el tanque T-031201 y estará configurado con alarmas por muy bajo y bajo nivel, así como alto-alto y alto nivel.

El tanque hidroneumático a presión, R-031201, contará con instrumentación local para el monitoreo de presión mediante el PG-031203; adicional se tendrán instalados interruptores por alta/baja presión, PSH-031203 y PSL-031203, además de un transmisor indicador de presión, PIT-021303, con indicación de alarma por alta y baja presión en el cuarto de control en la línea de salida del tanque hidroneumático 2"-AS-031230-A1A7. El equipo paquete hidroneumático incluirá un controlador para ejecutar toda la lógica de control.

Sistema de control, instrumentación y control.

Contará con un sistema de control de estación con los equipos y periféricos necesarios y que permitan la operación y mantenimiento de datos, configuraciones, alarmas e integración con otros sistemas como paro de emergencia, telecomunicaciones, fuego y gas, paro por emergencia, control de acceso y CCTV, monitoreo de instrumentos de campo e internos de equipos.

Edificios.

Se consideran edificios de control, oficinas administrativas, talleres, residuos peligrosos, materiales peligrosos, caseta de acceso, cuarto de control eléctrico y vigilancia, subestación eléctrica en estación de compresión, cuarto de generadores.

V.1.1.2 Línea regular (gasoducto)

Una vez que el gas sea comprimido en la Estación de Compresión El Fuerte, será transportado a través del gasoducto. El gasoducto está diseñado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, el Código ASME-B31.8 “*Gas Transmission and Distribution Piping Systems*” y de acuerdo con los requisitos de diseño del API RP 1111 “*Design, Construction, Operation, and Maintenance of Offshore*

Hydrocarbon Pipelines”, en caso de haber discrepancias entre textos, permanecerá el criterio más conservador. Para el diseño del sistema será considerado lo siguiente: flujo de operación, condiciones de operación, trayectoria del gasoducto y datos ambientales.

El diseño del espesor de pared del gasoducto será de acuerdo con los códigos de diseño mencionados en estas bases de diseño. El sistema de diseño considerará expansión térmica, análisis de esfuerzos, trayectoria del gasoducto y condiciones especiales, así como la inestabilidad del suelo y sismos. El diseño también considerará aspectos de seguridad permanente para el sistema de transporte tal como las limpiezas e inspecciones periódicas de diablos y diablos instrumentados para la evaluación de kilómetro pérdidas de material a efectos de corrosión en el interior y exterior del gasoducto.

El Proyecto tiene por objeto transportar gas natural mediante un gasoducto de 30” de diámetro con una capacidad de diseño de hasta 700 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD), que iniciará en la interconexión con la existente Estación de Medición Regulación y Control El Oro (EMRyC El Oro) la cual forma parte del Sistema de Transporte Guaymas - El Oro propiedad de Gasoducto de Aguaprieta, S. de R.L. de C.V. El Proyecto tendrá una longitud estimada de 81.045 km. Se compondrá de un Ducto terrestre⁵ de aproximadamente 75.442 km, así como de una Línea sumergida⁶ con una longitud estimada de 5.603 km, además de la infraestructura requerida para el funcionamiento de un sistema de esta naturaleza (válvulas de seccionamiento, estación de compresión, trampas de diablos, entre otros). Se prevé que la mayor parte del trazo de la Línea sumergida sea instalado fuera y en paralelo al canal de navegación secundario de la Administración del Sistema Portuario Nacional en Topolobampo (ASIPONA Topolobampo), su tramo final, de aproximadamente 1.3 km, se insertará en áreas que conforman el recinto portuario de Topolobampo, cuya administración se encuentra a cargo de la ASIPONA.

El material de gasoducto será de acuerdo con lo indicado en las bases de diseño de tuberías y la especificación de materiales de tuberías correspondiente al Proyecto (GN0621-PI-200-ESP-001), con fin de proteger el ducto de la corrosión contará con un sistema de protección catódica y un recubrimiento tipo FBE (Fusion Bonded Epoxic).

La ruta del gasoducto inicia en la salida de la Estación de Compresión El Fuerte (kilómetro 0+000) y terminará en la Estación Topolobampo en el punto de entrega (kilómetro aproximado 81+045), contará con tres válvulas de seccionamiento de la línea principal (MLV). Todas las válvulas de seccionamiento del gasoducto estarán enterradas y contarán con un sistema de energía eléctrica independiente (moto generadores a gas), o bien la tecnología que en su momento se defina como suministro principal de energía eléctrica que proporcione la capacidad necesaria para la operación continua y segura de las instalaciones, tal como sistemas fotovoltaicos, acometidas eléctricas, termogeneradores, sistema Stirling, etc., así como un sistema SFI sistema de fuerza ininterrumpible con su respectivo banco de baterías capaz de respaldar la carga crítica durante 48 horas. El sistema de generación eléctrica también alimentará el sistema de protección catódica, las señales de las válvulas de seccionamiento. Así como la instrumentación asociada serán conectadas a la Unidad Terminal Remota e integradas al sistema SCADA.

El sistema de protección catódica del gasoducto estará compuesto con un sistema de corriente impresa para la parte terrestre y para la Línea sumergida se utilizará un sistema galvánico conformado por ánodos de sacrificio tipo brazaletes especiales para mar.

Sistema de trampas de diablo.

El Proyecto, contará con un sistema de envío y recibo de diablos con el fin de inspeccionar y/o dar mantenimiento al ducto durante su operación a lo largo de la vida útil del mismo, los equipos estarán dispuestos como se enuncia a continuación:

⁵ En los documentos técnicos se puede encontrar como Tramo o sección terrestre.

⁶ En los documentos técnicos se puede encontrar como Ducto Marino, Tramo Marino o sección marina.

Salida de la Estación de Compresión El Fuerte.

Se instalará una trampa de envío de diablos (TED-032501) de 914.4 x 762 milímetros (36 x 30 pulgadas) para limpieza e inspección de la integridad del gasoducto hacia las trampas intermedias TRD-010201 / TED-010201 ubicadas en la MLV-010203 kilómetro 73+256.

Para el envío/recibo del diablo hacia la Estación Topolobampo, se instalarán las trampas de envío/recibo de diablos móvil TED/TRD-010201, de 914.4 x 762 milímetros (36 x 30 pulgadas), las cuales servirán para enviar/recibir el diablo para limpieza o inspección hacia la TED/TRD-040101 ubicada en la Estación Topolobampo. Estas dos trampas (TED/TRD010202 y la TED/TRD-040101) serán trampas bidireccionales. Todas las trampas contarán con los siguientes elementos para su correcto funcionamiento:

- ⊕ Manómetro en el carrete de la tubería de recepción.
- ⊕ Manómetro en la cubeta superior.
- ⊕ Dos indicadores de paso de diablo.
- ⊕ Línea de venteo.
- ⊕ Línea de pateo.
- ⊕ Línea de drenaje.
- ⊕ Tapa de apertura con pescante rápida para inspección y/o mantenimiento.

Las trampas de diablos se diseñarán con base en los requerimientos del código ASME sección VII División 1, además de suministrarse con toda la documentación necesaria para solicitar el permiso de autorización de funcionamiento ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011.

Todas las trampas contarán con todos los elementos de seguridad (manómetros, indicadores de paso de diablo, entre otros) así como las tomas de pateo, dren y venteo. El diseño contempla las adecuaciones necesarias para permitir el libre paso de diablos instrumentados de última generación y están diseñadas para soportar una presión máxima de operación permisible de 10,018.08 kPa man (1,453 psig). La ubicación final de las trampas intermedias, serán confirmadas durante la Ingeniería de Detalle.

Válvulas de seccionamiento (MLV) sobre la línea regular.

A lo largo del gasoducto de 30 pulgadas se instalarán tres válvulas de seccionamiento, MLV-010101/ 010102 / 010203. eventualmente, se podrá implementar otra tecnología de generación que proporcione la energía eléctrica necesaria para la operación continua y segura de las instalaciones, tal como sistemas fotovoltaicos, acometidas eléctricas conectadas al sistema de CFE, termo generadores, sistema Stirling, etc., adicionalmente contará con un sistema UPS con su respectivo banco de baterías capaz de respaldar la carga crítica durante 48 horas. Las señales de las MLV serán conectadas a la UTR e integradas al sistema SCADA.

En la Tabla V.1 se muestran las válvulas de seccionamiento, indicando su ubicación⁷, la cual será validada durante la Ingeniería de Detalle acorde a la ruta final del gasoducto.

Tabla V.1 Válvulas de seccionamiento del gasoducto

Ubicación aproximada	Válvula
Kilómetro 26+150	MLV-010101
Kilómetro 48+470	MLV-010102
Kilómetro 73+260	MLV-010203 y trampa de diablos TRD-010201

Fuente: Documento GN0621-CI-201-PL-001 Arreglo General de Gasoducto Corredor Norte (Anexo Técnico ANX-TEC-01)

⁷ La ubicación definitiva de las MLV se establecerá durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle, por lo que, eventualmente pudiera cambiar su ubicación

La válvula de seccionamiento MLV-010101 se ubica en el kilómetro 26+150 del gasoducto, al suroeste del municipio El Fuerte, en el estado de Sinaloa. Considerando como punto de partida la localidad Las Higueras de los Natosches, en El Fuerte se toma un camino vecinal hacia el Norte a 500 metros se cruza el Canal Coahuinahua se continúa hacia el Este 450 metros para girar hacia el Norte y avanzar 1.7 kilómetros en donde hacia el Este se ubica la MLV.

La válvula de seccionamiento MLV-010102 se ubica en el kilómetro 48+470 del gasoducto, en el municipio de Ahome, Sinaloa, en áreas de cultivos. Partiendo de la Ciudad de Los Mochis, se toma hacia el Noroeste la carretera Los Mochis-Ahome y a 5.1 kilómetros se continúa hacia el Suroeste sobre un camino vecinal y a 2 kilómetros se gira hacia el Oeste a 1.4 kilómetros hacia el Norte en una zona de cultivo se ubica el área de la MLV.

La válvula de seccionamiento MLV-010203 se ubica en el kilómetro 73+260 al Sureste del municipio de Ahome. Se accede a la instalación a través de la autopista No. 22 Los Mochis-Topolobampo, situada a 19.3 kilómetros, al Suroeste de la Localidad de Los Mochis, y al Norte 2.9 kilómetros. De la Localidad de Topolobampo por la Autopista Federal No. 1-22 Los Mochis-Topolobampo; posteriormente se toma camino al Sureste por carretera pavimentada 270 metros y hacia el Sur a 204 metros se ubica el área de la instalación.

Las válvulas de seccionamiento serán de un diámetro de 762 milímetros (30 pulgadas) tipo bola con actuador tipo pistón de doble efecto con accionamiento neumático (gas nitrógeno sobre aceite) y un sistema mecánico (line break) para cierre automático de la válvula en caso de una ruptura o fuga en el gasoducto. En cada válvula de seccionamiento se instalará un transmisor de presión corriente arriba y corriente abajo se instalará un transmisor de temperatura y presión. Estos transmitirán la presión y temperatura al sistema de control con el fin de verificar el funcionamiento del sistema de transporte en el gasoducto.

El gasoducto operará las 24 horas por día los 365 días del año. La instalación del gasoducto está diseñada, construida y operada con el mínimo de paros no programados de acuerdo con lo siguiente:

- ⊕ 1 día en un periodo continuo de operación de un año (disponibilidad de 99,73%).
- ⊕ 2 días en un periodo continuo de operación de 5 años (disponibilidad de 99,90%).
- ⊕ 3 días en un periodo continuo de operación de 10 años (disponibilidad de 99,92%).

La Línea sumergida de 30 pulgadas y aproximadamente 5.603 kilómetros será bidireccional, adecuado y diseñado para las condiciones del sitio, así como para operar de manera sumergida. Contará con protección catódica de acuerdo con las Bases del Sistema de Protección Catódica. En el tramo de la Línea sumergida se tendrá el espesor de 0.835, 0.576 y 0.500 pulgadas de acuerdo con la clase de la tubería.

V.1.1.3 Estación Topolobampo

La Estación Topolobampo se localizará al final de la Línea sumergida, sobre la plataforma marina (conocida como “Jetty”) que forma parte de la Infraestructura Marina Auxiliar, para el suministro a un sistema de licuefacción de gas natural instalado en una Unidad Flotante de Gas Natural Licuado, (FLNG Unit, por sus siglas en inglés o Unidad FLNG); el cual será promovido por la empresa VPLNG, a ubicarse en el área marina de la ASIPONA Topolobampo, dicha estación incluirá como mínimo lo siguiente:

- ⊕ Trampa de envío/recibo de diablos.
- ⊕ Sistema de filtración.
- ⊕ Sistema de medición de flujo.
- ⊕ Sistema de medición de calidad del gas natural.
- ⊕ Válvulas de control y bloqueo.
- ⊕ Sistemas de seguridad detección de gas y fuego.
- ⊕ Sistema de venteo por mantenimiento (quemador).
- ⊕ Sistema de venteo de emergencia.
- ⊕ Sistema de generación eléctrica a gas natural.
- ⊕ Cuarto de muelle.

⊕ Sistema de condensados.

Se tiene previsto que la alimentación eléctrica principal para los servicios de la Estación Topolobampo sea mediante un sistema de generación a gas natural libre de mantenimiento, adicionalmente se contará con un SFI para respaldo de cargas de control críticas de 12 hrs. Sin embargo, también se podrá implementar otra tecnología de generación que proporcione la energía eléctrica necesaria para la operación continua y segura de las instalaciones, tal como sistemas fotovoltaicos, termogeneradores, o cualquier otra tecnología que resulte más eficiente.

La Estación Topolobampo se ubica en el kilómetro 81+045 de la Línea sumergida, al Sur del municipio de Ahome en el Puerto de Topolobampo sobre la costa oriental del Golfo de California; el transporte de material y personal se realizará a través de embarcaciones siguiendo rutas de navegación establecidas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SCT) y la Secretaría de Marina (SEMAR), las cuales tienen como punto de partida el Puerto.

Cabe destacar que el sistema de licuefacción de gas natural que será promovido por VPLNG, no forma parte del presente estudio, es decir, el presente análisis de evaluación de impacto y riesgo ambiental corresponde exclusivamente al Proyecto del STGN en términos de lo que dispone la Ley de Hidrocarburos y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Sistema de filtración.

Consiste en un par de filtros coalescedores con número de identificación FS-040201/040202, los cuales están diseñados para una capacidad de diseño de 229 m³/s (700 MMPCD) y una capacidad máxima operativa de 213 m³/s (650 MMPCD) cada uno, para presión de diseño de 1,453 psig (10,018.1 kPa man) y temperatura de diseño de 323.15 °K (50.0 °C).

Cada uno especificado para remover 99% de partículas sólidas de 1 micra y mayores y de 99% de partículas líquidas de 0.3 micras y mayores, incluyendo su instrumentación y control de nivel y drenado, así como de sobrepresión, con tapas de apertura rápida. El material de construcción será acero carbono diseñado siguiendo el ASME Secc. VIII Div. 1, y cuenta con estampado U.

El filtro tiene una máxima caída de presión permisible de 68,94 kPa (10,0 psi). Los cartuchos coalescentes serán fabricados con partes metálicas de acero inoxidable para evitar la presencia de óxido durante la operación.

El filtro tiene como mínimo los siguientes componentes: indicador de temperatura, indicador de presión, transmisor indicador de presión diferencial, transmisores indicadores de nivel, válvulas de control de nivel, válvulas autorreguladoras de presión para aire de instrumentos, transmisor indicador de flujo con placa de orificio para la medición del condensado y placa de restricción para reducir la presión hacia la disposición final del condensado. Se asegurará que el diseño cumpla con todos los instrumentos necesarios indicados en la normatividad vigente y para una correcta y segura operación del equipo. Adicionalmente el filtro contará con una válvula tipo bola en la succión y descarga, así como una válvula tipo check aguas arriba de la válvula de descarga.

El recipiente estará equipado con venteos y drenes para facilitar las maniobras de mantenimiento. El filtro separador estará protegido con una válvula de seguridad (PSV), dimensionada a la presión de diseño del equipo a proteger.

Sistema de Medición y Regulación.

Posterior a la filtración del gas, se contará con el patín de medición EM-040301 en un arreglo 2+1, es decir, dos trenes de medición en operación mientras el tercero se mantiene en espera. Cada tren de medición fue diseñado para una capacidad del 50% del flujo total de diseño de 114.5 m³/s (350 MMPCD). Cada tren de medición de gas natural incorpora los siguientes elementos para su correcto funcionamiento:

- ⊕ Un acondicionador de flujo (FX), el cual estará instalado uno aguas arriba de cada medidor, esto para crear un flujo laminar y de esta manera evitar turbulencia, mejorando la medición. Será fabricado en acero inoxidable 316.
- ⊕ Un medidor de flujo de gas natural (FE/FIT) tipo ultrasónico, con transductores ultrasónicos tipo T-slot extraíbles y re-instalables bajo presión sin sacar la línea de operación y sin re-calibración, con trayectorias ultrasónicas transversales paralelas. El máximo nivel de ruido será de 60 dB.
- ⊕ Transmisor indicador de presión (PIT) y transmisor indicador de temperatura (TIT), instalados aguas abajo del medidor de flujo; los cuales se deben comunicar con el computador de flujo con la finalidad de realizar las correcciones correspondientes para la medición de flujo.
- ⊕ Un indicador de presión (PI) y un indicador de temperatura (TI).
- ⊕ El sistema de medición tendrá un computador de flujo común para todos los trenes de medición, además de un IHM para el medidor, localizados en el cuarto de control, a los cuales se enviarán las señales de presión, temperatura y flujo. Los medidores de flujo estarán certificados para transferencia de custodia y serán diseñados bajo lo indicado en el AGA 9 Report.

En la Estación Topolobampo se instalará el patín de regulación ER-040201, el cual operará en un arreglo 1+1 (operación unidireccional). Es decir, un tren estará en operación mientras el otro se mantiene en espera. Cada tren de regulación se diseñará para la regulación del 100% del flujo a manejar de diseño de 229 m³/s (700 MMPCD) y una capacidad máxima operativa de 212.6 m³/s (650 MMPCD) y contará con una válvula reguladora de presión (PV) que en caso de falla mantendrá su última posición (Durante la etapa de ingeniería de detalle se confirmará mediante el análisis HazOp); así como un indicador local de presión y un transmisor indicador de presión, teniendo como variable secundaria de control el flujo medido en el patín.

Previo al punto de entrega, y a la entrada de la Estación Topolobampo se contará con dos válvulas de paro por Emergencia ESDV, sobre la línea de entrada de 30 pulgadas y sobre la línea de entrega de 20 pulgadas respectivamente, así como una válvula motorizada necesarias para realizar la entrega del gas a la Unidad FLNG promovido por VPLNG.

Sistema de venteo.

La Estación Topolobampo contará con un sistema de venteos por emergencia, el cual se ubicará aguas arriba de la trampa de envío y recibo de diablos, TED/TRD-040101. Los venteos contarán con una válvula BDV, así como una placa de restricción o los elementos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento en cumplimiento con la normatividad vigente, así como con las mejores prácticas de la industria.

El sistema de venteos cumplirá con las Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los lineamientos para la prevención y el control integral de las emisiones de metano del sector hidrocarburos.

Sistema de calidad del gas en la Estación Topolobampo.

En la Estación Topolobampo, corriente abajo del patín de medición, se instalará el sistema de medición de la calidad del gas con el fin de conocer las características de este, dicho sistema incluirá analizadores para monitorear el contenido de humedad, ácido sulfhídrico, azufre total y análisis cromatográfico de gas hasta nonano C9+. Para llevar a cabo estas tareas se instalarán los siguientes elementos:

- ⊕ Analizador de azufre total y H₂S.
- ⊕ Analizador de humedad.
- ⊕ Cromatógrafo para gases.
- ⊕ Analizador de oxígeno.
- ⊕ Accesorios para toma de muestras del tipo insertar/remove.

Sistema de quemado de gases de venteo.

La Estación Topolobampo también contará con un sistema de venteos programados, el gas a ventear será dirigido al quemador portátil móvil QP-040501. Este sistema contará con un cabezal de desfogue, una trampa de líquidos TL-040501, un equipo paquete de quemador de gas y un quemador portátil el cual debe contar con un sistema de protección de pararrayos.

V.1.2 Diseño del Proyecto

V.1.2.1 Diseño civil

Las instalaciones superficiales cumplirán con los requisitos siguientes:

- ⊕ Diseño con materiales no combustibles.
- ⊕ Construcción en función de las dimensiones del gasoducto y prever el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos que permita las actividades de operación y mantenimiento.
- ⊕ Ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opera mantiene, inspecciona y supervisa la Instalación no corra riesgos por acumulación de gases.
- ⊕ Cercada y tener puertas que permitan el acceso al personal y al equipo para que se realicen los trabajos de operación, mantenimiento e inspección.
- ⊕ El acceso será restringido y las puertas contar con candado.
- ⊕ Contar con accesos para atención a emergencias.

Descripción de áreas e instalaciones temporales.

Oficina contratista. La oficina en sitio provista está compuesta por edificios tipo cabina o remolque portátil, equipado con los suministros de oficina y mobiliario necesarios, incluyendo aire acondicionado. Los espacios de estacionamiento se ubicarán en un sitio adyacente a las oficinas.

Oficina. Se utilizarán unidades móviles tipo cabina portátil o remolques en secciones unidos de forma contigua como oficinas para el personal administrativo y del Proyecto. Estos edificios de oficinas en sitio contarán con las instalaciones necesarias para colocar equipos de aire acondicionado tipo ventana. También se proveerá el mobiliario de oficina como escritorios, sillas, gabinetes, estantes, entre otros necesarios para el personal administrativo y de soporte.

Acopio. El Centro de Acopio Temporal durará durante la construcción del Proyecto, es una instalación estratégicamente diseñada y equipada para brindar un soporte completo a las necesidades logísticas de proyectos de gran envergadura. Debe estar situado cerca del centro del Proyecto cerca de una carretera pavimentada por la que puedan acceder los camiones de transporte y la maquinaria, en este acopio se debe almacenar toda la tubería del Proyecto, oficinas temporales y maquinaria de Proyecto.

Taller de contratista. El taller para contratistas es un espacio estratégicamente ubicado en proximidad al acopio, concebido para ser un núcleo operativo esencial. Aquí, los contratistas llevarán a cabo diversas tareas, desde soldadura y reparaciones hasta maniobras críticas según los requerimientos del Proyecto. Las dimensiones del taller se ajustarán de acuerdo con las especificaciones que el contratista requiera para los trabajos en sitio; asegurando un entorno adaptable y funcional. Este espacio será temporal y estará habilitado durante toda la construcción del Proyecto.

Áreas temporales adicionales para cruces especiales. Las áreas temporales adicionales para cruces representan extensiones laterales del DDV permanente y temporal. Estas áreas se integran en el proceso constructivo, específicamente en cruces especiales. Diseñadas para el almacenamiento temporal de materiales, excavación y maquinaria que superan las dimensiones del DDV, su vitalidad es evidente. En este contexto, las dimensiones exactas para este Proyecto se establecerán en la fase de Ingeniería de Detalle. Cada cruce singular demanda consideraciones únicas, y es en esta etapa donde se moldearán soluciones precisas para garantizar la armonía entre seguridad, logística y eficiencia en el proceso de construcción.

Es importante mencionar que, a la entrada en operación del Proyecto, estas instalaciones temporales, serán desmanteladas.

a. Criterio de diseño de elementos de concreto y acero estructural.

El dimensionamiento de estructuras de concreto siguió el criterio de resistencia última utilizando factores de carga y factores de resistencia, de acuerdo con las especificaciones del American Concrete Institute ACI-318R de igual forma, se aplicarán los lineamientos para concreto estructural de ACI 301 y PIP ST03001 (última versión). Para el dimensionamiento de elementos de acero estructural se siguieron y respetaron los criterios de diseño del American Institute of Steel Construction con la filosofía Load and Resistance Factor Design, LRFD, en su última versión.

Las estructuras fueron diseñadas para soportar y transferir cargas al terreno a través de la cimentación, considerando su importancia estructural, condiciones de sitio, capacidad portante del suelo, requerimientos de operación, características ambientales y fenómenos naturales; respecto a éstos últimos, se realizó diseño por sismo y diseño por viento, siguiendo la metodología dictada en el Manual de Obras Civiles CFE (MOC CFE C.1.3, C.1.4), partiendo de las condiciones más desfavorables para análisis y diseño.

Las condiciones operativas se atenderán de acuerdo con los parámetros de funcionalidad presentados por las disciplinas involucradas, buscando un diseño integral que garantice el funcionamiento óptimo de las instalaciones. De acuerdo con el ACI 224R el ancho de grieta bajo las cargas de servicio será menor o igual a 0.30 milímetros para estructuras diseñadas con el ACI 350R, por lo que el ancho de grieta será revisado de acuerdo con los lineamientos indicados en dicho documento.

El concreto presentará un comportamiento garantizado de acuerdo con la Norma ACI 301-11; la resistencia a la compresión característica del concreto medido después de 28 días en especímenes cilíndricos de acuerdo con el estándar ASTM C39.

Condiciones del sitio.

Topografía. Para los datos de planimetría y altimetría se hará referencia al levantamiento topográfico del Proyecto. Las actividades para realizar por el Contratista incluyen de manera enunciativa más no limitativa, las siguientes para el levantamiento topográfico:

- ⊕ Recorrido y levantamiento en campo con GPS, estación total o dron la ruta de la trayectoria del ducto (a ser proporcionada por GCN), identificando todas y cada una de las interferencias visibles y/o clara evidencia de su existencia, tales como: cercas, líneas eléctricas, líneas de alta tensión, carreteras federales, de cuota y estatales, caminos, brechas, ferrocarriles, canales, ríos, arroyos, ductos (con detectores), fibras ópticas, entre otros, así como los límites de propiedad visibles. Todas las coordenadas serán referenciadas al sistema de coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) ITRF2008 época 2010 (International Terrestrial Reference Frame).
- ⊕ El levantamiento topográfico debe considerar una franja de 250 metros a cada lado del eje del trazo del ducto propuesto.
- ⊕ Identificar y/o ubicar una red geodésica cercana, dejando puntos de control dentro y fuera del predio que sean visibles entre sí, en un sitio estratégico para referencia durante la construcción.
- ⊕ Obtención del perfil de campo; la escala se acordará entre el Contratista y GCN.
- ⊕ Se debe proporcionar la configuración del terreno con curvas de nivel a cada 0.20 metros. Los puntos para definir la configuración del terreno estarán referenciados a los puntos marcados en campo a cada 20 metros sobre el eje del Proyecto y 20 metros a ambos lados, deben incluir puntos donde haya cambio de pendiente o accidentes topográficos, tales como parteaguas, vados, bordos o líneas de escurrimiento.
- ⊕ Dibujo y/o señalamiento en las cartas topográficas de los caminos de acceso existentes a la ruta.
- ⊕ La delimitación de los predios a efecto de elaborar los planos de afectación de cada propietario; debiendo contar con cuadro de construcción de la figura geométrica donde se especifique el número de

vértices, distancias y coordenadas UTM, así como la superficie en metros cuadrados. Asimismo, se indicarán los colindantes en los cuatro puntos cardinales.

- ⊕ Se colocarán mojoneras en los vértices de la poligonal para referencia durante la construcción.
- ⊕ Se debe indicar dos líneas base en los planos, una en sentido longitudinal y otra en sentido transversal, debidamente referenciados sus puntos, tanto en sitio como en planos.
- ⊕ Las órdenes de exactitud en función de los rangos aplicables para la catalogación de los trabajos de posicionamiento que se conecten a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) serán de acuerdo con la Norma Técnica NTG – 002 – 2008 Estándares de Exactitud Posicional de fecha 21/ene/2008 del de Orden de 2 metros.

Los parámetros del suelo, para el diseño de las cimentaciones de equipos, estructuras o cualquier otra instalación están determinados conforme lo indicado en la Especificación para Geotecnia, Geofísica y Riesgo Sísmico.

La información de cuencas de aportación, escurrimientos pluviales, volúmenes de lluvia, información de vientos dominantes, temperaturas y otros parámetros importantes para el Proyecto serán determinados tomando en cuenta las recomendaciones del documento “Especificación para Estudio Hidrológico”.

- ⊕ Diseño por sismo. Las estructuras, cimentaciones del Proyecto están diseñadas para soportar y transmitir las descargas al terreno a través de la cimentación. Las cargas debidas al sismo fueron obtenidas con base en la metodología especificada en el Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad (MDOC-DS, CFE 2015) o por las Normas Técnicas Complementarias Estructurales de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en materia de “Diseño Sísmico”, la que resulte con las condiciones más desfavorables para el diseño. Por tratarse de estructuras relacionadas con el sector energético se consideraron la importancia estructural de las mismas. Por lo anterior, se hace referencia al estudio de geotecnia, geofísica y riesgo sísmico del Proyecto.
- ⊕ Diseño por viento. El análisis por viento para el diseño de las estructuras y cimentaciones está de acuerdo con lo indicado en el Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento de la Comisión Federal de Electricidad (MDOC-DV, CFE 2008), así mismo y de acuerdo con el nivel de importancia requerido para las instalaciones de Oil & Gas, se considerarán del Grupo A para una velocidad regional con un periodo de retorno de 200 años.
- ⊕ Condiciones climatológicas. Se hace referencia al estudio hidrológico o al estudio de geotecnia, geofísica y riesgo sísmico para consultar las condiciones climatológicas del área del Proyecto.
- ⊕ La información de cuencas de aportación, escurrimientos pluviales, volúmenes de lluvia, información de vientos dominantes, temperaturas y otros parámetros importantes para el Proyecto fueron determinados tomando en cuenta las recomendaciones del documento “Especificación para Estudio Hidrológico”.
- ⊕ Condiciones operativas y de diseño. Todas las estructuras y soportes para equipos y tuberías consideran los resultados del análisis de flexibilidad, realizado por la disciplina de tuberías, y ser diseñados adecuadamente para garantizar el funcionamiento óptimo de cada instalación.

Materiales.

Los materiales cumplen con los requisitos de los códigos y normas especificados en las bases de diseño o serán equivalentes a ellos previa autorización por escrito de GCN.

Concreto.

Regirán los requerimientos relativos a la durabilidad del concreto bajo condiciones especiales de exposición y protección contra la corrosión establecidas en el ACI-318. El tipo de cemento de las mezclas de concreto será acorde a las recomendaciones del estudio geotécnico y tipo de exposición. En la Tabla V.2 se presentan las resistencias del concreto para las diferentes obras civiles.

Tabla V.2 Resistencia del concreto en obras civiles

Elemento	Resistencia
Pilas coladas <i>in situ</i> , pilotes, cimentación de equipo vibratorio, concreto expuesto al agua de mar	350
Cimentación para tanques que contengan hidrocarburos	300
Cimentaciones principales, trabes de liga, contratraves, columnas, vigas, trabes, losas de azotea, losas entrepiso, escaleras, pisos de concreto con espesor igual o mayor de 20 centímetros, trincheras, cimentaciones para bardas, muros de diques, registros de interconexión, muertos de anclaje	250
Banco de ductos para instalaciones, registros eléctricos y de instrumentación, guarniciones, cimentaciones para postes, castillo, dalas, estructuras misceláneas, banquetas, firmes para pisos y pozos de visita	200
Plantillas de concreto	100
Pavimentos rígidos	MR>=45
Grout base cemento, no retráctil, sin agregado metálico donde no se requieren altas demanda de resistencia	375
Grout epóxico, no retráctil, autonivelante para equipos dinámicos, incluyendo equipos reciprocantes, maquinaria pesada con impacto y vibración, compresores, equipo de bombeo, rieles para grúas entre otros se usará la resistencia que especifiquen el proveedor del equipo. En caso de no contar con información, el grout cumplirá con el estándar API 686 y tendrá una resistencia de por lo menos	703 (10,000 psi)

Nota: Grout es un producto químico en polvo a base de cemento, agregados minerales y aditivos que al mezclarse con agua produce un mortero sin contracciones, de alta resistencia a la compresión y buena fluidez (facilita su colocación y acomodo).

Fuente: Código de construcción ACI-318

Aquellas superficies de elementos de concreto que estén expuestos a agentes corrosivos industriales contarán con un recubrimiento suficiente para resistir los agentes químicos durante su operación. Se utilizará impermeabilizante integral para garantizar la preservación de los elementos expuestos a intemperismo y condiciones especiales.

Acero de refuerzo en el concreto.

Para el acero de refuerzo en los elementos de concreto se considera varilla corrugada que cumpla con la especificación ASTM A615/A615M, grado 60 y con la Norma Mexicana NMX-B-506 CANACERO:

$$f_y = 4218 \text{ kg/cm}^2 - f_u = 6328 \text{ kg/cm}^2$$

La malla electrosoldada cumplirá con la especificación ASTM A185 Welded Steel Wire Reinforcement:

$$f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2 - f_u = 5700 \text{ kg/cm}^2$$

Criterios generales de diseño para elementos de acero estructural.

Para el dimensionamiento de elementos de acero estructural se respetaron los criterios de diseño del American Institute of Steel Construction con la filosofía Load and Resistance Factor Design, (AISC-LRFD), en su última versión.

Criterios generales de diseño anclaje estructura metálica-cimentación.

Los sistemas de anclaje entre la estructura metálica y su cimentación serán diseñados con base en las recomendaciones del ACI-318 en su Capítulo 17 Anchoring to concrete.

Criterios generales de diseño de conexiones metálicas.

Todas las conexiones de estructuras metálicas serán atornilladas y diseñadas para su capacidad resistente con el criterio del AISC-LRFD, se debe evitar lo más posible el uso de soldaduras en sitio.

Carga muerta (Dead load).

Las cargas muertas incluyen el peso específico de los materiales de construcción que constituyen los marcos, techos, pisos, muros, divisiones, plataformas y todos los equipos y materiales permanentes. Las

presiones vertical y lateral de los líquidos en condición de permanentes se tratarán como cargas muertas acorde con la sección 2.2 del capítulo C.1.2 Acciones del Manual de Diseño de Obras Civiles de CFE-2015.

Los equipos de instalación permanente, así como accesorios y elementos (como tableros, bancos, luminarias, equipos estáticos, entre otros) que no tienen condiciones variables de carga como carga por operación, mantenimiento o pruebas indicarán como pesos muertos y modelarse como cargas concentradas. Cuando un equipo tenga condiciones variables de pesos por su función como cargas por operación, por prueba, estados de vacío etc. se aplicará lo indicado en el numeral “Cargas por Operación (Equipment Load)”.

Carga viva, viva reducida.

Las cargas vivas en ningún caso serán menores a las cargas vivas mínimas de diseño especificadas en estas bases, las cuales están de acuerdo con lo indicado en el punto 6.1 Cargas vivas, de las Normas Técnicas Complementarias sobre criterios y acciones para el diseño de las edificaciones. (NTC 2017). La carga viva reducida se tomará como una carga instantánea, la que se empleará para las revisiones de la estructura en la que se incluyan combinaciones con acciones accidentales.

Carga por granizo

No se tomará en cuenta para efectos de diseño solicitaciones por granizo debido a que es zona desértica.

Carga por operación.

Las cargas de este apartado serán las referentes a los pesos de equipos y estarán definidas como la carga del equipo mismo, con sus accesorios anexados (bridas, pasarelas, plataformas entre otros) y contenido. Se consideran adicionalmente los pesos de las líneas de procesos como tuberías, líneas contra incendio, entre otros en sus condiciones de vacío, operación y de pruebas hidrostáticas.

- ⊕ Condición de equipo vacío (Q1). Será utilizada solo para la verificación de la estabilidad del equipo con carga de viento para revisión de estabildades y para trabajos en las que se inducen cargas por montaje o erección. Durante el montaje se considerarán las cargas de impacto como se indican en el apartado de cargas por impacto mencionado en estas bases de diseño.
- ⊕ Condición de operación (Q2). Se tomará las cargas por operación en la que se considera el peso propio del equipo y/o tuberías, aditamentos que forman parte integral del equipo y los líquidos, fluidos y/o materiales para el cual fue diseñado en condiciones normales de operación. Se tomará esta carga para el diseño de la estructura simultáneamente con los efectos de viento y sismo para el diseño de las estructuras y sus efectos antes las acciones accidentales.
- ⊕ Condición de prueba hidrostática (Q3). Se tomará las cargas por prueba hidrostática en la que se considera el peso propio del equipo y/o tuberías, aditamentos que forman parte íntegra del equipo y las cargas por condiciones de máxima carga para estados de prueba. Amenos que, por condición de operación, para el diseño de cimentaciones, racks de tuberías y equipos, se estimarán las reacciones máximas para el diseño óptimo de cimentaciones y soportes.

El área y/o disciplina mecánica proporcionarán las cargas en operación, de prueba y en condiciones de vacío para equipos tanques y/o grúas cuando estas apliquen, se considerará como reacciones entes las cargas estáticas más las generadas por la inercia cuando se trate de equipo dinámicos.

Cargas dinámicas.

Para las cargas dinámicas se tomarán las recomendaciones de los fabricantes de equipos para las restricciones en estados límites de servicios (vibraciones), así como, excentricidades de cargas (distribución de pesos). A menos que se indique por el proveedor de los equipos, la cimentación tendrá un peso aproximado de tres veces el peso total de equipo dinámico.

La excentricidad total horizontal en cualquiera de las direcciones de análisis entre el centro de gravedad del sistema equipo-cimentación y el centro de la base de contacto (área) no excederá más de 5% de la dimensión de la base en la dirección que se analice.

El fabricante proveerá los datos del equipo, y estos serán los que rijan para el análisis y el diseño de la cimentación. Se tomarán los datos del suelo a partir de los datos suministrados por el estudio geotécnico.

- ⊕ Máximo esfuerzo admisible.
- ⊕ Porcentaje esfuerzo permitido (%Rs).
- ⊕ Peso unitario del suelo.
- ⊕ Angulo de fricción interna.
- ⊕ Coeficiente de empuje pasivo.
- ⊕ Coeficiente de fricción suelo-concreto.
- ⊕ Relación de Poisson.
- ⊕ Módulo de elasticidad.
- ⊕ Módulo de corte dinámico.
- ⊕ Asentamiento máximo permitido.

Cargas por viento.

Para el sitio donde se ubicará cada estación del Proyecto, el diseño por viento se realizará de acuerdo con el Capítulo C.1.4. “Diseño por Viento” del M.D.O.C. de la CFE-2020. Se tomará la velocidad de diseño VD, así como, la presión dinámica de base q_z , para la estimación de la presión y/o empuje por solicitaciones derivadas de la presión del viento. La presión dinámica de base se relaciona con la altura del sitio y esta presión se adecuará con los factores de forma y coeficientes de presión.

En el diseño por viento se tomarán las indicaciones de acuerdo con el Capítulo C.1.4. “Diseño por Viento” del M.D.O.C. de la CFE-2020. Se clasificará la estructura según: importancia, y comportamiento ante la acción del viento.

Cargas por sismo.

Para el análisis sísmico en el diseño de las estructuras se tomarán en cuenta lo indicado en el Capítulo C.1.3., del M.D.O.C. CFE “Diseño por Sismo” 2015 y lo que indique el estudio de geotecnia, geofísico y riesgo.

Sísmico del Proyecto.

El espectro sísmico transparente será reducido de acuerdo con lo expresado en el MDOC, Diseño por Sismo, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- ⊕ Factores por comportamiento sísmico (Q).
- ⊕ Factores reductores por ductilidad $Q' \langle Te, Q \rangle$.
- ⊕ Factor reductor por sobre resistencia $R \langle Te, RO \rangle$.
- ⊕ Factor por redundancia p .

Cargas vehiculares.

Las cargas para puentes, rampas, alcantarillas y pavimentos estarán de acuerdo con la Norma AASTHO 2018. Se usará un vehículo del tipo HS20-44 y el impacto a considerarse será de acuerdo con la Norma AASTHO 2018.

Amenos que se establezca una unidad vehicular que operará en zonas especiales, se diseñará el pavimento acorde con lo indicado en el párrafo anterior. Para los diseños de los pavimentos se tomarán los procedimientos y recomendaciones de American Association of State Highway and Transportation

Official (AASHTO) 2018 y se tomarán adicionalmente las recomendaciones de N.CMT.1.04.009 y N.CMT.4.02.002.

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación sea la resistencia a la flexión por tensión o Módulo de Ruptura (MR) a 28 días. Se determinarán para efectos de diseño:

- ⊕ Pavimentos ligeros que por diseño y/o cálculo sean losas de concreto con espesores de 100 milímetros y que toman en su diseño cargas concentradas de 10 kN (1,000 kg) máxima más impacto. Sus armados son de mallas electro-soldadas.
- ⊕ Se determinará pavimentos medianos que por diseño y/o cálculo sean losas de concreto con espesores de 150 milímetros y que toman en su diseño cargas por eje de hasta de 60 kN (6,200 kg) máxima más impacto.
- ⊕ Sus armados son de mallas electro-soldadas con doble armado.
- ⊕ Se determinará pavimentos de tránsito pesado (Heavy duty paving) que por diseño y/o cálculo sean losas de concreto con espesores mayores de 200 milímetros y que toman en su diseño cargas por eje de hasta de 120 kN (12,200 kg) máxima más impacto. Sus armados son de mallas electro-soldadas con doble armado.
- ⊕ En las memorias de cálculo se indicarán los espesores propuestos de diseño, recomendaciones de juntas, módulo de ruptura, su armado propuesto, y su correlación con la base hidráulica propuesta por el estudio de mecánica de suelos.

Cargas por fluidos

Son cargas debidas a fluidos con densidades bien definidas y alturas máximas controlables. Para la estimación de los efectos de carga ante la presencia de sismos, debe aplicarse los procedimientos indicados en el MOC-CFE Sismo 2015, sección 3.8. Se tomarán con sus intensidades más desfavorables para las estructuras.

Mampostería.

Los bloques para mampostería de concreto cumplirán con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería de la Gaceta Oficial de la Ciudad de México, así como con las Normas Mexicanas NMX-C-036-ONNCCE, NMX-C-404-ONNCCE, NMX-C-464-ONNCCE, entre otras. Los bloques de concreto tendrán una resistencia mínima de diseño a la compresión, por pieza, de $f'p = 60\text{kg/cm}^2$ y una resistencia media a la compresión mínima de $fp = 90\text{kg/cm}^2$; el mortero a ser usado para unir las piezas será del Tipo I con una resistencia a la compresión mayor o igual a $fj' = 125\text{kg/cm}^2$, todo lo anterior de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería de la Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2017 (RCDF y NTC).

Soldadura.

Son aplicables todas las previsiones de la Structural Welding Code-Steel, AWS D1.1. Para seleccionar el material de aporte se tomará como referencia la tabla 3.1 del AWS D1.1.

Tornillos de conexiones principales.

Los tornillos deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- ⊕ Tornillos de alta resistencia ASTM 325 Tipo I Galvanizados o Tipo II.
- ⊕ El diámetro mínimo de los tornillos será de 5/8 de pulgada (16 milímetros).
- ⊕ Rondanas endurecidas ASTM F436.
- ⊕ Tuercas hexagonales tipo estándar pesadas ASTM A563 grado DH3/ASTM A194 Grado 2H.

Tornillos estándar de montaje.

Las conexiones secundarias tales como sujeción de polines, montenes (perfil estructural), barandales deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- ⊕ Tornillos ASTM A307 grado A cabeza hexagonal.
- ⊕ El diámetro mínimo de los tornillos será de ½ pulgada (13 milímetros).
- ⊕ Rondanas ASTM F436.
- ⊕ Tuerca estándar cabeza hexagonal ASTM A563 Grado A.

Drenajes.

Los sistemas de drenaje pluvial, aceitoso y sanitario estarán contruidos a base de trincheras, canales, tuberías enterradas, registros, cajas de válvulas, según sea el caso y serán independientes entre sí.

Tubería de drenajes. Para el caso de las tuberías enterradas, el colchón sobre el lomo del tubo será de 0.60 metros en zonas donde no se presente paso vehicular y 0.90 metros en zonas de paso vehicular, en caso de que se requiera un colchón menor al indicado se realizará el análisis correspondiente para la revisión de la solución dada.

Registros y pozos de visita. Los registros y pozos de visita son estructuras de tabique rojo recocido o concreto con base y brocal de concreto para la unión de colectores subterráneos, como trampas de sedimentos y como puntos de inspección y/o mantenimiento.

Los registros y pozos de visita se ubicarán tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ⊕ En el punto inicial de una tubería de drenaje como punto de registro.
- ⊕ Para tuberías hasta de 60 centímetros de diámetro nominal, la distancia máxima entre registros y pozos de visita será la equivalente en metros a los centímetros que tenga el diámetro nominal de los tubos.
- ⊕ Para tuberías entre 60 y 150 centímetros de diámetro nominal, la distancia entre registros será de 60 metros como máximo.
- ⊕ En cambios de dirección y cambios en pendiente longitudinal.
- ⊕ En aquellos extremos en los cuales se prevea un cambio de diámetro o material de tuberías.
- ⊕ Se debe dejar cerca de las estructuras principales tuberías o trincheras de drenaje pluvial.

Velocidad de flujo. La velocidad mínima para el drenaje pluvial, aceitoso y sanitario será de 0.9 m/s y la máxima de 2.4 m/s en tuberías, en canales revestidos la mínima será 0.6 m/s y la máxima 2.4 m/s.

Debido al carácter abrasivo de los materiales sólidos debe evitarse que la velocidad de escurrimiento sea excesivamente alta, considerándose como valor límite superior 2.4 m/s.

Diques de contención.

Los diques de contención se diseñarán principalmente como un medio de contención ante derrames en equipos que sean susceptibles de sufrir derrames de productos químicos o aceitosos y servirán para contener el agua de lluvia que se mezcle con estos productos. Los diques serán dimensionados para tener una capacidad de 1.10 veces el volumen requerido por los equipos en cuestión y tendrán una pendiente del 1% hacia un cárcamo de bombeo para facilitar su disposición final.

Fosas y registros.

Las fosas y registros serán de concreto reforzado, ya sea colados en sitio o prefabricados. Se diseñarán considerando la carga debida al empuje del suelo y al agua en el terreno, las presiones se calcularán con el coeficiente de empuje del suelo en reposo $K_0=1 - \text{sen } \phi$, además de incluir la carga del fluido dentro de la fosa o registro, según aplique, y el sismo sobre el fluido según el Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por sismo.

Dependiendo del tipo de fluido a contener, las fosas o registros serán diseñadas tomando en cuenta las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI 350R), se debe revisar y limitar el ancho de grieta, las superficies expuestas del concreto en el interior de las fosas serán protegidas para resistir los ataques químicos a los que estarán sometidas durante su operación.

Junta de dilatación o expansión, construcción y contracción en pisos.

- ⊕ Las juntas en pisos serán diseñadas de acuerdo con las recomendaciones del ACI 302-1R-04.

Junta de dilatación o expansión.

- ⊕ Las juntas de dilatación se colocarán entre la losa de piso y la cimentación de equipo, zapatas, columnas, registros, sumideros y otros puntos de restricción.
- ⊕ La junta de dilatación estará formada por una junta elástica premoldeada y un sello elástico en la parte superior.

Junta de construcción.

- ⊕ Las juntas de construcción se colocan para delimitar el vaciado en la losa de piso.
- ⊕ La separación máxima será de 30 metros.
- ⊕ En áreas no sujetas a tráfico se puede utilizar una junta a tope o machimbrada pintada con asfalto en la siguiente etapa de colado, pero en áreas sujetas a tráfico pesado o a cargas pesadas o ambas la junta se hará incluyendo varillas pasa juntas.

Junta de contracción.

- ⊕ Las juntas de contracción se colocarán a una separación de 24 o 36 veces el espesor de la losa de piso y como máximo a una separación de 5.5 metros.

Vialidades.

Las vialidades serán con superficie de rodamiento a base de terracerías (a menos que se especifique otro acabado en los planos de arreglo general), tomando en cuenta lo siguiente:

- ⊕ El método de diseño podrá ser con base en el método AASHTO o por el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- ⊕ Las vialidades serán de doble circulación y contarán con guarniciones y banquetas de concreto en ambos lados, según se indique en los planos de arreglo general.
- ⊕ El ancho de la calzada será de 7.20 metros.
- ⊕ Pendiente máxima longitudinal de 6%.
- ⊕ Pendiente transversal de bombeo de 2%.
- ⊕ El radio mínimo para las vialidades se definirá en función del tipo de vehículo, pero en ningún caso podrá ser menor de 8.50 metros respecto al paño del carril.
- ⊕ El ancho mínimo de las banquetas será de 1.20 metros considerando la guarnición.
- ⊕ La velocidad de diseño de las vialidades al interior de las instalaciones no será mayor que 20 km/h.

En cruces con puntos ciegos y entradas principales de vehículos y maquinarias se considerará espejos convexos permanentes como medida auxiliar para prevenir colisiones o accidentes, tanto en la etapa de Construcción como en la etapa de Operación y mantenimiento de cada una de las instalaciones que conforman el Proyecto.

Bancos de ductos.

Para los bancos de ductos se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- ⊕ Se construirán de concreto con la cantidad de acero de refuerzo para la correcta disposición de los ductos y podrán ser reforzados con una cantidad mayor en las zonas donde sea requerido.
- ⊕ Podrán ser colados in situ o bien podrán ser elementos prefabricados.
- ⊕ Tendrán una pendiente de tres al millar (3/1000, Vertical/Horizontal) hacia los registros correspondientes para drenar la posible filtración de agua.
- ⊕ El punto medio entre registros será el punto más alto en los ductos, en tanto que el registro se considerará como el punto más bajo. En el caso de las llegadas o subidas a edificios o equipos el punto más alto será el cambio de dirección en la transición aérea y el más bajo el registro.
- ⊕ Se debe agregar impermeabilizante integral durante la elaboración del concreto.
- ⊕ El concreto de los bancos de ductos eléctricos será mezclado con color integral color rojo, en dosificación mínima de 7.5 kg/m³ de concreto.
- ⊕ Las profundidades mínimas estarán acorde a las recomendaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.
- ⊕ Se garantizará que no existan interferencias entre los bancos de ductos con otras instalaciones enterradas como son los diferentes sistemas de drenajes y se cumplirá con las distancias mínimas entre bancos de ductos ya sean de la misma especialidad u otra diferente.

Postes.

Las señales (postes) se instalarán de la siguiente manera:

- ⊕ Una señal a cada lado del DDV conforme a tabla de distancia mínima.
- ⊕ Una señal a cada lado del DDV lo más cerca posible y en ambos lados del cruce de una carretera, camino público, vía de ferrocarril, cruce pluvial y otros cuerpos de agua.
- ⊕ Una señal a cada lado del DDV lo más cerca posible y en ambos lados antes, después y en medio de los cambios de dirección mayores a 30°.

b. Clases de Localización.

Las clases de localización por donde pasará un ducto serán en conformidad con lo siguiente:

- ⊕ Clase de Localización 1. Lugares expuestos a la actividad humana poco frecuente sin presencia humana permanente. Esta Clase de Localización refleja áreas de difícil acceso, como los desiertos y regiones de la tundra.
- ⊕ Clase de localización 2. El área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población inferior a 50 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta Clase de Localización refleja áreas como tierras baldías, tierras de pastoreo, tierras agrícolas y otras zonas escasamente pobladas.
- ⊕ Clase de Localización 3. El área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población de 50 personas o más, pero menos de 250 personas por kilómetro cuadrado, con múltiples viviendas, con hoteles o edificios de oficinas donde no más de 50 personas pueden reunirse regularmente y con industrias dispersas. Esta Clase de Localización refleja áreas donde la densidad de población es intermedia entre la Clase de Localización 2 y la Clase de Localización 4, tales como las zonas marginales ubicadas alrededor de las ciudades y pueblos, ranchos y fincas.
- ⊕ Clase de Localización 4. El Área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más ocupadas por personas y/o lugares con una densidad poblacional de 250 personas o más por kilómetro cuadrado, excepto donde prevalezca una Clase de Localización 5. Esta Clase de Localización refleja zonas donde existan desarrollos urbanos, zonas residenciales, zonas industriales y otras áreas pobladas que no estén incluidas en la Clase de Localización 5.
- ⊕ Clase de localización 5. Cuando además de las condiciones presentadas en una Clase de Localización 4, prevalece alguna de las características siguientes:

- ✓ Construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja.
- ✓ Vías de comunicación con tránsito intenso o masivo.
- ✓ Instalaciones subterráneas de servicios prioritarios o estratégicas para la zona urbana.
- ⊕ La determinación de las clases de localización basada en la actividad humana consiste en evaluar el grado de exposición del ducto a daños y por consiguiente a la seguridad y protección de las personas, el medio ambiente y las Instalaciones. El diseño tomará en cuenta determinar la densidad de población por kilómetro cuadrado a lo largo de la trayectoria del ducto, tomando como referencia el censo de población y vivienda actual emitido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía y/o en su caso en los diversos programas existentes en materia de ordenamiento territorial, así como herramientas para SIG (Sistema de Información Geográfica).
- ⊕ La zona se debe dividir en áreas unitarias continuas para determinar la clasificación por Clase de Localización, la cual comprende una sección de 1,600 metros de longitud en la ruta del ducto y 200 metros a cada lado del eje del ducto; las áreas unitarias deben incluir el máximo número de edificaciones destinados a la ocupación humana acorde a la Clase de Localización.
- ⊕ La longitud del área unitaria podrá reducirse cuando se justifique la existencia de barreras físicas o de otros factores que limitarán la extensión de las zonas más densamente pobladas de una distancia total menor de 1600 metros.
- ⊕ Los requisitos de la Clase de Localización 5 se aplicarán también a los Ductos de clases de localización 3 y 4, cuando estén cerca lugares de reunión pública con concentración de personas como iglesias, escuelas, edificios de vivienda, hospitales o áreas recreativas. La concentración de las personas antes mencionadas está destinada a los grupos de 20 o más personas en un área exterior, así como en un edificio.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-02 Planos Civiles, se presentan los planos de Clase.

c. Profundidad.

Para el ducto, la profundidad mínima medida del lomo del ducto hasta la superficie debe cumplir con lo que indica la Tabla V.3.

Tabla V.3 Profundidad mínima de ductos enterrados

Localización	Suelo normal (cm) ^(a)	Roca consolidada (cm) ^(a)
Clase de Localización 1, 2, 3, 4	100	100
Clase de Localización 5	110	100
Cruzamiento en carreteras y zanjas de drenaje en caminos públicos	250 ^(c)	250 ^(c)
Cruces de ferrocarril	250 ^(c)	250 ^(c)
Áreas agrícolas	180 ^(b)	N/A
Áreas sujetas a escurrimientos superficiales	150 ^(b)	150 ^(b)
Áreas donde se planea la construcción de carreteras	^(b)	^(b)
Áreas donde se planea la construcción de vías de ferrocarril	^(b)	^(b)
Tuberías en río navegable, cuerpos de agua o en puerto marítimo	^{(b), (c)}	^{(b), (c)}
Caminos vecinales	200	200
Brechas poco transitadas o locales del propietario	120	120

^(a) Centímetros al lomo del ducto.

^(b) Cuando los requerimientos de profundidad mínima no puedan ser cumplidos o donde las cargas externas sean excesivas, el ducto deber ser encamisado o diseñado para soportar la carga externa anticipada.

^(c) Se apegará a los requisitos establecidos en el estudio y/o permiso otorgado por la dependencia correspondiente, para realizar cruce de ferrocarril, cuerpo de agua y/o carretera pública federal.

Fuente: GN0621-PI-200-MC-001 Memoria de Cálculo de Espesores de Tuberías

d. Cruzamientos.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-02 Planos Civiles se presentan los planos típicos de los cruzamientos:

- # Plano típico de cruce direccional con arroyos o cuerpos de agua (GN0621-CI-201-PL-004 Plano 1 de 12).
- # Plano típico de cruce con camino de terracería (GN0621-CI-201-PL-004 Plano 2 de 12).
- # Cruce con canal de riego (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 3 de 12).
- # Cruce con camino pavimentado (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 4 de 12).
- # Cruce con ducto existente (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 5 de 12).
- # Cruce con ductos existentes (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 6 de 12).
- # Cruce con perforación direccional (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 7 de 12).
- # Cruce con línea eléctrica (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 8 de 12).
- # Cruce con cruce con barranca (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 9 de 12).
- # Cruce con arroyos intermitentes (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 10 de 12).
- # Cruce con zona inundable (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 11 de 12).
- # Cruce con ferrocarril (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004, 12 de 12).

e. Transporte y tendido de la tubería.

Una vez realizado un recorrido en la zona, el Contratista determinará la mejor ubicación de los acopios principales considerando proximidad a la ruta y vías de acceso en buen estado. En estos acopios se llevará a cabo todo el manejo, incluyendo la recepción, revisión, levantamiento, carga, transporte, descarga, apilamiento y almacenamiento de los tubos, de tal manera que evite el daño y pérdida de éstos. El Contratista emitirá un procedimiento de control de almacenamiento de materiales, antes de iniciar la movilización de los tubos.

Todo el personal involucrado recibirá una inducción específica antes del inicio de la obra. La inducción detallará los requisitos de Medio Ambiente, Seguridad e Higiene del Proyecto. Se preparará una “área de cuarentena” para recibir y confinar todos los tubos y materiales sin uso que se encuentren dañados.

El material debe ser inspeccionado visualmente, de manera interna y externa respecto a daños, defectos en la superficie, laminaciones, biseles defectuosos y tolerancias de las dimensiones, garantizando que los tubos y los biseles estén en buen estado y que los recubrimientos estén libres de daños visibles, o comprobará que cualquier daño existente sea identificado, registrado y marcado claramente.

Los tubos dañados serán identificados y llevados a un área de almacenamiento específica para que sean reparados.

Manejo de la tubería.

Todos los tubos se levantarán, moverán y bajarán de una posición a otra utilizando únicamente el equipo adecuado para evitar daños a las paredes del tubo, a sus extremos o al recubrimiento. Se debe asegurar de que los tubos no se dejen caer ni golpeen objetos que pudieran dañar sus paredes, extremos o recubrimiento.

Se deben utilizar ganchos forrados convencionales fijados a las grúas o a los sideboom o utilizará excavadoras con un acoplamiento de ventosas. Todos los marcos, calibradores, cables u otros implementos de sujeción utilizados para manejar el tubo estarán acolchados para proteger al tubo y al recubrimiento.

Los tubos se transportarán exclusivamente en camiones o tráileres (no se utilizará equipo de levantamiento para transportarlos), los cuales serán inspeccionados para verificar que estén libres de cualquier material que pudiera dañar o contribuir al movimiento del ducto durante el transporte.

Sólo después de la carga, se utilizarán eslingas no metálicas adecuadas para amarrar la carga con seguridad al camión (o tráiler) y, durante el transporte se revisará con regularidad la tensión de las eslingas.

Colocación y apilamiento de la tubería.

Como regla general, el Contratista transportará los tubos directamente desde los acopios hasta el DDV, los cuales serán colocados sobre polines o bolsas de arena a lo largo del DDV para evitar el contacto con el suelo.

Las superficies terrestres que se van a utilizar para apilar los tubos serán de una pendiente razonablemente suave.

Los tubos apilados se levantarán por arriba de las superficies de tierra y serán inmovilizados utilizando cualquiera de lo siguiente, dependiendo de las situaciones locales: bermas de arena cernida cubiertas con una lámina de polietileno o polines de madera y cuando se apilen en la capa inferior de los ductos se calzarán debidamente.

Cuando sea necesario, en áreas en donde aparezcan rocas o peñascos a nivel de la superficie de la tierra, en donde haya problemas relevantes medioambientales o con los propietarios de los terrenos, a lo largo o cerca del trayecto del ducto, se prepararán áreas temporales de apilamiento de ductos.

La altura a la cual se pueden apilar los tubos estará limitada a 4 niveles, tanto para ductos recubiertos como desnudos. Cada apilamiento temporal recibirá mantenimiento, limpieza y será debidamente restaurado a satisfacción del propietario de las tierras, obteniendo una exención firmada por los mismos.

La madera de estiba, la madera de construcción, flejes, hojas y demás desperdicios se desecharán adecuadamente.

Curvado de tubería en frío.

El Contratista según se requiera doblará en frío los tramos rectos de tubería de línea con base en el levantamiento topográfico para establecer los grados de doblado necesario para asegurar que la tubería quede instalada conforme al perfil de la zanja que será excavada. Curvas leves sobre largas distancias puede obtenerse utilizando la flexibilidad natural de la tubería hasta su radio elástico. El radio mínimo de flexión dentro de los límites elásticos de la tubería no excederá el 70% SMYS del tubo. El doblado en frío se realizará con una máquina dobladora transportada a lo largo de la ruta del ducto.

El ángulo de curvado que hará a la tubería será determinado por el Ingeniero experto o apoyado por el equipo de topografía. Antes de iniciar las actividades de doblado, se realizará una prueba doblando a un tubo y se revisará para asegurar que no haya daños internos o torceduras. Se utilizará un mandril hidráulico interno para reducir la ovalización del tubo en la zona de doblado. Serán inspeccionados visualmente todos los tubos doblados por si existen torceduras, arrugas, abolladuras, ranuras, muescas, grietas o cualquier otra evidencia de daño mecánico a la tubería.

Cada tubo doblado será inspeccionado con una placa de calibración para garantizar un diámetro interno adecuado, cualquier curva encontrada que exceda las limitaciones aceptables se reservará y se marcará debidamente con el fin de evitar su instalación en el ducto.

En todas las zonas donde no es posible instalar tubería doblada en frío debido a restricciones del DDV o donde se deban ejecutar excavaciones adicionales tanto del DDV como de la zanja, se procederá a instalar curvas a 5D. Estas curvas serán definidas durante la Ingeniería de Detalle y se instalarán según se requieran.

Soldadura.

Preparación de biseles. El personal especializado llevará a cabo la limpieza de los extremos biselados utilizando pulidora con cepillo y/o con biseladoras automáticas.

Antes de realizar la soldadura, cada unión de tubería será inspeccionada para evitar cualquier contaminación, arena, o algún otro residuo acumulado dentro de la tubería. Esto se realizará utilizando una escobilla redonda y/o con aire a presión.

Después de la limpieza, la tubería será alineada utilizando un alineador neumático interno y posteriormente serán soldadas por el método de soldadura automática.

Para permitir la soldadura automática (GMAW) los extremos de la tubería serán re-biselados utilizando una maquina biseladora.

El Contratista será responsable de la medición y registro de la información de la tubería, incluyendo la ubicación de la soldadura, medida del curvado, tipo y ubicación, así como la longitud número de lote y colada de cada tubo intervenido en la junta soldada.

Soldadura automática.

La soldadura en las líneas de tubería será realizada utilizando el sistema GMAW (soldado mecanizado). Todos los biselados en los extremos de tubería serán revisados con un calibrador y medidor de perfiles antes de aplicar el sistema GMAW, la tubería que no cumpla con las especificaciones será biselada de acuerdo con la descripción aprobada en WPS.

El interior del tubo será cuidadosamente inspeccionado en toda su longitud y se removerá toda materia o residuo con un dispositivo de limpieza. No se retirará el alineador interno hasta que el primer paso esté 100% concluido. Se instalarán carpas con suficiente espacio para los operadores y soldadores, donde podrán realizar sus operaciones.

Se proporcionarán tapas lona o protecciones al final de cada proceso de soldado para prevenir que objetos o animales logren introducirse en la tubería durante la noche.

Se empleará un inspector calificado y experimentado en el área de soldadura y suficiente personal de control de calidad (QC) para garantizar la calidad del trabajo y la emisión de los registros diarios de QC. Las reparaciones de soldaduras se sostendrán sólo hasta un máximo permitido de acuerdo con los requerimientos contractuales y determinado en el plan de calidad. Si se supera el límite permitido, se implementará un método para controlar los trabajos hasta que los rangos de reparaciones se mantengan por debajo de los límites aceptables.

Todos los residuos asociados con las actividades de soldadura serán recolectados y dispuestos diariamente de acuerdo con lo estipulado. Las soldaduras de las líneas principales serán concluidas conforme al WPS calificado.

Ensayos no destructivos de la soldadura.

Las pruebas no destructivas serán ejecutadas en el 100% de las juntas soldadas, conforme a lo requerido en las especificaciones del Proyecto. Los métodos de las inspecciones no destructivas serán de la siguiente manera:

- ⊕ GMAW (línea principal) Soldadura automática - Inspección Ultrasónica Automática.
- ⊕ Soldadura SMAW (cruces y empalmes) Soldadura Manual - Inspección Radiográfica (RT).
- ⊕ Soldadura SMAW (instalaciones) Soldadura Manual - Inspección Radiográfica RT, Partículas Magnéticas.
- ⊕ MT, Líquidos Penetrantes PT.

Las actividades de Pruebas No Destructivas (NDT) serán realizadas por una compañía calificada. Para cada método de inspección no destructiva que se aplique, se presentarán los procedimientos ITP (plan de inspección y prueba) a GCN.

Se preverá un número suficiente de inspectores de NDT certificados y calificados para garantizar resultados de las pruebas en el día, con el fin de mantener los niveles de producción. Los informes NDT de la producción de un día estarán a disposición para inspección por parte de GCN.

Revestimiento de juntas y reparaciones.

Todas las uniones soldadas de tubería serán arenadas y revestidas con líquido epóxico (FBE) de componentes múltiples. El Contratista emitirá para aprobación de GCN un procedimiento constructivo de revestimiento de juntas conforme a las especificaciones del Proyecto y las recomendaciones del fabricante del recubrimiento. El personal que realizará esta actividad tendrá las calificaciones y certificaciones solicitadas por GCN y el fabricante del producto. El revestimiento defectuoso será claramente marcado y reparado según la especificación del Proyecto.

Todas las reparaciones serán inspeccionadas visualmente y con detector de porosidad para confirmar que son aceptables y cumplen con las especificaciones del Proyecto.

Zanja.

Antes del comienzo de cualquier actividad de excavación, se asegurará que todos los permisos requeridos estén aprobados y firmados. Se mantendrán copias de todos los permisos aplicables en los sitios de excavación y excavación durante estas actividades.

Las operaciones de zanjado generalmente se realizarán después del recubrimiento de las juntas para minimizar la cantidad de zanjas abiertas. En las secciones escarpadas y en algunos casos en particular, como zonas rocosas y cruces especiales, la zanja se abrirá eventualmente antes del tendido de los tubos. En las zonas muy escarpadas y en los cruces especiales, los tubos se tenderán, se soldarán, se someterán a inspección con ensayos no destructivos y se recubrirán directamente en la zanja. Para reducir el riesgo asociado con zanjas abiertas en el Proyecto, se minimizará la cantidad de zanjas abiertas siempre que sea posible. La zanja abierta se volverá a tapar de manera de no entorpecer y no causar peligros durante el desarrollo de las actividades de desfile, curvado, soldadura, NDT y revestimiento. De esta manera se prevé optimizar la excavación dando prioridad a los tramos con material duro y no tener problemas ni retrasos durante la fase de excavación de zanja de línea antes del bajado de la tubería.

La zanja se excavará para proporcionar la separación lateral y la profundidad mínima de la cubierta acorde con los planos y especificaciones de construcción, la zanja tendrá un ancho mínimo de 300 milímetros mayor que el diámetro exterior de la tubería o 450 milímetros cuando haya roca presente en la zanja y para cruces de agua. Se tendrá cuidado de garantizar que el material fresco para la operación de zanjado no se mezcle con los residuos sueltos ni con materiales extraños. El material excavado se almacenará de acuerdo con los requerimientos del Proyecto para prevenir que resbale hacia la zanja o que origine un riesgo de seguridad.

Cuando la operación de zanjado se acerque o cruce ductos o plantas instaladas previamente, las líneas se localizarán y marcarán claramente antes de realizar cualquier trabajo. Sólo se utilizará excavación manual para asegurar una clara definición del obstáculo con el fin de evitar cualquier daño mecánico.

Las ranuras para las barreras de la zanja se completarán con el zanjado cuando sea necesario. Si es necesario, las zanjas se mantendrán secas en todo momento por medio de bombas de agua. El fondo de la zanja será visible (sin agua ni materiales) y estar limpio de residuos antes de bajar la tubería.

Todas las excavaciones se diseñarán con pendientes en las paredes para cumplir lo establecido en la ingeniería, en especial en las excavaciones en las cuales el personal entrará a la zanja, como en los empalmes. Se desarrollará un procedimiento específico para la actividad, como parte de los procedimientos de construcción detallados de la tubería según el contrato, especificando todos los aspectos de las tareas de zanjado.

Profundidad de la cubierta.

A menos que se especifique lo contrario, la zanja se clasificará para obtener espacios libres especificados en todos los cruces de tuberías, cruces de carreteras y zanjas, corrientes de canales o cualquier otra instalación u obstrucción.

Los requisitos de profundidad de cubierta especificados serán medidos desde la parte superior de la tubería. La zanja se debe excavar para reducir al mínimo el número y el grado de curvas de la tubería. La zanja se clasificará para pasar por debajo de carreteras, zanjas, canales, arroyos o cualquier otra obstrucción existente para proporcionar espacio y pasar por debajo o por encima de los servicios públicos existentes.

Cama y bajado de tubería.

Una vez que se haya completado el recubrimiento de la junta y que se haya realizado la verificación de la integridad del recubrimiento, cada sección de tubería soldada ubicada a un lado de la zanja se levantará y se colocará en la zanja con los tractores de carga lateral (Sideboom).

Justo antes de bajar el tubo, se llevará a cabo la detección de micro orificios y se realizará la reparación del recubrimiento cuando sea necesario. Antes de bajar el tubo revestido, se preparará el fondo de la zanja y, cuando sea necesario, se instalarán almohadas de espuma o de bolsa de arena tejidas con nylon para recibir el tubo. Se retirará toda el agua de la zanja antes de bajarla en la tubería. Si esto no se puede lograr, se inspeccionará la zanja y protegerá mecánicamente la tubería.

El fondo de la zanja será visible y no tendrá escombros ni ningún objeto que pueda causar daños al recubrimiento o al tubo. En caso de un lecho con material que pueda afectar el recubrimiento de la tubería, el lecho se producirá in situ con el equipo de tamiz vibratorio y con la trituradora. Con el fin de minimizar la cantidad de material importado, se utilizarán maquinaria de tamizado móvil y trituradoras de rocas, para la cama se empleará material con un tamaño de malla de 38 x 38 milímetros.

Relleno / tapado de zanja.

Se rellenará la zanja tan pronto como sea posible, una vez finalizadas las operaciones de pre-tapado, la instalación del flexoducto de fibra óptica y las cintas de seguridad. El material de relleno será el material producto de la excavación, no se usará el suelo orgánico (Topsoil) para rellenar la zanja.

Especial cuidado se tendrá durante el relleno de la zanja, asegurando que no se dañe el revestimiento de las tuberías ni las tuberías. El relleno no se colocará directamente sobre la tubería. El área alrededor de la tubería (300 milímetros en cualquier dirección) en la zanja será rellenada con un material pequeño y fino que cumpla con los requisitos de relleno.

Se utilizará material aceptable para el relleno. Para ser aceptable, el material de relleno debe cumplir con las siguientes características: i) debe mantenerse libre de materiales extraños, incluidos polines, raíces, ramas de árboles, varillas de soldadura, latas, botellas, basura y otros residuos, ii) no se colocan rocas mayores de aproximadamente 300 milímetros en ninguna dimensión en la zanja a 300 milímetros de la tubería y no se colocan rocas mayores de 600 milímetros en ninguna dimensión en la zanja a 600 milímetros de la tubería.

En general, el suelo tomado de la zanja es generalmente aceptable para el relleno siempre que cumpla con los requisitos dimensionales que se detallan en los planos y especificaciones aplicables al Proyecto.

En la zona de la zanja, se realizará un coronamiento el cual se aplanará para formar una capa de material de aproximadamente 30 centímetros en el centro de la zanja, (en zonas agrícolas no más de 30 centímetros) dejándose espacios en los lugares de drenaje para permitir el libre escurrimiento del agua.

Cuando el Proyecto cruce terrenos de cultivo o en los cuales se podría cultivar eventualmente, se debe considerar los siguientes requisitos: i) utilizarse el material orgánico (Topsoil) separado durante las fases de apertura de la plataforma de trabajo y excavación, ii) para restablecer la superficie de la pista incluyendo la parte superficial de la zanja y restauración de caminos lo más posible a su estado original.

Se finalizarán las operaciones de relleno y tapado y posteriormente se realizará la limpieza, restauración y construcción de berma de la plataforma de trabajo, estas actividades quedarán descritas en el procedimiento específico correspondiente a estas tareas de limpieza y restauración final.

f. Construcción de instalaciones superficiales.

Terracerías.

Estos trabajos inician con un recorrido en las instalaciones, un levantamiento topográfico y la verificación de la implementación del plan ambiental. Las actividades de terracerías incluyen la preparación del terreno, limpieza y nivelación con equipo convencional de acuerdo con lo establecido en la ingeniería implementando las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos.

Una vez que las terracerías han sido finalizadas, se hará frente a preparativos de excavación, sistemas enterrados y cimentación con el propósito de una revisión y plan para la recepción en tiempo de equipos. Posterior a esto, se iniciará la terracería en el área de tuberías, servicios auxiliares y edificios.

Excavaciones y sistemas enterrados.

Los trabajos de construcción de banco de ductos serán realizados por los frentes necesarios tomando en cuenta los equipos, tuberías y edificios.

Las trincheras requeridas para tuberías y bancos serán realizadas bajo secuencia, en cumplimiento con los permisos necesarios de excavación los cuales al menos deben contar con barricadas, accesos o rampas, dimensiones de instalación, cama y relleno.

Cada tramo de ducto o tubería será ubicado a un lado de la excavación donde se realizarán las soldaduras, amarres, cortes, pruebas, entre otros según su requerimiento, no excluye que previo a la bajada a la trinchera se realice una preprueba según corresponda, a la bajada se efectúan posicionamientos y pruebas finales donde sea requerido, rellenos por capa con el material correspondientes y el porcentaje de compactación especificado, el montaje de los ductos obedecerá una secuencia tomando en cuenta los cruces de tuberías que se detallan en el programa de obra.

La bajada de tuberías subterráneas se llevará a cabo mediante el uso de grúas. Inmediatamente antes de bajar una sección de tubería, se inspeccionará la zanja para asegurarse de que no quedan rocas que puedan dañar la tubería. Cuando la tubería pase por la última cuna, se inspeccionará para asegurarse de que no quedan restos antes del descenso. La tubería se bajará sobre camas de tierra o sacos de arena.

El equipo de maniobras dejará secciones de tubería sin conectar. Los extremos de los tubos quedarán expuestos y se solaparán ligeramente. Se considera que una soldadura es un "tie-in" cuando uno los extremos sueltos de dos tramos de tubería más largos después del descenso o cuando se debe completar una soldadura en la zanja. Las cuadrillas de conexión estarán compuestas de manera que completen las soldaduras finales, recubran la tubería, la almohadilla y el relleno. Se excavará un agujero de campana o la trinchera será suficientemente ancha para garantizar la seguridad de la cuadrilla mientras trabaja en la zanja. A continuación, se cortará, sujetará y soldará la tubería. Después de que la soldadura haya sido radiografiada según los requisitos del sistema, se recubrirá la junta con su respectiva prueba de anticorrosión. A continuación, el equipo del área civil bajo la supervisión de personal de tubería completará el relleno y compactación de la zona.

Cimentaciones.

Tras completar las terracerías de acuerdo con las prioridades, iniciará la construcción de las cimentaciones primeramente de los equipos, se trabajará con una secuencia que eventualmente abra un máximo de frentes de trabajos simultáneos.

Las cimentaciones para los diversos equipos, así como también los soportes de tuberías se construirán en la secuencia definida por el plan de trabajo el cual debe cumplir con el cronograma del Proyecto.

V.1.2.2 Diseño mecánico

a. Gasoducto.

Para las condiciones de diseño a utilizar en el Proyecto consultar las Bases de Diseño “GN0621-PR-200-BD001” y la Especificación de Materiales de Tuberías “GN0621-PI-200-ESP-001” que forma parte de la Especificación de Sempra Infraestructura IC-05-I451 “Especificación de materiales de tuberías en instalaciones de Sempra Infraestructura”. (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

La presión máxima de operación permisible del ducto es de 1,453 psig y la “Especificación de materiales de tuberías documento “GN0621-PI-200-ESP-001” en instalaciones de Sempra Infraestructura” se consideran los valores indicados en la tabla sin número de la página 4 (por estándar de Sempra Infraestructura) que cumple los requerimientos del ASME B31.8/NOM-007-ASEA-2016 para líneas de proceso y del código ASME B31.3 para líneas de servicios (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

Los materiales de la tubería, válvulas, bridas, conexiones y accesorios serán los adecuados a las condiciones de diseño y estar dentro de los límites de temperatura, presión y esfuerzos máximos permisibles establecidos en los códigos ASME B16.5 y ASME B31.3/ASME B31.8.

En caso de discrepancia entre códigos y normas prevalecerá el criterio más estricto.

El diseño mecánico de tuberías se debe realizar con base en las condiciones de diseño y servicio de la tubería, así como cumplir con el código ASME B31.8, API RP 111 y la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 de manera enunciativa más no limitativa cumplirá con lo siguiente:

- ⊕ Temperaturas máximas y mínimas, tanto del proceso como del ambiente.
- ⊕ Presiones máximas y mínimas del circuito de tubería.
- ⊕ Compatibilidad entre los materiales de los componentes de tubería con la sustancia contenida y con el ambiente.
- ⊕ Compatibilidad entre materiales de los componentes de tubería y resistencia mecánica de éstos.
- ⊕ Fácil de construir y facilidades de operación y mantenimiento.
- ⊕ Considerar los efectos ambientales que inciden en la tubería.
- ⊕ Efectos que se derivan del servicio, instalación, apoyos y localización geográfica que inciden en la tubería.
- ⊕ Vida útil mínima requerida (corrosión y erosión).
- ⊕ Esfuerzos permisibles y otros límites de esfuerzos.
- ⊕ Variaciones en las condiciones de Presión-Temperatura.
- ⊕ Tolerancia y resistencia mecánica.

b. Especificación para ductos e instalaciones de gas natural.

El diseño, construcción y operación de los ductos para transporte de gas natural cumplirán con todos los requerimientos del código ASME B31.8, API RP 111 y la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, y las especificaciones de Sempra Infraestructura IC-05-I451 Especificación de Materiales de Tuberías en Instalaciones de Sempra Infraestructura.

El ducto será recubierto en cumplimiento con SI - Especificacion Aplicacion Recubrimientos Equipos y Estructuras en Instalaciones de SI. Los ductos se deben proteger contra la corrosión utilizando un sistema de recubrimiento anticorrosivo y de protección catódica conforme a lo indicado en el numeral 7.57. Corrosión externa de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.

Los ductos están diseñados con un espesor de pared suficiente, para soportar la presión interna y los esfuerzos a los cuales estarán expuestos durante y después de su instalación. En el diseño de los ductos se deben considerar las cargas externas relacionadas con el medio ambiente y condiciones operativas, tales como:

- ⊕ Cargas vivas, como son el peso del gas (considerar el peso del agua para efecto del cálculo), nieve, hielo y viento, entre otros.
- ⊕ Cargas por tráfico cíclico de vehículos.
- ⊕ Cargas muertas como: El peso de los ductos, recubrimientos, rellenos, válvulas y otros accesorios no soportados.
- ⊕ Esfuerzos provocados por sismos.
- ⊕ Vibración y/o resonancia.
- ⊕ Esfuerzos provocados por asentamientos o derrumbes en regiones de suelos inestables.
- ⊕ Efectos de contracción y expansión térmica.
- ⊕ Movimiento de los equipos conectados al ducto.
- ⊕ Esfuerzos provocados por corrientes fluviales o pluviales.
- ⊕ Esfuerzos provocados en los cruces con vías de comunicación.
- ⊕ Factor de seguridad por densidad de población (F), para ductos de acero.
- ⊕ Factor por eficiencia de junta longitudinal soldada (E).
- ⊕ Espesor adicional por desgaste natural o margen de corrosión.

Cálculo de espesor del ducto.

El cálculo de los espesores de los ductos de acero que transportan gas se determina de conformidad con la fórmula indicada en el código ASME B31.8:

$$t = \frac{P * D}{2 * S * F * E * T}$$

- t = Espesor de pared mínimo requerido, en mm (pulg).
- P = Presión de diseño, en kPa (lb/pulg²).
- S = Resistencia mínima a la cedencia en kPa (lb/pulg²).
- D = Diámetro exterior especificado para el Ducto, en mm (pulg).
- F = Factor de diseño.
- E = Factor de eficiencia de junta longitudinal.
- T = Factor de corrección por temperatura.

Las tablas y selección de cada factor serán conforme al ASME B31.8, estos valores serán indicados en la memoria de cálculo de espesor de tuberías del Proyecto. Al emplear los factores del código ASME B31.8 también se cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, debido a que los factores de diseño considerados por el código ASME son más estrictos que los de la Norma Oficial Mexicana.

Determinación de la clase de localización y presión máxima de operación permisible (PMOP).

La determinación de la Clase de Localización será en conformidad con el área unitaria del sistema de transporte y de acuerdo con el numeral 7.5 de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016; la determinación de la presión máxima de operación permisible (PMOP) debe efectuarse de acuerdo con el numeral 10.18.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

Para cada ducto se realizará un estudio de campo y gabinete para establecer:

- La clase de localización real de todo el sistema de transporte, y la presión máxima de operación permisible (PMOP).
- Que el esfuerzo tangencial producido por la presión máxima de operación permisible (PMOP), determinado de acuerdo con el numeral 7.14 y que corresponda a la clase de localización conforme a lo indicado en la Tabla 9 de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.
- En caso de que un ducto tenga una presión máxima de operación permisible (PMOP) que produzca un esfuerzo tangencial que no corresponda a su clase de localización, se deben adecuar las condiciones de operación consideradas en el diseño, de conformidad con lo establecido en el numeral 10.19.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

Esfuerzo tangencial máximo permitido.

El esfuerzo tangencial máximo permitido se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$ST = \frac{P * D}{2 * t}$$

- t = Espesor de pared mínimo requerido, en mm (pulg).
P = Presión máxima de operación (PMO), en kPa (lb/pulg²).
ST = Esfuerzo tangencial máximo permisible en kPa (lb/pulg²).
D = Diámetro exterior especificado para el ducto, en mm (pulg).

El esfuerzo tangencial máximo permitido se establece como un porcentaje de la RMC de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\% RMC = \frac{ST}{RMC} * 100$$

Instalaciones para corridas de diablo.

Los ductos de acero al carbón considerarán en su diseño y construcción la instalación de trampas de envío y recibo de dispositivos de limpieza e inspección interna para la evaluación de la integridad del sistema conforme a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016. Los ductos se diseñarán y construirán para permitir el paso de dispositivos de inspección interna y de limpieza. Lo anterior no es aplicable a:

- ⊕ Ductos de proceso en estaciones de compresión, medición y/o ductos asociados con las instalaciones de recepción o entrega.
- ⊕ Diámetros de ducto para los cuales no existe un dispositivo instrumentado de inspección interna.
- ⊕ Ductos interconectados a un Sistema de Distribución cuya operación esté ligada a la de dicho Sistema.

Adicionalmente, el cálculo se realizó de acuerdo con el código ASME B31.8 para la condición de presión interna y del estándar API RP 1111 para condiciones de rotura, colapso, pandeo local y propagación de pandeo. El espesor de la línea que estará sumergida puede ser modificado acorde a los cálculos de flotabilidad, a continuación, se desglosa el espesor mínimo seleccionado por el código ASME B31.8 y de acuerdo con los requisitos de diseño del API RP 1111:

- ⊕ Clase 1: 0.500".
- ⊕ Clase 2: 0.576".
- ⊕ Clase 4: 0.835".

c. Válvulas de seccionamiento

Los ductos contarán con válvulas de seccionamiento a lo largo de su trayectoria, y serán instalados como a continuación se menciona, pero sin exceder la distancia marcada de acuerdo con su Clase de Localización y conforme a lo indicado en el ASME B31.8:

- a) En áreas en donde predomine una clase de localización 1 División 1 y 2 se instalará a cada 32 kilómetros.
- b) En áreas en donde predomine una Clase de Localización 2 se instalarán a cada 24 kilómetros.
- c) En áreas en donde predomine una Clase de Localización 3 se instalarán a cada 16 kilómetros.
- d) En áreas en donde predomine una Clase de Localización 4 se instalarán a cada 8 kilómetros.

Al emplear los criterios del código ASME B31.8 para colocación de una válvula de seccionamiento en la trayectoria del ducto también se cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 debido a que los factores de diseño considerados por el código ASME son más estrictos que los de la Norma Oficial Mexicana.

Registros subterráneos para válvulas.

Los registros subterráneos para válvulas, estaciones de relevo de presión o de regulación de presión estarán localizados en lugares accesibles, fuera de derechos de vía de terceros y lo más alejado posible, adicionalmente contarán con escalera de acceso y plataforma de mantenimiento para cada válvula, conforme a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

Los registros subterráneos o fosa de techo cerrado para ductos, válvulas, estaciones de relevo de presión o de regulación de presión estarán sellados, venteados o ventilados conforme a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

Condiciones para el análisis de esfuerzo de la Estación.

Las condiciones de diseño, para el análisis de esfuerzos de la estación de compresión serán determinadas con base a la memoria de cálculo hidráulico con el ducto operando en dirección a la estación de compresión o al punto de entrega, con el propósito de indicarlas en el software Caesar II, los parámetros a utilizar en el cálculo se indican a continuación:

- ⊕ Material.
- ⊕ Presión de diseño.
- ⊕ Temperatura máxima de diseño.
- ⊕ Temperatura de instalación.
- ⊕ Diferencial máximo de temperatura.
- ⊕ Densidad del gas a las condiciones de operación.

Condiciones del terreno.

La siguiente información se obtendrá de la mecánica de suelos del Proyecto, con el propósito de modelar las condiciones del terreno y en el software Caesar II, los parámetros mínimos a utilizar se enuncian a continuación:

- ⊕ Densidad del suelo.
- ⊕ Profundidad del ducto a tope.
- ⊕ Esfuerzo cortante no drenando.
- ⊕ Factor de compactación de sobrecarga.
- ⊕ Temperatura del terreno.

Condiciones Generales.

Los siguientes criterios serán considerados en la realización del análisis de esfuerzos:

- # Cargas muertas. Son las cargas debidas al peso propio de la tubería, accesorios, válvulas, entre otros.
- # Cargas vivas. Son las cargas debidas al fluido a transportar (gas natural).
- # Presión: Se consideran las presiones de diseño indicadas anteriormente.
- # Temperatura. Se considera la máxima temperatura diferencial de la de diseño respecto de la de instalación, ya sea que esta última corresponda a tubería aérea o enterrada en estaciones y en el gasoducto.
- # Cargas externas. Todas las cargas externas tanto uniformes como concentradas.
- # Modelamiento del terreno: Las condiciones del terreno a utilizar en el cálculo y se presenta el método empleado para el cálculo de las tuberías enterradas.
- # Factores de concentración de esfuerzos. En la tabla E-1 del apéndice E del código ASME B31.8 se establecen las relaciones para calcular los factores de concentración de esfuerzos para los diferentes tipos de codos, te's y ramales. Estos factores adimensionales son función de la geometría de estos elementos y el software Caesar II los calcula automáticamente.
- # Se analizarán los sistemas de tuberías con base a los siguientes lineamientos: tuberías principales, tuberías de entrada y salida y otros equipos sensibles. En las memorias de cálculo se incluirán los índices de las líneas estudiadas.
- # Cargas sísmicas y por viento. Se indicarán estas cargas como ocasionales, en la tubería enterrada solo se indicará las cargas por el efecto del sismo, pero en los tramos aéreos en estaciones, válvulas de seccionamiento, estaciones de medición se indicarán ambas, el factor a utilizar se obtendrá con base en los manuales de viento y sismo de la Comisión Federal de Electricidad en su última edición.
- # Flexibilidad vs. cargas y esfuerzo. Cada sistema de tubería tendrá una adecuada flexibilidad y estabilidad elástica en los eventos de expansión térmica, sustentación y operación conforme lo establece el código ASME B31.8. Para satisfacer las anteriores condiciones se evalúan los esfuerzos, deformaciones y las cargas que se han de transmitir a las estructuras portantes.
- # Método de Análisis. El análisis de esfuerzos se realizará empleando el software de análisis de esfuerzos Caesar II o algún otro similar. Este programa es una herramienta de diseño mecánico y análisis de sistemas de tubería que permite la creación de un modelo del sistema de tubería usando elementos simples tipo viga, en él se modela la geometría de la tubería y se definen las condiciones de carga impuestas en el sistema, después se realiza la corrida del modelo y el programa presenta reportes de las cargas, los esfuerzos y las deformaciones resultantes, comparándolos con los límites admisibles según el código que aplique. Este proceso es iterativo y se realiza hasta obtener resultados satisfactorios.

Soldadura.

Todas las soldaduras se realizarán utilizando un procedimiento de soldadura (WPS), previamente calificado por uno o más registros de calificación del procedimiento (PQR) y efectuado por un soldador u operador calificado (WPQ), los cuales cumplirán con lo establecido en la especificación de GCN IC-02-ES11 "Especificación de Soldaduras".

La soldadura será realizada por un soldador y/u operador calificado, utilizando procedimientos aprobado por un inspector de soldadura calificado por los Regulados, así mismo se asegurará de que los soldadores cumplen con los requerimientos y procedimientos del Proyecto. La calificación del procedimiento y la calidad de la soldadura se determinarán por pruebas destructivas.

El soldador debe cumplir con los lineamientos indicados en la sección 8.6 de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016. El soldador también será calificado bajo pruebas no destructivas y destructivas, aun y cuando este sea calificado bajo código ASME sección IX.

Los WPS, PQR y WPQ para soldaduras que conforman el ducto (línea regular) y líneas para servicio de gas natural será conforme lo establecido en el ASME B31.8/API 1104. Los WPS, PQR y WPQ para

soldaduras que conforman la instalación para líneas de servicios será conforme lo establecido en el ASME B31.3 y/o ASME sección IX.

Los soportes de un ducto superficial, operado a un nivel de esfuerzo equivalente a 30% o más de la RMC debe cumplir con lo siguiente conforme lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016:

- ⊕ Evitar ser soldados directamente al ducto.
- ⊕ Estar contruidos con un elemento que circunde completamente al ducto.
- ⊕ Cuando un elemento circundante se suelde al ducto, la soldadura será continua y cubrir la totalidad de la circunferencia.

Toda la soldadura que se efectúe a los componentes de los soportes y/o elementos estructurales, se harán de acuerdo con lo indicado en las normas AWS, D1.1 y AISC.

Ensayos No Destructivos y Pruebas.

Los exámenes y el porcentaje de inspección de las pruebas no destructivas de las soldaduras se efectuarán conforme lo establecido en el código ASME B31.8, Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, ASME Sección V y lo establecido en la Especificación de Materiales de Tuberías en Instalaciones.

Todas las uniones soldadas circunferenciales tanto en línea regular como en obras especiales, empates y doble junta, incluyendo conexiones e interconexiones soldadas se deben inspeccionar radiográficamente al 100% mediante rayos X, rayos Gamma o ultrasonido por haz angular. Se realizarán una inspección visual al 100% de las soldaduras para asegurar la aplicación del procedimiento y que sea aceptable. Cuando un servicio no está clasificado o identificado para cumplir con el porcentaje de inspección, se consultará su hoja de datos de seguridad y, a falta de ésta, se debe realizar un análisis de riesgo.

El área de calidad debe asegurarse que el personal que realice las pruebas no destructivas en las uniones soldadas cuente con una certificación según la especialidad, de acuerdo con la ASNT SNT-TC-1A, equivalente o superior, y que se empleen equipos con informes de calibración vigente, emitidos por un laboratorio de calibración acreditado en términos de la Ley Federal de Metrología y Normalización y su Reglamento.

Para otras soldaduras del sistema que no sean circunferenciales, en las que no sea factible realizar pruebas radiográficas, se inspeccionará mediante otros métodos de pruebas no destructivas que indiquen con precisión y claridad las discontinuidades y/o defectos de la soldadura, estos métodos serán previamente aprobados por personal de Sempra Infraestructura. Cuando el porcentaje resulta en una fracción de junta, el resultado se redondeará al número de juntas inmediato superior.

Los criterios de aceptación o rechazo de una soldadura visualmente inspeccionada o inspeccionada con cualquier método de prueba no destructiva se determinarán de acuerdo con lo establecido en el código API-1104 o equivalente o superior.

Pruebas hidrostáticas.

Después de que la tubería haya sido instalada y realizados todos los ensayos no destructivos, se efectuará la prueba hidrostática a todos los circuitos de tubería. Las condiciones y parámetros de la prueba estarán en estricto apego a lo establecido en el código ASME B31.8, Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

Requisitos de prueba para ductos de acero, se considerará lo siguiente conforme al ASME B31.8:

- a) Para los ductos ubicados en la Clase de localización 1 y 2 se probarán neumática o hidrostáticamente a 1.25 veces la presión máxima de operación permisible (PMOP).
- b) Para ductos ubicados en Clase de localización 3, 4 y 5 se probarán hidrostáticamente a 1.5 veces la presión máxima de operación permisible (PMOP).

- c) Si la prueba es hidrostática, la presión debe mantenerse como mínimo 8 horas y si es neumática debe mantenerse 24 horas como mínimo.

En circuitos de tuberías nuevos (estaciones de compresión, regulación y/o medición) que formen parte de una instalación existente, la presión de prueba hidrostática será de 1.5 veces la presión de diseño por un periodo mínimo de 8 (ocho) horas. La presión de prueba hidrostática será de acuerdo en lo establecido en el documento Lista de Líneas del Proyecto. Los sistemas de tuberías con presión de diseño atmosférica no serán probados hidrostáticamente, excepto cuando se indique en el isométrico o algún documento similar.

En el caso del sistema contra incendio y agua de servicios, toda la tubería y accesorios adjuntos serán probados hidrostáticamente a 200 psi o a la presión de trabajo del sistema más 50 psi, la que resulte mayor, por un periodo de dos horas de acuerdo con el NFPA 13 (National Fire Protection Association).

Especificación para la Aplicación de Recubrimientos en Equipos y Estructuras en Instalaciones de Sempra Infraestructura

d. Protección Anticorrosiva.

La tubería aérea de acero al carbono será protegida de acuerdo con los requerimientos de la especificación del documento Sempra Infraestructura - Especificación Aplicación Recubrimientos Equipos y Estructuras en instalaciones (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

Para la tubería de transición aérea-enterrada se empleará protección mecánica adicional hasta 300 milímetros sobre el nivel de piso terminado. Dicha protección resistirá los rayos UV de acuerdo con los requerimientos del Sempra Infraestructura - Especificación Aplicación Recubrimientos Equipos y Estructuras en instalaciones (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

La tubería se identificará de acuerdo con lo establecido en la especificación de Sempra Infraestructura Especificación para Rotulación de Tubería y Equipo y como complemento de identificación se empleará la Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

V.1.2.3 Diseño de instrumentación y control

Las bases de diseño, los estándares y especificaciones indicados en este documento establecen los lineamientos básicos para la ingeniería y diseño de las instalaciones del gasoducto incluyendo la Estación de Compresión El Fuerte, las estaciones de las válvulas de seccionamiento y la Estación Topolobampo. Los requerimientos específicos para cada una de estas instalaciones han sido detallados en el documento GN0621-PR-200-BD-001 "Bases de Diseño" de la disciplina de proceso e indicadas en el apartado V.1.1.

Los documentos de ingeniería serán considerados como una referencia inicial, pero es responsabilidad del Contratista la complementación o desarrollo de documentos adicionales para cubrir las necesidades del Proyecto en las etapas subsecuentes.

El alcance de instrumentación y control incluirá el suministro de todos los servicios, mano de obra y materiales necesarios de instrumentación y control para todas las instalaciones de acuerdo con los diagramas incluidos en el paquete de ingeniería. Se impartirá capacitación para todos los equipos, instrumentos y sistemas para los que se requiera. Se expedirá certificados de capacitación DC-3 para todos los asistentes a cada capacitación. Los instrumentos cumplirán prácticas industriales estándar para medición, control y seguridad en plantas de proceso.

El control y monitoreo de la instrumentación serán del tipo electrónico, y serán adecuados para la clasificación eléctrica del área. En los instrumentos analógicos se manejará señal de 4-20 mA + HART.

Todos los instrumentos conectados a proceso tendrán la posibilidad de realizar bloqueo y purga de manera adecuada de acuerdo con el tipo de instrumento, ya sea a través de accesorios (por ejemplo, manifold) o con arreglo de tubería y válvulas.

El rango total de medición de los instrumentos cubrirá las condiciones y parámetros de diseño del proceso en donde tengan que ser instalados. El rango calibrado cubrirá las condiciones mínimas, normales y máximas para garantizar una correcta medición de las variables de proceso, dicho rango será validado por GCN previo a la compra e instalación de los instrumentos.

a. Instrumentos convencionales.

Dispositivos analógicos.

Los transmisores electrónicos y válvulas de control serán con señal convencional de 4-20 mA + HART.

Dispositivos digitales.

Las señales digitales manejarán 24 volts corriente directa. En caso de requerir contacto seco o 120 VCA se estipulará en la lista de señales. Si se requiere la interposición de relevadores, se montarán en los gabinetes de control.

Carcasa.

La carcasa o cubierta de los instrumentos eléctricos montados en campo cumplirá con la clasificación eléctrica del área y será adecuada para las condiciones ambientales en donde se ubiquen. Para instrumentos de campo en áreas clasificadas, cumplirá con el área clasificada de acuerdo con el plano de ingeniería. La envolvente será a prueba de explosión y contará con recubrimiento epóxico.

Accesibilidad de instrumentos montados de campo.

Los instrumentos estarán normalmente accesibles desde el piso, plataforma de trabajo o escalera fija. El espacio de trabajo será suficiente para permitir la instalación y/o el acceso para calibración y mantenimiento. Cuando un instrumento no pueda ser localizado según esta pauta se tomarán en cuenta por seguridad, la ergonomía y la frecuencia del mantenimiento/calibración, plataformas adicionales y/o las escaleras fijas.

Los instrumentos montados localmente se localizarán aproximadamente a 1.5 metros de la línea central del mismo por encima de la plataforma o piso. Todos los instrumentos con indicación serán orientados para que el operador tenga máxima visibilidad y accesibilidad para la calibración.

Suministro eléctrico.

El suministro eléctrico para los gabinetes de los sistemas de control, computadores de flujo, analizadores y racks de servidores será de 120 VCA para la Estación de Compresión El Fuerte proveniente de UPS con respaldo de banco de baterías para 4 horas. El suministro eléctrico para los gabinetes de Unidad Terminal Remota (UTR) en las estaciones de las válvulas de seccionamiento y de UTR y SIS de la Estación Topolobampo provendrá de suministro de alimentación ininterrumpida (UPS) a 120 VCA con respaldo de baterías para 48 horas. Se confirmará la capacidad de los bancos de baterías de acuerdo con los documentos del área eléctrica.

La alimentación para la instrumentación y señales de campo será preferentemente a 24 VCD, dicha alimentación será suministrada mediante fuentes de alimentación en esquemas redundantes y serán instaladas en los gabinetes de los Sistemas de Control, UTR, computadoras, entre otros.

Las válvulas de control modulante y tipo on/off motorizadas y electrohidráulicas, serán alimentadas al nivel de tensión indicado en las bases de diseño eléctrico.

b. Índice de instrumentos.

El índice de instrumentos será preparado y mantenido en una base de datos en formato electrónico de acuerdo con el paquete de diagramas de tubería e instrumentación (DTI). Cada instrumento será asignado con un número de identificación único e incluirá la siguiente información (también aplicable para equipos paquete):

- ⊕ Revisión.
- ⊕ Número de identificación del instrumento.
- ⊕ Servicio.
- ⊕ Número de diagrama DTI.
- ⊕ Línea de instrumento.
- ⊕ Localización del instrumento.
- ⊕ Sistema de control.
- ⊕ Tipo de I/O.
- ⊕ Hoja de datos.
- ⊕ Típico de instalación.
- ⊕ Ruta conduit de instrumentación.
- ⊕ Notas.

Selección de instrumentos.

La instrumentación considerada será como mínimo la mostrada en DTI, será alcance del Contratista el complementar los DTI incluidos en el paquete de ingeniería para garantizar una correcta operación y funcionamiento de las instalaciones alcance del Proyecto. Los rangos de calibración de los transmisores serán seleccionados de modo que el máximo valor medido se encuentre entre el 50% y 75%.

La instrumentación cumplirá con lo siguiente:

- ⊕ Un ambiente seguro para el personal de operación y mantenimiento.
- ⊕ Operación segura, confiable y eficiente de la planta y todos los equipos asociados.
- ⊕ Cumplimiento de las bases de diseño, estándares y especificaciones.
- ⊕ Operación fácil y confiable de todos los sistemas e instrumentos de campo.
- ⊕ Costo mínimo de instalación y mantenimiento.
- ⊕ Prever flexibilidad en el diseño del sistema para facilitar la optimización de la planta.
- ⊕ Puesta en servicio y paro seguro de la planta bajo todas las condiciones de operación.
- ⊕ Minimización de los riesgos en la seguridad del personal y la planta.

Los instrumentos cumplirán con los requerimientos de la clasificación del área y según aplique, estarán certificados por FM (Factory Mutual), Underwrites Laboratories (UL) o Canadian Standards Association (CSA). Los proveedores entregarán estos certificados de todos los instrumentos, incluyendo los pertenecientes a equipos paquete.

La selección de instrumentación, intrusiva o no intrusiva será verificada a manera de evitar el par galvánico a causa de material de la tubería con el material de la conexión a proceso de los instrumentos. Cada instrumento y/o lazo de control tendrá su propio y único número alfanumérico. Cualquier elemento duplicado en un lazo de control tendrá un sufijo alfabético después del número.

Toda la instrumentación de campo (transmisores, válvulas de control, entre otros) será instalada de manera visible al operador y con facilidad para acceso y mantenimiento. De la misma manera, se instalará de tal forma que la lectura de los indicadores de campo sea accesible a nivel de piso.

El material de las partes de los instrumentos que estén directamente en contacto con el fluido de proceso será al menos de acero inoxidable 316 o resistente al fluido y las condiciones de operación de proceso. Cada instrumento tendrá su propia conexión de proceso dedicada y no compartirá conexiones con otros

instrumentos, de la misma manera donde se requiera tendrá válvulas de bloqueo y purga. Para los casos de los termopozos el proveedor que realice la selección final demostrará por medio de una memoria de cálculo que soportan la velocidad del fluido donde serán instalados.

Todos los instrumentos electrónicos serán del tipo inteligente (el transmisor tendrá la capacidad de configuración, calibración, soportar protocolo HART 7, acondicionamiento de señal y autodiagnósticos).

Las señales analógicas para instrumentos electrónicos que serán controlados o monitoreados por el SCP /SPE/UTR/FQI/SIS serán de 4 a 20 mA HART @ 24 VCD. Las señales analógicas para instrumentación neumática serán de 0,2 a 1,0 bar G (3-15 psi).

Todos los transmisores contarán con un certificado de calibración expedido por un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación.

Todos los instrumentos por considerar en el Proyecto serán aptos para las condiciones ambientales más severas del lugar a instalar, este dato será como mínimo la temperatura máxima registrada basado en los análisis ambientales a desarrollar por el Contratista.

Válvulas de bloqueo operadas por actuador neumático, electrohidráulico o engranes.

El tipo de válvula será tipo bola, de un cuarto de vuelta para operación de bloqueo. La válvula cumplirá la Categoría B de acuerdo con el Código API 609, última revisión vigente. El diseño de éstas (cuerpo, bridas y distancia entre bridas) estará conforme a los requerimientos de los estándares ASME B16.34, ASME B16.5, ANSI B16.10 y ASME B16.47.

Para las válvulas de bloqueo BDV, ESDV, SDV y LV de 8 pulgadas o menores, el actuador es neumático auto contenido para válvulas será de un cuarto de vuelta, el suministro al actuador será aire de instrumentos, tipo pistón con retorno por resorte. Para las ESDV y SDV mayores a 8” se considerará un actuador electrohidráulico. Se considerará actuador manual de engranes para las HV. Tendrán interruptor de posición con indicación local y remota en el SCP, SPE, UTR, SIS o PLC-TC (Abierto / Cerrado / en transición). La válvula será con asiento tipo fijo. Con selector de operación local y remota con conexión al sistema. Estas válvulas con cierre hermético (cero fugas) en cumplimiento con el estándar API-598 (se entregará certificado de prueba), última revisión vigente. Las válvulas tipo bola cumplirán a prueba de fuego en cumplimiento con el estándar API-607 y el API-6FA, última revisión vigente.

Válvulas de Seccionamiento (MLV).

Las válvulas de seccionamiento (MLV) cumplirán con ASME B31.8, Sistema de tuberías de transporte y distribución de gas. Todos los materiales de las válvulas serán adecuados para servicios continuos y condiciones de operación establecidas. Todos los internos de las de las válvulas (trim) cumplirán con la especificación de tuberías. El proveedor de las válvulas integrará en su documentación, los procedimientos de soldadura y procedimientos de calificación a la aprobación de la compra.

El diseño y cálculo de los materiales a presión deben cumplir con código ASME B16.34 o equivalente. Valores de tensión admisibles serán consistentes con código ASME Sección VIII División 1 o División 2 o equivalente. Las piezas metálicas sometidas a presión estarán fabricadas con materiales listados en la sección 5 de ASME B16.34 (Tabla 1, los grupos de material 1 y 2) o equivalente.

Las válvulas tipo bola cumplirán a prueba de fuego en cumplimiento con el estándar API-607 y el API-6FA, última revisión vigente. Las válvulas de bola serán del tipo “Trunnion” montadas sobre muñón. Todas las válvulas cumplirán con puerto bidireccional y hermeticidad total en ambas direcciones de flujo. Todas las partes en contacto con el fluido serán compatibles con el fluido de proceso en la puesta en marcha y el servicio especificado en la hoja de datos de la válvula.

Válvula de control modulante con actuador eléctrico o neumático cero emisiones.

Las válvulas de control serán de accionamiento neumático o eléctrico, según sea indicado en DTI. Aquellas posicionadas por una señal electrónica serán suministradas con un transductor/posicionador electroneumático resistente a la vibración con filtro regulador completamente conectado y montado en la válvula de control. Las válvulas de control modulante con accionador eléctrico serán alimentadas de acuerdo con lo indicado en los planos y documentos del área eléctrica.

Las válvulas de control se calcularán y dimensionarán de acuerdo con estándares internacionales ISA 75.01 (Ecuaciones para Dimensionamiento de Válvulas de Control), IEC-60534-2-1 (Fluidos compresibles e incompresibles newtonianos de una sola fase), IEC 60534-2-5 (Fluidos compresibles e incompresibles newtonianos de una sola fase a través de válvulas de control multietapa con trayectorias sencilla y múltiple), IEC 60534-8-3 (Consideraciones de ruido - Método de predicción de ruido aerodinámico en válvulas de control) y IEC 60534-8-4 (Consideraciones de ruido - Predicción de ruido generado por flujo hidrodinámico).

La válvula, internos, actuadores y accesorios serán de diseño y fabricación probados en servicios y condiciones semejantes al requerido, no se aceptan válvulas de control, actuadores y accesorios, prototipos o en fase de desarrollo. Tampoco se aceptan válvulas reconstruidas o que alguno de sus elementos sea de diferente fabricante. Es mandatorio que todos los componentes del ensamble sean del mismo fabricante.

Válvulas motorizadas (MOV).

Las válvulas MOV motorizadas serán del tamaño de la tubería, y las dimensiones cara a cara de acuerdo con ANSI Standard B16.10. El cuerpo de las válvulas será tipo bola o de acuerdo con lo indicado en DTI. Las válvulas deben estar de acuerdo con las especificaciones de tubería y de proceso.

Las válvulas serán cero fugas de acuerdo con código API 6D y a prueba de fuego API-6FA y el API-607. Los actuadores para las válvulas MOV serán motorizados. La velocidad de apertura y cierre debe estar calculada para evitar fenómenos de cavitación y golpe de ariete como referencia considerar 1 segundo por pulgada de acuerdo con el tamaño de la válvula. Las válvulas cumplirán con el rango de presión-temperatura conforme a código ASME B16.34.

Los actuadores eléctricos de las válvulas motorizadas serán conectados por señales duras al SCP/UTR según sea indicado en el DTI para envío de comandos de apertura y cierre y la posición de abierta o cerrada de acuerdo con los interruptores de posición. Adicionalmente contarán con puerto de comunicación serial RS-485 Modbus RTU en caso de requerir señales de diagnóstico en el SCP/UTR. Se alimentarán con el nivel de tensión indicado en los Diagramas Unifilares del área eléctrica.

Válvulas Manuales “HV” instrumentadas con interruptores de posición.

Las válvulas manuales identificadas como “HV” cumplirán con los siguientes requisitos: Las válvulas serán bridadas y cumplirán con los requerimientos del código ASME B16.5 y ASME B16.47 Serie A. Las bridas serán integrales al cuerpo. Las válvulas cumplirán con el rango de presión-temperatura conforme a código ASME B16.34.

Las válvulas manuales identificadas como “HV” tendrán una placa de identificación de acero inoxidable permanentemente asegurada al cuerpo de la válvula (no se aceptan uniones con adhesivo) que incluya la siguiente información: i) marca, modelo y número de serie, ii) identificación y servicio, iii) nombre del fabricante, iv) fecha de fabricación, v) rango, y vi) fecha de fabricación.

Los materiales serán como mínimo iguales a los especificados para la línea de proceso donde se instalará la válvula y en acuerdo a las especificaciones de materiales de tuberías y hoja de datos.

La válvula de bola tendrá el sello hermético según la Norma ISO 14313 (API-6D), será a prueba de fuego según la norma API-6FA y API-607. Las condiciones de diseño de proceso dictan el material del cuerpo de las válvulas, así como la clasificación ANSI.

Se etiquetarán con flechas la dirección del flujo de la válvula en ambos lados del cuerpo. Las válvulas manuales contarán con interruptores de posición ZSC/ZSO, estos dispositivos son electromecánicos y cuentan con contactos del tipo doble polo doble tiro (DPDT), los instrumentos se instalarán sobre el operador de engranes de las válvulas, para censar la carrera de la válvula en los puntos de apertura y cierre. Los interruptores de posición cumplirán con la protección acorde a la clasificación de área de acuerdo con el plano de clasificación de áreas de la disciplina eléctrica.

Válvulas de Control de Flujo Anti – Surge.

La función principal de las válvulas de control de Anti-Surge (ASV) son para protección de los turbocompresores, se instalarán en la línea de recirculación de la descarga hacia la succión del equipo de compresión, con el propósito de evitar el daño de este por bajo flujo, de manera que cuando se presente este escenario de bajo flujo es decir tendiendo a la zona de surge (flujo a condiciones de baja temperatura y baja presión, esta válvula abrirá con en el menor tiempo posible (10 a 15 segundos) y con un comportamiento de: a bajos porcentajes de apertura entregará grandes cantidades de flujo, cuya característica será “Apertura rápida” esto se obtiene al dimensionar el tipo de internos de la válvula y al dimensionar el actuador, para lograr que el funcionamiento sea el óptimo para cumplir con estas características, es importante especificar y dimensionar el tamaño del actuador y apoyar su desempeño con los accesorios de: boosters de volumen, válvulas de venteo rápido, posicionador electroneumático y un suministro de neumático que permita su buen funcionamiento.

Válvulas de alivio de presión.

Esta especificación cubre los requerimientos técnicos mínimos para los componentes, accesorios, materiales y servicios relacionados con las válvulas de seguridad que se mencionan en las hojas de datos.

Las válvulas de alivio de presión serán de los diámetros y tipos indicados en DTI del área de proceso.

Las válvulas de relevo de presión, esto es, las válvulas de alivio de seguridad serán del tipo operadas por resorte.

Las válvulas de relevo operadas por piloto serán auto operadas, y la válvula principal deberá abrir automáticamente a la presión de ajuste y debe descargar su capacidad total si el piloto falla.

Las válvulas suministradas bajo esta especificación serán productos estándar en los catálogos del fabricante, ser adecuados para trabajo pesado para aplicaciones industriales y se suministrarán totalmente ensamblados probados, calibrados e identificados.

Las bases de selección de las válvulas de seguridad en general serán de acuerdo con los requisitos del API RP-526/527 o con el código ASME sección 1 y 8 según aplique. La especificación de las válvulas será con base en las normas ANSI.

Arrestadores de flama.

Se considerarán arrestadores de flama en todos los tanques atmosféricos que indiquen los DTI del Proyecto. Los arrestadores de flama estarán diseñados de acuerdo con las condiciones de proceso indicadas en los DTI.

Los arrestadores de flama serán de acero al carbono para la copa y acero inoxidable 316 para todas las partes interiores que tengan la posibilidad de estar en contacto con fluido de proceso. Sus conexiones serán de la clase indicada en la especificación de tuberías del Proyecto.

El diseño de los arrestadores de flama cumplirá con la Norma API 2210, referente a: “venteos estándar y baja presión”, y su instalación cumplirá con la Norma API RP 551. Los arrestadores de flama estarán

certificados con respecto al estándar ANSI / UL 525, tanto para la prueba de paro de flama como la de flama estacionaria.

Los arrestadores de flama incluirán cuello de ganso para direccionar el fluido hacia el suelo en caso de que llegará a presentarse una expulsión de este. Los arrestadores de flama contarán con una placa de identificación en acero inoxidable con los datos marcados por golpe con la siguiente información: i) identificación (TAG), ii) nombre o marca de identificación del fabricante, y iii) diámetro de la tubería a la entrada del dispositivo en mm (pulgadas).

Válvulas reguladoras.

La válvula tendrá integrado en su cuerpo la dirección del flujo, no se acepta que éste sea rotulado. El nivel de ruido no excederá de 85 dB a flujo normal a una distancia de un metro de la válvula. El proveedor suministrará certificados de materiales y calidad conforme a lo indicado en las hojas de datos.

Las válvulas que sean bridadas estarán de acuerdo con el código ASME B16.34 para el tipo de cara y régimen. Las dimensiones de cara a cara cumplirán con el código ASME B16.10. Las partes húmedas serán adecuadas para el fluido de proceso. El proveedor indicará con su oferta técnica la memoria de cálculo.

c. Flujo.

Placa de orificio.

El principio de medición basado en placas de orificio debe suministrarse en conjunto con sus bridas porta orificio, de acuerdo con las especificaciones de la tubería donde se instalarán, pegadas al rating de presión y temperatura (ANSI), cedula de tubería y los materiales de construcción serán compatibles con el fluido a manejar.

El conjunto de bridas porta placa se complementará con un transmisor indicador de presión diferencial ver apartado del transmisor indicador de presión diferencial, tendrá orificio concéntrico salvo que se especifique en especial como segmental o excéntrico.

El acabado de la cara de entrada (de la placa de orificio) será sin ralladuras ni asperezas, con un grado de acabado de 381 a 762 micromilímetros. La superficie de la placa será plana, considerándose plana cuando una arista recta apoyada contra la cara de entrada en cualquier posición no muestre una luz mayor de 0.009 pulgadas por cada 0.98 pulgadas. Los bordes de las placas serán un ángulo recto, de tal manera que en la arista de entrada no debe reflejarse la luz cuando sea vista sin aumento, a menos que se especifique un perfil especial.

En el caso que se requieran placas de perfil especial (cónicos o cuadrantes), estos serán comprobados mediante una plantilla y el rango de la placa debe estar maquinado convenientemente para representar el perfil especial usado.

Medidor de flujo ultrasónico.

Los medidores de flujo tipo ultrasónico contarán con conexión a proceso bridada con rating en 600# de acuerdo con especificaciones de tuberías, bridas de cara realzada, material del cuerpo de acuerdo con la especificación de tuberías y los transductores en titanio o superior con placa de identificación en acero inoxidable y permanentemente adherida al cuerpo (no serán aceptados si están sujetas con adhesivos). Con certificados de calibración y materiales, adecuados para operar en el área clasificada en la que se ubican de acuerdo con el plano de clasificación de áreas del Proyecto.

Los medidores de flujo cumplirán al menos con los siguientes parámetros:

- ⊕ Alimentación de 24 VCD con transmisor de doble pulso.
- ⊕ Número de sensores 4 pares mínimo para mediciones de transferencia de custodia y 3 pares para mediciones de referencia.
- ⊕ Exactitud de al menos +/- 0,2%.
- ⊕ Linealidad de +/- 0,2%.
- ⊕ Error máximo permitido de +/- 0.2%.
- ⊕ Resolución de +/- 0,003 fps.
- ⊕ Rango de velocidad de 2 a 90 fps.
- ⊕ Serán bidireccionales o unidireccionales según aplique de acuerdo con los requerimientos del Proyecto (consultar DTI, DFP y filosofía de operación).
- ⊕ Contará con un puerto de comunicación para servicio y este será cableado al cuarto de gabinetes.
- ⊕ Contará con salida de pulsos y ésta será usada para la transmisión de la medición al computador de flujo.

El medidor ultrasónico de flujo será calibrado y certificado por un laboratorio autorizado y el proveedor entregará esos certificados de calibración.

Transmisores indicadores de presión diferencial (aplicable a la variable de flujo).

Los transmisores indicadores de presión diferencial para aplicaciones de variable flujo serán tipo inteligente, con funcionalidad escalable para operar 4-20 mA con protocolo de comunicación HART, sistema de transmisión 2 hilos alimentados con 24 VCD por lazo, señal de salida digital proporcional a la señal de entrada. Los transmisores deben de contar con funciones de diagnóstico de operación y estado. Los transmisores deben contar con autodiagnóstico continuo para detección de fallas.

Los transmisores serán suministrados con accesorios de acero inoxidable 316 adecuados para montaje en yugo de 2 pulgadas. El elemento sensor será tipo diafragma de acero inoxidable 316 como mínimo, el cuerpo del transmisor será de acero inoxidable 316 como mínimo, incluyendo el adaptador y las bridas.

La caja de la electrónica de los transmisores será a prueba de intemperie, humedad, corrosión, polvo y explosión, adecuada para el área en la que se ubiquen de acuerdo con el plano de áreas peligrosas del Proyecto.

Indicadores de nivel.

Los vidrios de nivel en general serán del tipo réflex para líquidos limpios e incoloros. Los vidrios de nivel transparentes con iluminadores serán usados para interfaz, fluidos opacos y en áreas que tienen poca iluminación. Cada vidrio de nivel será completado con un par de válvulas.

La longitud visible máxima para el vidrio de nivel no excederá 1.4 metros. Cuando se requiera una medida más larga, los vidrios de nivel serán múltiples instalados en boquillas del recipiente (sobre posición de boquillas del recipiente).

Cuando las condiciones de operación lo permitan, se puede considerar el uso de indicadores de nivel tipo magnéticos. El uso de este tipo de indicadores será la primera opción por evaluar cuando se trate de líquidos peligrosos.

Los indicadores de nivel del tipo magnético en caso de ser especificados proporcionarán indicación de nivel correcto bajo condiciones adversas de vibración y turbulencia. Las conexiones de indicadores de nivel magnético serán de 2 pulgadas (50.8 milímetros) con bridas.

Transmisor Indicador de nivel tipo magnético.

La medición del nivel de condensados es en ambos lados de cada uno de los filtros coalescentes proporcionarán indicación de nivel correcto bajo condiciones adversas de vibración y turbulencia. Las

conexiones de indicadores de nivel magnético serán de 2". Los indicadores se suministrarán con conexiones laterales bridadas.

El régimen de presión de las bridas será acorde al régimen de la boquilla del tanque en que se va a instalar el indicador, se suministrarán válvulas para dren y venteo de ¾ de pulgada.

El material del flotador, cámara y partes húmedas será como mínimo acero inoxidable 316, se debe contar con indicación local del nivel medido a través de láminas bicolor instaladas en el cuerpo de la cámara.

d. Transmisor Indicador de Nivel tipo Presión Diferencial

Los transmisores indicadores de nivel trabajan bajo el principio de operación de "Presión hidrostática" con una toma a proceso en el fondo del tanque, mediante una boquilla bridada, estos transmisores son del tipo electrónico inteligente basado en microprocesador y adecuados para operar con protocolo de comunicación HART, contarán con sistema de transmisión 2 hilos, señal de salida Analógica de 4 - 20 mA + Hart, proporcional a la señal de entrada de las tomas de alto y bajo nivel, de diseño modular contarán con indicador local de pantalla de LCD integral, en unidades de ingeniería.

Los transmisores de presión diferencial con aplicación a la variable nivel serán suministrados con una válvula de venteo y un tapón de dren. La válvula y el tapón serán del mismo material o mejor que el cuerpo del transmisor (o bridas), y serán conexiones separadas.

Presión.

Manómetros.

Los manómetros serán adecuados para montaje local, a menos que se especifique diferente. Los manómetros serán especificados del tipo a prueba de vibración. La carátula será blanca con caracteres negros de 114 milímetros. (4 ½ pulgadas) de diámetro y graduada en escala doble en unidades de kPa/psi. La caja será de fenol con bisel roscado y frente sólido, a prueba de vapores y humedad, a menos que se especifique otra.

Los manómetros deben tener disco de seguridad de material elastómero en la parte posterior y cubierta de la carátula de cristal inastillable, a menos que se especifique diferente. El elemento de presión será tubo tipo bordón, salvo los casos de rangos muy bajos en que podrá ser tipo muelle. El material del elemento de presión y de la conexión a proceso será acero inoxidable 316 como mínimo, a menos que por la aplicación se especifique otro. El material del movimiento será acero inoxidable como mínimo.

Transmisores indicadores de presión.

Los transmisores indicadores de presión manométrica serán tipo inteligente basado en microprocesador con funcionalidad escalable y adecuada para operar 4-20 mA con protocolo de comunicación HART, sistema de transmisión 2 hilos, señal de salida digital proporcional a la señal de entrada.

Los transmisores deben de contar con funciones de diagnóstico de operación y estado. Los transmisores deben contar con auto diagnóstico continuo para detección de fallas. Los transmisores serán suministrados con accesorios de acero inoxidable 316 adecuados para montaje en yugo de 2 pulgadas. El elemento sensor será tipo diafragma de acero inoxidable 316 como mínimo. El cuerpo del transmisor será de acero inoxidable 316 como mínimo, incluyendo el adaptador y las bridas. La caja de la electrónica de los transmisores será a prueba de intemperie, humedad, corrosión, y explosión y adecuado para el área en la que se ubiquen de acuerdo con el plano de áreas peligrosas del Proyecto.

Transmisores indicadores de presión diferencial.

Los instrumentos transmisores indicadores de presión diferencial deben tener rangos de ajuste de supresión y elevación de cero y se puede expresar en porcentaje del intervalo de medición "span". La

conexión a proceso y eléctrica de los instrumentos transmisores indicadores de presión diferencial serán de 12.5 milímetros (½ pulgada) nivel piso terminado.

El suministro eléctrico de los transmisores indicadores de presión y de presión diferencial será de 24 VCD a 7.25 OHM, a prueba de intemperie, humedad, corrosión, y explosión y adecuado para el área en la que se ubiquen de acuerdo con el plano de áreas peligrosas del Proyecto.

El transmisor indicador de presión y el de presión diferencial se debe suministrar con todos los accesorios de montaje, el proveedor incluirá en el suministro: el Manifold de conexión a proceso y soporte de montaje para ser instalado en pedestal de tubería de 2 pulgadas de diámetro todo en material de acero inoxidable.

La presión máxima de pruebas será la presión de diseño de proceso, valor correspondiente al proceso donde se instalará, independientemente del rango de la presión de operación a la que se calibre el instrumento. El material del diafragma será acero inoxidable 316. El instrumento cumplirá como mínimo con la aprobación de protección por la entidad FM (Factory Mutual).

e. Temperatura.

Termómetros.

Los termómetros serán del tipo bimetálico ensamblados en un termopozo de acero inoxidable 304, como mínimo. La caja será de acero inoxidable, sellada herméticamente y con ajuste de calibración externo. La carátula será de 127 milímetros (5 pulgadas), blanca con caracteres negros y escala dual graduada en grados centígrados (°C) y Fahrenheit (°F) o según aplique al sistema. La carátula estará diseñada para evitar errores de paralaje, con aguja balanceada para evitar cambios por vibración excesiva. El vidrio de la carátula será tipo inastillable.

Todos los termómetros serán de ángulo ajustable. La conexión del vástago del termómetro al termopozo será roscada de ½ pulgada NPTF. Todos los termopozo serán del tipo barra perforada de construcción cónica.

El rango de operación del termómetro será tal que, la indicación de la temperatura de operación se encuentre comprendida entre el 40 al 60% a escala total. La longitud del vástago del termómetro estará de acuerdo con la longitud total del termopozo.

Cuando un termómetro sea instalado en tuberías y/o equipos con aislamiento térmico, su termopozo tendrá la mínima longitud estándar del fabricante en su cuello de extensión, necesario para librar dicho aislamiento.

Transmisores Indicadores de Temperatura con el elemento RTD y Termopozo.

Los transmisores serán tipo inteligente basado en microprocesador con funcionalidad escalable y adecuada para operar 4-20 mA con protocolo de comunicación HART, sistema de transmisión 2 hilos, señal de salida digital proporcional a la señal de entrada.

Los transmisores contarán con funciones de diagnóstico de operación y estado. Los transmisores contarán con autodiagnóstico continuo para detección de fallas.

El suministro eléctrico por lazo será de 24 voltaje corriente directa. El proveedor especificará cualquier desviación de este valor. La tarjeta de la electrónica tendrá acabado tropicalizado. Los transmisores serán suministrados con accesorios de acero inoxidable 316 adecuados para montaje en yugo de 2 pulgadas. Los transmisores de temperatura poseerán desplegado digital de 5 (cinco) dígitos para mostrar la temperatura de operación, en unidades de ingeniería.

f. Patín de Medición y Regulación y calidad de gas.

Se incluirá el suministro, instalación, pruebas, puesta en servicio y puesta en marcha de todo el hardware, gabinete, equipos electrónicos, software, firmware y equipos de terceros involucrados, así como el suministro de servicios de entrenamiento para el personal de operación y mantenimiento para dos patines de medición, regulación y calidad de gas.

Las características para dichos paquetes están descritas en el documento GN0621-IC-200-ESP-003 Especificación de Estación de Medición y Regulación (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

Los patines de medición, regulación y calidad de gas contarán con los elementos mínimos indicados en los DTI del área de proceso, así como cumplir con los factores de diseño indicados en dichos documentos.

En el patín de medición y regulación se utilizarán medidores de flujo ultrasónico para transferencia de custodia y enviarán todas las señales a los computadores de flujo (1 computador de flujo por cada patín de medición, regulación y calidad de gas). Los computadores de flujo tendrán la capacidad para ser monitoreado a través del SCADA (Control Supervisor y Adquisición de Datos). Además, en el Cuarto de Control considerará estaciones de trabajo para sistema SCADA y para los computadores de flujo.

El computador de flujo de gas será monitoreado por el SCADA. El patín de calidad de gas el cual estará conformado por los analizadores indicados en DTIs que estarán localizados en un shelter o cuarto de analizadores el cual cumplirá con la especificación de patín de medición, regulación y calidad de gas GN0621-IC-200-ESP-003 (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

Sistemas de control.

El Proyecto contará con un sistema SCADA con servidores y estaciones de operación en el Centro de Control de la Estación de Compresión El Fuerte y en el Centro de Control Principal. Además, contará con una estación de operación en el cuarto de control de la Estación Topolobampo. A este sistema SCADA se enlazarán todos los sistemas de control, equipos paquete, sistema de control de acceso y detección de intrusión para el monitoreo y control a través de la plataforma de telecomunicaciones del gasoducto. Para detalle del sistema SCADA ver la especificación GN0621-IC-200-ESP-001 (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

La Estación de Compresión El Fuerte contará con tres Sistema de Control los cuales son: un sistema de control de proceso (SCP), un sistema de paro por emergencia (SPE) y un sistema de fuego y gas (SFG), los cuales serán independientes y estarán alojados en el cuarto de gabinetes del edificio de control; estos sistemas serán controlados por sistemas independientes y estar intercomunicados entre sí mediante comunicación Ethernet, enlazados al sistema SCADA ubicado en el Centro de Control de la Estación de Compresión El Fuerte y en el Centro de Control Principal para su monitoreo y/o control, las características particulares del sistema de control de proceso estarán descritos en el documento GN0621-IC-203-ESP-001 (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

La Estación Topolobampo contará con dos Sistema de Control los cuales son: una Unidad Terminal Remota (UTR) y un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) los cuales serán independientes y estarán alojados en el cuarto de eléctrico del edificio de control; estos sistemas serán controlados por sistemas independientes y estar intercomunicados entre sí mediante comunicación Ethernet, enlazados al sistema SCADA ubicado en el Centro de Control de la Estación de Compresión El Fuerte y en el Centro de Control Principal para su monitoreo y/o control, las características particulares de los sistemas estarán descritos en los documentos GN0621-IC-204-ESP-001 y GN0621-IC-204-ESP-002 respectivamente (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

El Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) contará con rutinas de paro de Emergencia y Fuego y Gas. Adicionalmente se debe contemplar la instalación de computadoras de flujo (FQI) en la Estación de Compresión El Fuerte y en la Estación Topolobampo para la medición y control de los Patines de Medición,

Regulación y Calidad de Gases, mismos que son descritos en el documento GN0621-IC-200-ESP-003 (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

Las estaciones de las válvulas de seccionamiento contarán con Unidad de Terminal Remota que serán enlazadas al sistema SCADA en el Centro de Control de la Estación de Compresión El Fuerte y en el Centro de Control Principal para su monitoreo y/o control, las características mínimas con las que contará cada UTR vienen descritas en la especificación GN0621-IC-201-ESP-003 (ver Anexo Técnico ANX-TEC-11).

El Contratista considerará todo el hardware, software, licenciamiento, firmware, entre otros. Adicional a lo descrito en las especificaciones pero que sea necesario para una correcta operación de las instalaciones que conforman el Proyecto con base en la normativa, estándares, códigos y buenas prácticas de la industria vigentes.

Gabinetes de control y cajas de conexión.

El grado de protección de las cajas de instrumentos estará de acuerdo con la clasificación del área en donde se encuentren. Adicional a ello, aquellas cajas que se encuentren a la intemperie serán adecuadas para soportar tales condiciones.

Todos los accesorios eléctricos (caja de registro, tubo conduit flexible, cajas de conexiones, entre otros) instalados en ruta de señales de áreas clasificadas serán especificados para uso a prueba de explosión. Aquellos instalados en áreas no peligrosas, serán especificados para uso intemperie.

Los gabinetes que se utilizarán en el Proyecto cumplirán en términos generales con las siguientes características:

- ⊕ Fabricados en acero al carbón. El NEMA (National Electrical Manufacturers Association) dependerá de la ubicación y servicio. Ver especificaciones de sistemas.
- ⊕ Cuando sea requerido, contarán con ventana de acrílico de policarbonato en la puerta delantera.
- ⊕ Voltaje de alimentación de 110-127 VCA, 60 Hz.
- ⊕ Lámparas interiores con encendido automático. Se colocará el número de lámparas interiores necesario para la correcta iluminación de los elementos dentro del gabinete.
- ⊕ Puerta(s) con manija y cerradura.
- ⊕ Barras de tierra física y aislada. Se ubicará de manera que se eviten la interferencia y con la cantidad de terminales necesaria para los elementos a conectar.

La clasificación eléctrica de los cuartos de control será no peligrosa. El cableado de paneles de control y gabinetes de control cumplirá con los requerimientos del “National electrical Code for the Area Classification” dependiendo del área donde sean instalados. Se consideran al menos los siguientes gabinetes en cuarto de control:

- ⊕ Gabinetes para computador de flujo.
- ⊕ Gabinete para Sistema de Control de Proceso (SCP).
- ⊕ Gabinete para Sistema de Paro por Emergencia (SPE).
- ⊕ Gabinete para sistema de fuego y gas (SFG).
- ⊕ Gabinetes de Unidad Terminal Remota (UTR).
- ⊕ Gabinete de Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS).
- ⊕ Rack de servidores.
- ⊕ Rack de telecomunicaciones.

V.1.2.4 Diseño eléctrico

a. Bases de diseño eléctrico para las válvulas de seccionamiento.

Todos los equipos y sistemas eléctricos enunciados en este documento y que integran la instalación eléctrica de válvulas de seccionamiento del gasoducto serán nuevos y su diseño cumplirá con las normas y códigos aplicables, indicados en este documento.

La jerarquía y aplicación de los documentos de referencia son: Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Normas Mexicanas (NMX), solo de no existir una Norma Oficial Mexicana o Norma Mexicana se tomará lo indicado en las códigos y normas internacionales.

Cuando exista discrepancia entre los documentos, prevalecerá el más estricto.

El diseño e instalación eléctrica de este Proyecto será verificado por una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE), con registro vigente en la Secretaría de Energía, para verificar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

La UVIE debe contar con 5 años como mínimo de experiencia comprobable en proyectos industriales, en las instalaciones menores a 1,000 Vca con manejo de hidrocarburos (áreas clasificadas como peligrosas). La UVIE debe realizar el proceso de verificación del Proyecto, de acuerdo con los requerimientos del Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC) y de acuerdo con lo indicado en la Sección 4.4., de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

El sistema de generación eléctrica de las válvulas de seccionamiento del Proyecto será a través de equipos generación eléctrica a gas natural libres de mantenimientos, por ejemplo (generadores stirling u otras tecnologías, comprobada con registros de operación continua durante por lo menos 10 años). Los planos y memorias de cálculo que se generen cumplirán lo indicado en el artículo 4.2.13 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

La simbología utilizada para diagramas y planos debe estar basada en la Norma Mexicana NMX-J-136-ANCE-2007, en caso de utilizar algún símbolo que no aparezca en esta norma, se debe indicar la descripción del símbolo en los diagramas o planos eléctricos donde se utilice, por ningún motivo se debe mezclar simbología internacional con simbología mexicana.

Los planos y documentos, así como su contenido en los que debe plasmar la Ingeniería de Detalle son los que se indican en esta sección de estas bases de diseño. Asimismo, se deben incluir las memorias técnicas, las cuales validan el diseño de la ingeniería:

- ⊕ Memorias técnico-descriptivas del sistema de puesta a tierra, alumbrado exterior e interior y de emergencia, selección de calibres de conductores, diámetros de tuberías, dimensionamiento de soporte tipo charola, sistema de protección de descargas atmosféricas, corto circuito, flujos de potencia, arco eléctrico y coordinación de protecciones principalmente.
- ⊕ Estudio de factibilidad del sistema de generación eléctrica seleccionado.

Los planos mostrarán la Información Técnica necesaria para ser utilizados de manera conjunta con las especificaciones y hojas de datos de los equipos eléctricos y planos del fabricante para la correcta ejecución de la construcción. Las acotaciones serán en el sistema internacional de medidas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2007. Los planos contendrán el croquis de localización general, marcando el área individual que se esté trabajando, ubicado en la esquina superior derecha del plano. Debe mostrarse en planos la simbología utilizada en el Proyecto, la cual debe estar de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-J-136-2007. El diseño eléctrico para la válvula de seccionamiento considera los siguientes tipos de documentos y planos, los cuales se complementan con el fin de que la ingeniería sea lo más clara posible:

Diagramas unifilares.

Los diagramas unifilares contendrán las características del suministro de energía eléctrica de la compañía suministradora, generador eléctrico a gas natural, como tensión, frecuencia, fases, número de hilos, aportación al corto circuito trifásico y monofásico. Para el caso de los generadores eléctricos se proporcionarán los valores de las reactancias subtransitoria, transitoria y síncrona. En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos unifilares.

Para los circuitos eléctricos, se indicará el número de circuito, capacidad en HP o kW y capacidad del dispositivo de protección. Indicar longitud, caída de tensión en %, calibre y cantidad de conductores, número de tubería de acuerdo con la cédula de conductores y tubería conduit.

En transformadores se debe indicar la potencia en kVA, número de fases, tipo de conexión, tipo de enfriamiento, tensión en el lado primario y secundario, impedancia en %, número de clave del equipo, elevación de temperatura.

Planos de arreglo general de equipo.

Se debe mostrar en planta y elevación el arreglo de equipo eléctrico interno y externo indicando su orientación, dimensiones distancias a ejes constructivos. Para el equipo de media tensión mostrar el arreglo interior del equipo, así como distancias de fase a fase y de fase a tierra, se indicarán dimensiones y profundidad de huecos, trincheras y/o registros.

Este tipo de plano se proyectará inicialmente con las mayores dimensiones de equipo principal de los fabricantes líderes y posteriormente se actualizará con las dimensiones certificadas de fabricantes, se mostrará el sentido con el que abren las puertas, sus dimensiones, la malla ciclónica, escaleras, diagrama unifilar en muro, ubicación y datos de extintores, así como las características principales del sistema de alarma y contra incendio.

Se mostrará una lista de equipo con las características principales, indicando clave y número de requisición. Mostrar ubicación de tarimas y tapetes aislantes, registros, cárcamo y drenajes aceitosos, dimensiones de bases de equipo y peso aproximado de equipos. Debe mostrar todos los equipos eléctricos a instalar en las diferentes áreas.

Planos de distribución de fuerza.

La distribución de los circuitos de fuerza se realizará principalmente por charolas o tubería conduit de manera aérea y se debe minimizar al máximo el uso de bancos de ductos.

Banco de ductos subterráneos. Se mostrará la trayectoria en planta en un dibujo a escala, indicando en los extremos de cada tramo, el nivel superior de ductos referido al nivel de referencia de la planta o instalación, dirección de la pendiente y se indicará un número de corte que se presentará a detalle en el plano de cortes de ductos. Los bancos de ductos de fuerza y control serán independientes.

Planos de alumbrado y contactos.

Este tipo de planos mostrará la distribución de luminarias, acotándolas o en su caso ubicándolas lógicamente respecto a plafón, se indicará número de circuito al que pertenece, apagador que a controla, fases, así como características, como potencia, clasificación de área, tipo de balastro, reflector, difusor, guarda u otras que sean necesarias. Se indicará en la canalización el cableado y diámetro de tubería, trayectoria de canalización, localización del tablero de distribución con clave tipo, cuadro de cargas completo indicando el desbalance de carga, altura de montaje de luminarias.

Planos del sistema de puesta a tierra y pararrayos.

En los planos del sistema de tierra y pararrayos, se mostrará la red general de tierras de la instalación eléctrica, mostrando calibre y tipo de conductor, trayectoria de la red, registros de tierra, tipo de electrodos, tipo de conectores, profundidad de la malla. Se indicará una simbología general de tierra y pararrayos mostrando clave y descripción de elementos. Se diferenciarán los registros de varillas del sistema de tierras de registros de varillas de pararrayos" por medio del símbolo en las tapas del registro. Los 2 sistemas se unirán a través de determinados registros indicados en los planos.

Para el plano de sistema de pararrayos se indicará el nivel de protección de acuerdo con el análisis realizado con base en la Norma Mexicana NMX-J-549-2005. Se debe considerar mostrar en planta el área de cobertura del nivel de protección seleccionado y elevaciones.

Memoria de cálculo.

Para la generación de planos y otros documentos técnicos se elaborarán los cálculos requeridos y se presentarán en memorias de cálculo, se tomarán en cuenta las condiciones ambientales, tablas de referencia de fabricantes de equipos y normatividad técnica, las memorias de cálculo validan la selección de equipo, de materiales y características de accesorios.

Las memorias de cálculo para el Proyecto son las siguientes:

- ⊕ Memoria de Cálculo – Sistema Generación eléctrica principal (Termo generadores o sistema de motores Styrling de alta eficiencia) a gas natural.
- ⊕ Memoria de Cálculo - Transformador de distribución BT.
- ⊕ Memoria de Cálculo - Sistema de fuerza ininterrumpible.
- ⊕ Memoria de Cálculo - Banco y cargador de baterías 125 Vcd.
- ⊕ Memoria de Cálculo - Selección y dimensionamiento de cables y canalizaciones eléctricas.
- ⊕ Memoria de Cálculo - Sistema de alumbrado exterior.
- ⊕ Memoria de Cálculo - Sistema de puesta a tierra.
- ⊕ Memoria Técnica Descriptiva - Sistema de protección contra descargas atmosféricas.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos del sistema de tierras físicas y pararrayos.

Clasificación de áreas peligrosas.

La clasificación de áreas se debe llevar a cabo conforme a lo establecido en el capítulo 5 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, NFPA-497-2012 y el código API-RP-500 Recommended for Practice Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ⊕ Temperatura de ignición y evaporación de los derivados de hidrocarburos presentes en la instalación.
- ⊕ Densidad de los productos manejados con respecto al aire.
- ⊕ Presiones de operación del proceso.
- ⊕ Condiciones meteorológicas existentes en la zona.
- ⊕ Sustancias inflamables que podrían existir en la atmósfera por el manejo de hidrocarburos.
- ⊕ Áreas en las cuales, por falla del equipo de operación, los gases o vapores inflamables pudieran fugarse hasta alcanzar concentraciones peligrosas y, simultáneamente, ocurrir fallas del equipo eléctrico.

Los equipos, materiales e instrumentos deben tener un código de temperatura tomando en cuenta que en la terminal se manejan líquidos combustibles, los cuales se consideran como sustancias peligrosas.

La clasificación de áreas que se realice en el Proyecto será determinante para la selección de equipos, dispositivos eléctricos, métodos de alambrado, registros y canalizaciones que formen parte del alcance del Proyecto con el objeto de cumplir cabalmente con los requisitos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 y código API 500. Los cuartos de baterías cumplirán con una clasificación de área Clase I,

División 2, Grupo B, ya que esta atmósfera es generada por la carga y descarga de las baterías de níquel-cadmio, las cuales desprenden gas hidrógeno. Este gas tiene una temperatura de autoignición de 520 °C.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos de clasificación de áreas peligrosas.

Sistema de puesta a tierra.

Se debe diseñar un sistema de puesta a tierra en toda la instalación para garantizar la protección del personal, equipos e instalaciones contra descargas eléctricas, descargas atmosféricas y corrientes de falla, de acuerdo con el artículo 250 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. El diseño de la red de tierras incluirá los cálculos de potenciales de paso y contacto, los cuales estarán por debajo de los límites tolerables por el cuerpo humano de 50 kilogramos, conforme a los lineamientos establecidos en el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) Std 80.

Los calibres considerados en el diseño de la red de puesta a tierra serán obtenidos con base en la memoria de cálculo definida en la Ingeniería de Detalle, pero, en ningún caso, serán menores a: 107 mm² (4/0 AWG) para la red principal en acometidas eléctricas, 67.4 mm² (2/0 AWG) para la red principal del Proyecto, y 33.6 mm² (2 AWG) para la derivación a equipos y estructuras.

Los conductores de puesta a tierra serán de cable de cobre desnudo con temple semiduro. Se instalarán conectores mecánicos para la conexión de equipos metálicos, tableros, estructuras metálicas, tuberías, recipientes y conectores de tipo soldable para conexiones subterráneas. Toda la tornillería para la instalación de la red de tierras será cadminizada.

Los electrodos de puesta a tierra serán de tipo varilla con recubrimiento de 254 µm (10 milésimas de pulgada) de cobre, de 16 milímetros de diámetro por 3.05 metros de longitud. Para la protección mecánica de los cables de puesta a tierra que salen de la red subterránea (malla) hacia los equipos, dispositivos o estructuras, se considera la instalación de un tramo de tubo conduit de pared gruesa, galvanizado (camisa), incluyendo su monitor. Se considera que las salidas del conductor de puesta a tierra no deben obstruir la circulación ni áreas de operación. Para la puesta a tierra de soportes para cables tipo charola se instalará un conector mecánico para conexión a tierra a una distancia mínima de 600 milímetros a lo largo de toda la trayectoria de la charola.

Este conector será bimetálico para evitar el par galvánico, y debe estar conectado directamente a la red general de puesta a tierra en al menos tres puntos de la trayectoria. En el caso de charolas instaladas en cuartos de cables o bajo piso falso, las charolas se conectarán a tierra a intervalos no mayores a 1.5 metros, y el arreglo total de las charolas se interconectarán a la red de puesta a tierra distribuida estratégicamente a lo largo y ancho de la misma con el fin de evitar corrientes indeseables a través de la charola.

No se permite la utilización de canalizaciones (tubo conduit, charolas, tubo metálico flexible y accesorios) como conductor de puesta a tierra. No obstante, se asegurará la continuidad eléctrica de las canalizaciones en toda su trayectoria. El valor de resistencia general de la red de tierras no será mayor de 10 ohm. En terrenos con alta resistividad se permitirá que este valor llegue a ser de hasta 25 ohm.

Para las subestaciones eléctricas y sistemas de generación la resistencia del sistema de puesta a tierra será menor a 5 ohms, para permitir la correcta protección de sus elementos. Se aterrizarán invariablemente todos los equipos a fin de evitar riesgos para el personal y equipos. Para el caso de los racks de tuberías, éstos se aterrizarán a la entrada de la planta de proceso y a intervalos no mayores de 20 metros.

Sistema de protección contra descargas atmosféricas (pararrayos).

Se debe contemplar un sistema de protección contra descargas atmosféricas que cumpla con los siguientes puntos para brindar el nivel de confiabilidad adecuado en los proyectos de instalaciones eléctricas:

- ⊕ Se instalará de terminales aéreas o puntas pararrayos de comportamiento dinámico distribuidos conforme al cálculo de ángulos de blindaje o método de esfera rodante, distribuyendo las puntas en los

techos o cubiertas elevadas de edificios, estructuras o torres (según el diseño) que son factibles de recibir una descarga atmosférica directa. El nivel de protección para el cálculo será I, conforme a los lineamientos de la Norma Mexicana NMX-J-549-ANCE2005.

- ⊕ Proveer trayectorias de baja impedancia para conducir la energía del rayo a tierra, por lo que considerará un conductor de un solo tramo desde la punta pararrayos hasta el sistema de tierra.
- ⊕ Sistema de puesta a tierra tipo delta independiente del sistema general de puesta a tierra de la instalación, pero interconectados entre sí para tener un sistema equipotencial diseñado para obtener una resistencia menor o igual a 10 ohms como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2015, conformado por electrodos que provean amplio contacto con la tierra para permitir la disipación de la energía.
- ⊕ Asegurar la equipotencialidad entre los sistemas uniendo el sistema de pararrayos con la red general de tierra a través de conexión soldable.
- ⊕ Protección contra sobretensiones transitorias para los equipos críticos para la operación de la válvula de seccionamiento del Proyecto conforme a los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

En su artículo 285 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 y la Norma Mexicana NMX-J-549-ANCE-2005. Estos equipos están diseñados para limitar las sobretensiones transitorias (pico de voltaje de frente rápido) a valores que no afecten el nivel básico de aislamiento de los equipos, a través del uso de varistores, los cuales censan constantemente el voltaje de línea, tierra y neutro. Al detectar un pico de voltaje transitorio, actúan como circuito de muy baja impedancia liberando la energía a tierra antes de que el equipo electrónico sensible sufra daños.

El diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas (pararrayos) será tal que sea posible su trazabilidad en estudios de campo de larga duración, pruebas de laboratorio, principios científicos fundamentales y/o niveles estadísticos de la descarga atmosférica documentados en normas internacionales.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos del sistema de tierras físicas.

Bases de diseño eléctrico Estación de Compresión El Fuerte.

La alimentación eléctrica será por (3) Generadores a Gas en servicio continuo, servicio prime de 1,429 KW/1,786 KVA, 480 VCA, 3F, 4H, 60Hz, F.P 0.8. para suministrar energía a los servicios en general de la estación, Ver diagrama Unifilar GN0621-EL-203-DU-001. En demanda máxima operaran 2 generadores + 1 de respaldo, en demanda promedio operará 1 generador + 2 de respaldo que estarán rotando según el perfil de demanda de carga de la estación. Todos los equipos y sistemas eléctricos enunciados en este documento y que integran la instalación eléctrica de la Estación de Compresión El Fuerte y que forma parte del Proyecto, serán nuevos y su diseño debe cumplir con las normas y códigos aplicables indicados en este documento.

Las cargas eléctricas de cada uno de los turbocompresores se alimentarán por medio del Cuarto de Control de Motores (CCM) de manera individual se instalarán en el cuarto eléctrica principal, en un área no clasificada como peligrosa y estará orientado de tal forma que los gases o vapores de la estación de compresión y medición no sean impulsados al cuarto eléctrico local por los vientos dominantes y reinantes, la construcción del edificio será resistente al fuego, el nivel superior corresponde al cuarto de tableros, equipo eléctrico y la planta baja corresponde al cuarto de conductores en el que se instalan las charolas que se emplean para soportar los conductores que entran y salen de los tableros de distribución y centro de control de motores ubicados en el cuarto de tableros no se aceptan trincheras, sótanos ni semisótanos para cuarto de conductores. En estos se considerarán arrancadores suaves para los aero enfriadores de gas instalados, en los Cuartos de Control de Motores; con espacio suficiente para su cableado de acuerdo con el tamaño Nema del arrancador, el cual contara con control para arranque y paro desde el cuarto de control y comunicación ethernet TCP/IP Modbus RS-485.

La información necesaria para la construcción y procura de las instalaciones eléctricas que darán servicio al Proyecto y que será entregada por el Contratista se presenta a continuación, de forma enunciativa más no limitativa:

- ⊕ Planos.
- ⊕ Diagramas unifilares por nivel de tensión.
- ⊕ Especificaciones de equipo y hojas de datos (tablero de distribución, centro de control de motores, tablero general de distribución, transformador de distribución principal, resistencia de puesta a tierra de generadores, moto generadores de generación eléctrica principal, tablero de distribución principal, banco de capacitores, unidad ininterrumpible de energía, cargador de baterías, entre otros).
- ⊕ Arreglos de equipo en cuarto eléctrico, control y de baterías (plantas, elevaciones, cortes transversales y longitudinales y detalles).
- ⊕ Planos de acometida eléctrica (planta, cortes y detalles).
- ⊕ Clasificación de áreas peligrosas (planta y detalles).
- ⊕ Sistemas de puesta a tierra y sistema de protección contra descargas atmosféricas.
- ⊕ Sistemas de alumbrado y contactos en edificios.
- ⊕ Sistema de alumbrado exterior en áreas de proceso y vialidades.
- ⊕ Sistemas de fuerza en áreas de proceso y en edificios.
- ⊕ Planos de detalles de fuerza, alumbrado, puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas.
- ⊕ Planos de sistema de protección catódica.
- ⊕ Memorias de cálculo (alumbrado interior en edificios, alumbrado exterior y vialidades, alimentadores principales en media y baja tensión, alimentadores derivados, sistema de puesta a tierra, sistema de protección contra descargas atmosféricas, caída de tensión para motores de 100 HP o mayores, dimensionamiento de equipos principales).
- ⊕ Listas de materiales y/o catálogo de conceptos.
- ⊕ Requisiciones de materiales y equipo eléctrico.
- ⊕ Estudios eléctricos (flujo de cargas, corto circuito, coordinación de protecciones, arco eléctrico).
- ⊕ Evaluaciones técnicas de equipo y materiales eléctricos y de estudios especiales.
- ⊕ Asistencia a construcción.

Los planos mostrarán la información técnica necesaria para ser utilizados de manera conjunta con las especificaciones y hojas de datos de los equipos eléctricos y planos del fabricante para la correcta ejecución de la construcción. Las acotaciones serán en el sistema internacional de medidas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2007 y las redacciones requeridas en idioma español. Los planos deben contener el croquis de localización general, marcando el área individual que se esté trabajando, ubicado en la esquina superior derecha del plano. Debe mostrarse en planos la simbología utilizada en el Proyecto, la cual debe estar de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-J-136-2007.

El diseño eléctrico para la válvula de seccionamiento considera los siguientes tipos de documentos y planos, los cuales se complementan con el fin de que la ingeniería sea lo más clara posible:

Diagramas unifilares.

Los diagramas unifilares contendrán las características del suministro de energía eléctrica de la compañía suministradora, generador eléctrico a gas natural, como tensión, frecuencia, fases, número de hilos, aportación al corto circuito trifásico y monofásico. Para el caso de los generadores eléctricos se proporcionarán los valores de las reactancias subtransitoria, transitoria y síncrona. En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los diagramas unifilares.

Para los circuitos eléctricos, indicar número de circuito, capacidad en HP o kW y capacidad del dispositivo de protección. Indicar longitud, caída de tensión en %, calibre y cantidad de conductores, número de tubería de acuerdo con la cédula de conductores y tubería conduit.

En transformadores se indicará la potencia en kVA, número de fases, tipo de conexión, tipo de enfriamiento, tensión en el lado primario y secundario, impedancia en %, número de clave del equipo, elevación de temperatura.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los diagramas unifilares.

Planos de arreglo general de equipo.

Se debe mostrar en planta y elevación el arreglo de equipo eléctrico interno y externo indicando su orientación, dimensiones distancias a ejes constructivos. Para el equipo de media tensión mostrar el arreglo interior del equipo, así como distancias de fase a fase y de fase a tierra, se indicarán dimensiones y profundidad de huecos, trincheras y/o registros.

Este tipo de plano se proyectará inicialmente con las mayores dimensiones de equipo principal de los fabricantes líderes y posteriormente se actualizará con las dimensiones certificadas de fabricantes, debe mostrar el sentido con el que abren las puertas, sus dimensiones, la malla ciclónica, escaleras, diagrama unifilar en muro, ubicación y datos de extintores, así como las características principales del sistema de alarma y contra incendio.

Se mostrará una lista de equipo con las características principales, indicando clave y número de requisición. Mostrar ubicación de tarimas y tapetes aislantes, registros, cárcamo y drenajes aceitosos, dimensiones de bases de equipo y peso aproximado de equipos. Debe mostrar todos los equipos eléctricos a instalar en las diferentes áreas.

Planos de distribución de fuerza.

La distribución de los circuitos de Fuerza se realizará principalmente por charolas o tubería conduit de manera aérea y se debe minimizar al máximo el uso de bancos de ductos.

Banco de ductos subterráneos. Se debe mostrar la trayectoria en planta en un dibujo a escala, indicando en los extremos de cada tramo, el nivel superior de ductos referido al nivel de referencia de la planta o instalación, dirección de la pendiente y se indicará un número de corte que se presentará a detalle en el plano de cortes de ductos. Los bancos de ductos de fuerza y control serán independientes.

Planos de alumbrado y contactos.

Este tipo de planos debe mostrar la distribución de luminarias, acotándolas o en su caso ubicándolas lógicamente respecto a plafón, se deben indicar número de circuito al que pertenece, apagador que a controla, fases, así como características, como potencia, clasificación de área, tipo de balastro, reflector, difusor, guarda u otras que sean necesarias. Se debe indicar en la canalización el cableado y diámetro de tubería, trayectoria de canalización, localización del tablero de distribución con clave tipo, cuadro de cargas completo indicando el desbalance de carga, altura de montaje de luminarias.

Planos del sistema de puesta a tierra y pararrayos.

En los planos del sistema de tierra y pararrayos, se debe mostrar la red general de tierras de la instalación eléctrica, mostrando calibre y tipo de conductor, trayectoria de la red, registros de tierra, tipo de electrodos, tipo de conectores, profundidad de la malla. Se debe indicar una simbología general de tierra y pararrayos mostrando clave y descripción de elementos. Se diferenciarán los registros de varillas del sistema de tierras de registros de varillas de pararrayos" por medio del símbolo en las tapas del registro. Los dos sistemas se unirán a través de determinados registros indicados en los planos.

Para el plano de sistema de pararrayos se debe indicar el nivel de protección de acuerdo con el análisis realizado con base en la Norma Mexicana NMX-J-549-2005. Se debe considerar mostrar en planta el área de cobertura del nivel de protección seleccionado y elevaciones. En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos del sistema de puesta a tierra y pararrayos.

Sistema de puesta a tierra.

Se debe diseñar un sistema de puesta a tierra en toda la instalación para garantizar la protección del personal, equipos e instalaciones contra descargas eléctricas, descargas atmosféricas y corrientes de falla, de acuerdo con el artículo 250 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. El diseño de la red de tierras debe incluir los cálculos de potenciales de paso y contacto, los cuales estarán por debajo de los límites tolerables por el cuerpo humano de 50 kilogramos, conforme a los lineamientos establecidos en el IEEE Std 80.

Los calibres considerados en el diseño del sistema de puesta a tierra serán obtenidos con base en la memoria de cálculo definida en la Ingeniería de Detalle, pero, en ningún caso, serán menores a: 107 mm² (4/0 AWG) para la red principal en subestaciones eléctricas, 67.4 mm² (2/0 AWG) para la red principal del Proyecto, y 33.6 mm² (2 AWG) para la derivación a equipos y estructuras.

Los conductores de puesta a tierra serán de cable de cobre desnudo con temple semiduro. Se deben instalar conectores mecánicos para la conexión de equipos metálicos, tableros, estructuras metálicas, tuberías, recipientes, en registros para la medición del sistema, en deltas mínimo en 2 registros para inspección y medición del sistema. y conectores de tipo soldable para conexiones subterráneas. Toda la tornillería para la instalación de la red de tierras será cadminizada.

Se deben aterrizar invariablemente todos los equipos a fin de evitar riesgos para el personal y equipos (columnas metálicas, puertas en cuarto en cuarto eléctrico, mallas ciclónicas, etc.). Para el caso de los racks de tuberías, éstos deben aterrizarse a la entrada de la planta de proceso y a intervalos no mayores de 20 metros.

Para la puesta a tierra de cuartos de control y eléctricos se debe considerar la instalación de barras de puesta a tierra que se interconecten entre sí, sin formar lazos cerrados y conectados firmemente a la barra de unión principal, la cual estará sólidamente conectada a la red general de puesta a tierra para limitar la circulación de corriente de falla.

Para el cuarto de control y equipos críticos de control (Telecomunicaciones, SCP, SPE, SFG, SCADA) se diseñará e instalará un arreglo de sistema de tierra electrónico independiente, con una resistencia menor a 5 ohm, la cual se interconectará a la malla principal. La puesta a tierra del equipo principal y de los instrumentos/equipos de telecomunicaciones será independiente, y debe existir una separación mínima de 1.80 metros.

La conexión a tierra de los equipos electrónicos debe terminar en un sistema conectado en delta de electrodos a tierra. Para el sistema de tierras de los turbocompresores se consideran deltas de 5 metros de separación entre electrodos verticales, mejoramiento del terreno para cumplir con la resistividad requerida por el proveedor del equipo.

Sistema de protección contra descargas atmosféricas (pararrayos).

El Proyecto contempla un sistema de protección contra descargas atmosféricas que cumpla con los siguientes puntos para brindar el nivel de confiabilidad adecuado en los proyectos de instalaciones eléctricas:

- ⊕ Se deben instalar de terminales aéreas o puntas pararrayos de comportamiento dinámico distribuidos conforme al cálculo de ángulos de blindaje o método de esfera rodante, distribuyendo las puntas en los techos o cubiertas elevadas de edificios, estructuras o torres (según el diseño) que son factibles de recibir una descarga atmosférica directa. El nivel de protección para el cálculo será I, conforme a los lineamientos de la Norma Mexicana NMX-J-549-ANCE-2005.
- ⊕ Proveer trayectorias de baja impedancia para conducir la energía del rayo a tierra, por lo que considerarse un conductor de un solo tramo desde la punta pararrayos hasta el sistema de tierra.
- ⊕ Sistema de puesta a tierra tipo delta independiente del sistema general de puesta a tierra de la instalación, pero interconectados entre sí para tener un sistema equipotencial diseñado para obtener

una resistencia menor o igual a 10 ohms como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2015, conformado por electrodos que provean amplio contacto con la tierra para permitir la disipación de la energía.

- ⊕ Asegurar la equipotencialidad entre los sistemas uniendo el sistema de pararrayos con la red general de tierra a través de conexión soldable.
- ⊕ Protección contra sobretensiones transitorias para los equipos críticos para la operación del Fuerte del Gasoducto Corredor del Norte conforme a los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 en su artículo 285 y la Norma Mexicana NMX-J-549-ANCE-2005. Estos equipos están diseñados para limitar las sobretensiones transitorias (pico de voltaje de frente rápido) a valores que no afecten el nivel básico de aislamiento de los equipos, a través del uso de varistores, los cuales censan constantemente el voltaje de línea, tierra y neutro. Al detectar un pico de voltaje transitorio, actúan como circuito de muy baja impedancia liberando la energía a tierra antes de que el equipo electrónico sensible sufra daños.
- ⊕ Para proteger la torre de venteo se debe considerar un sistema de pararrayos montado en un poste o torre de pararrayos con una altura superior (por lo menos 6 metros más alto).

El diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas (pararrayos) será tal que sea posible su trazabilidad en estudios de campo de larga duración, pruebas de laboratorio, principios científicos fundamentales y/o niveles estadísticos de la descarga atmosférica documentados en normas internacionales. El cálculo de este sistema que se defina en la ingeniería y debe considerar la utilización de puntas de pararrayos tipo dipolo corona de acuerdo con el procedimiento indicado en la Norma IEC-62305, de forma que se garantice que el sistema proporcionará trayectorias de baja impedancia a tierra ante una descarga atmosférica.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos del sistema de tierras físicas y pararrayos.

Sistema de HVAC.

El Proyecto incluye el diseño de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) óptimo para garantizar las condiciones de temperatura requeridas al interior del cuarto eléctrico principal, Cuartos LER, cuarto de control, oficinas (se incluyen los baños), taller de mantenimiento (si está considerado en el layout) y sistema de extracción para el cuarto de baterías y cuarto de generadores.

Incluyendo para cada equipo requerido (unidades manejadoras, unidades paquete, minisplit, fan & coil, extractores, ventiladores, entre otros).

Sistema de protección catódica.

El sistema de protección catódica para toda estructura enterrada o sumergida se diseñará con el fin de mitigar la velocidad de corrosión que podría ocasionar fallas estructurales. El sistema de protección catódica será diseñado de forma tal que se evite cualquier efecto corrosivo adverso en estructuras cercanas (equipos, tuberías, tanques, cables, entre otros), dando cumplimiento a las mejores prácticas de ingeniería y la normatividad aplicable.

Transformador principal (TMT-01).

El transformador principal será trifásico, servicio exterior, encapsulados en resina epóxica de tipo seco, sistema de enfriamiento AN, con una elevación de temperatura de 85/115 °C, relación de transformación 13.8-0.480/0.277 KV, capacidad de 2000 KVA, impedancia no menor de 5.75 %, devanado primario en conexión delta, devanado secundario en Conexión estrella, con el neutro aterrizado por medio de alta resistencia.

Deben cumplir con los requerimientos de la Norma Mexicana NMX-J-351-ANCE “Transformadores de distribución y potencia tipo seco – Especificaciones. Las pruebas en fábrica serán las pruebas de rutina de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-J-351-ANCE.

El transformador principal se instalará en exterior, en patio de transformadores, con gabinete para servicio intemperie construido con lámina de acero estructural de calibre mínimo de 12 USG. Las aberturas de ventilación deben estar de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 y NEMA ST-20 sección 3.

Generadores del sistema de generación de energía eléctrica principal.

El sistema de generación local estará formado por dos grupos generadores a gas natural de 800 KW/900 KVA servicio Stand By o emergencia, 480 Volts, 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, factor de potencia 0.80 de acuerdo con el estándar NEMA MG-1, parte 33. Los generadores cumplirán con la siguiente especificación IC-05-1102 Especificación Técnica de generadores de emergencia.

La capacidad de los generadores será tal que tenga un 20% sobre el valor de la demanda máxima total obtenida para el Proyecto. Adicionalmente, la capacidad de cada generador será tal que, en condiciones transitorias de arranque de motores, la tensión de operación en el bus del tablero de distribución no sea menor del 85% de la tensión nominal del sistema y del 80% de la tensión nominal de los motores más alejados de los centros de control de motores.

Transformadores de baja tensión.

Los transformadores tipo seco en barniz impregnado deben cumplir los requerimientos para pruebas en fábrica de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-J-351-ANCE, será trifásico, servicio interior, tipo seco auto enfriado, sistema de enfriamiento AA, elevación de temperatura 80 °C, relación de transformación 480-220/12Vca, impedancia estándar de 4% con un porcentaje de variación de +/- 7.5%, devanado primario en conexión delta, devanado secundario en conexión estrella, los devanados serán cobre-cobre, con el neutro aterrizado sólidamente. La capacidad de acuerdo con los flujos de potencia, considerando una reserva de 20% sobre el valor de la demanda máxima actual.

Tableros de distribución principal y de servicios.

Para la alimentación de la carga que corresponde a los servicios en 480 VCA 3F, 4H, 60 Hz (Normal/Emergencia) se instalará un tablero de distribución Principal TDB-322-001 auto soportado con capacidad de bus principal de 3,000 amperes y una capacidad interruptiva de 42 KA con 4 Interruptores electromagnéticos principales de 1600 AM/1080 AD, 5 Interruptores derivados de 1600 AM/880 AD, 1 Interruptor derivado de 1600 AM/960 AD.

Centros de Control de Motores (CCM).

Para la distribución, control y protección de las cargas en el sistema de distribución de 480 VCA se tendrán 5 Centros de Control de Motores, 4 serán para la carga de cada uno de los turbocompresores y sus servicios en particular que son los Cuartos de Control de Motores (CCMs) CCM-223-01, CCM-223-02, CCM-223-03, CCM-223-04 los cuales se ubicarán en los cuartos LER cerca de cada uno de los turbocompresores respectivamente, el CCM223-05 que se ubicará en el cuarto eléctrico principal que es para la distribución, control y protección de los servicios auxiliares.

Los centros de control de motores (CCM) serán para servicio interior, auto soportados en gabinete NEMA 1, 480 VCA, 60 Hz, 3 fases, 3 hilos, protegido por interruptor principal, tipo termomagnético con unidad de disparo LSI y medidor multifunción para medición, buses principales de capacidad adecuada, interruptores de caja moldeada con unidad de disparo termomagnético para equipos paquete, tableros de distribución secundarios, contactos trifásicos y transformadores de alumbrado y contactos, y combinaciones arrancador a tensión plena no reversible tamaño NEMA, de acuerdo con la capacidad del motor del equipo de proceso. Se deben incluir arrancadores suaves (soft starter) para motores de proceso cuya capacidad sea mayor a 50 HP.

Conduits y equipos para áreas clasificadas.

Los equipos y dispositivos eléctricos a prueba de explosión que se instalen dentro de las instalaciones de la Estación se deben cumplir con la clase, División, grupo y código de temperatura de acuerdo con lo indicado en los planos de clasificación de áreas peligrosas.

Los equipos, materiales e instrumentos; serán adecuados para instalarse en un área clasificada y tener un código de temperatura, tomando en cuenta que en la estación mencionada se manejan líquidos combustibles, los cuales se consideran como sustancias peligrosas. Dentro de los cuartos de baterías cumplirán con un área clasificada como Clase I, División 2, Grupo B, ya que esta atmosfera es generada por la carga y descarga de las baterías de Níquel-Cadmio, las cuales desprenden gas hidrogeno este gas tiene una temperatura de auto ignición de 520 °C.

Los equipos eléctricos que se instalarán en la Terminal, deben cumplir con el área clasificada como peligrosa y son todos aquellos que produzcan en su superficie una temperatura igual o cercana al 80% de la temperatura de auto-ignición de los vapores que produzcan un arco eléctrico, por ejemplo, los interruptores de nivel, interruptores de flujo, analizador de ácido sulfhídrico, analizador de humedad, cromatógrafo de gases, analizador de azufre, transmisores de presión, transmisores de flujo, válvulas de control, detectores de intrusos, unidades de alumbrado y contactos.

Motores eléctricos.

Los motores deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Los motores deben estar diseñados para servicio continuo a tensión nominal y frecuencia de 60Hz. Todos los motores deben estar totalmente cerrados y enfriados por ventilador (TEFC-XP), Se realizará la selección del tipo de envolvente para motores de acuerdo con el tipo de ambiente donde operará.

Todos los motores estarán diseñados de tal manera que puedan ser re-arrancados/re- acelerados en cualquier momento después de caídas de tensión sin ningún efecto perjudicial para la máquina.

Los motores deben estar equipados con dos conectores para conexión a tierra: uno en el interior de la caja de conexiones y otro en el exterior, en la base del motor.

b. Bases de diseño eléctrico para la Estación Topolobampo.

Todos los equipos y sistemas eléctricos enunciados en este documento y que integran la instalación de la Estación Topolobampo serán nuevos y su diseño debe cumplir con las normas y códigos aplicables indicados en este documento.

La jerarquía y aplicación de los documentos de referencia son: Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas, solo de no existir una norma oficial mexicana o norma mexicana se tomará lo indicado en las códigos y normas internacionales. Cuando exista discrepancia entre los documentos, prevalecerá el más estricto.

El diseño e instalación eléctrica de este Proyecto será verificado por una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE), con registro vigente en la Secretaría de Energía, para verificar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización). La UVIE debe contar con 5 años como mínimo de experiencia comprobable en proyectos industriales, en las instalaciones menores a 1000 Vca con manejo de hidrocarburos (áreas clasificadas como peligrosas).

La UVIE debe realizar el proceso de verificación del Proyecto, de acuerdo con los requerimientos del Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC) y de acuerdo con lo indicado en la Secc. 4.4., de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

El suministro eléctrico de la Estación Topolobampo del Gasoducto Corredor Norte será a través de un Sistema de Generación continuo a Gas Natural libre de mantenimiento con una capacidad de generación

aproximada de 65 KW, 480 V- trifásica- 60 Hz, la capacidad del sistema de generación se deberá de confirmar en la Ingeniería básica extendida.

Adicionalmente se contempla una UPS con un banco de baterías para un respaldo de 12 horas como mínimo, que alimentara las cargas principales en caso de alguna falla en el suministro eléctrico.

Todos los equipos, tableros, materiales serán seleccionados para ambiente marino altamente corrosivos.

Para el cuarto de baterías se deben considerar los siguientes aspectos:

- ⊕ Las baterías se deben instalar en un cuarto independiente, específico para este uso, de preferencia anexo al cuarto de control eléctrico y con acceso propio.
- ⊕ El cuarto de baterías debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.
- ⊕ Las baterías deben instalarse en bastidores metálicos.
- ⊕ En el cuarto de baterías se debe instalar como mínimo un extractor tipo industrial con señal de falla al sistema de control de proceso (SCP).
- ⊕ El extractor debe tener arrancador con protección de sobrecarga, ubicado fuera del cuarto de baterías.
- ⊕ Los dispositivos eléctricos instalados en el cuarto de baterías deben seleccionarse de acuerdo con la clasificación de áreas del Proyecto.
- ⊕ La distribución de los bancos de baterías debe realizarse permitiendo espacios de acceso para un funcionamiento y mantenimiento seguro.
- ⊕ Las puertas deben incluir cerradura del tipo barra de pánico.
- ⊕ La estructura del cuarto será igual a la del cuarto de control eléctrico.

Planos de diseño eléctrico.

Los planos deben mostrar la información técnica necesaria para ser utilizados de manera conjunta con las especificaciones y hojas de datos de los equipos eléctricos y planos del fabricante para la correcta ejecución de la construcción. Las acotaciones serán en el sistema internacional de medidas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2007 y las redacciones requeridas en idioma español. Los planos deben contener el croquis de localización general, marcando el área individual que se esté trabajando, ubicado en la esquina superior derecha del plano.

Debe mostrarse en planos la simbología utilizada en el Proyecto, la cual debe estar de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-J-136-2007.

El diseño eléctrico para la Estación considera los siguientes tipos de documentos y planos, los cuales se complementan con el fin de que la ingeniería sea lo más completa posible.

Diagramas unifilares.

Los diagramas unifilares deben contener las características del suministro de energía eléctrica de la compañía suministradora, generador eléctrico a gas natural, como tensión, frecuencia, fases, número de hilos, aportación al corto circuito trifásico y monofásico.

Para los circuitos eléctricos, indicar número de circuito, capacidad en HP o kW y capacidad del dispositivo de protección. Indicar longitud, caída de tensión en %, calibre y cantidad de conductores, número de tubería de acuerdo con la cédula de conductores y tubería conduit.

En transformadores se debe indicar la potencia en kVA, número de fases, tipo de conexión, tipo de enfriamiento, tensión en el lado primario y secundario, impedancia en %, número de clave del equipo, elevación de temperatura.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los diagramas unifilares.

Planos de arreglo general de equipo.

Se debe mostrar en planta y elevación el arreglo de equipo eléctrico interno y externo indicando su orientación, dimensiones distancias a ejes constructivos.

Para el equipo de media tensión mostrar el arreglo interior del equipo, así como distancias de fase a fase y de fase a tierra, se indicarán dimensiones y profundidad de huecos, trincheras y/o registros.

Este tipo de plano se proyectará inicialmente con las mayores dimensiones de equipo principal de los fabricantes líderes y posteriormente se actualizará con las dimensiones certificadas de fabricantes, debe mostrar el sentido con el que abren las puertas, sus dimensiones, la malla ciclónica, escaleras, diagrama unifilar en muro, ubicación y datos de extintores, así como las características principales del sistema de alarma y contra incendio.

Se mostrará una lista de equipo con las características principales, indicando clave y número de requisición. Mostrar ubicación de tarimas y tapetes aislantes, registros, cárcamo y drenajes aceitosos, dimensiones de bases de equipo y peso aproximado de equipos. Debe mostrar todos los equipos eléctricos a instalar en las diferentes áreas.

Planos de distribución de fuerza.

La distribución de los circuitos de Fuerza se realizará principalmente por charolas o tubería Conduit de manera aérea y se debe minimizar al máximo el uso de bancos de ductos.

Banco de ductos subterráneos. Se debe mostrar la trayectoria en planta en un dibujo a escala, indicando en los extremos de cada tramo, el nivel superior de ductos referido al nivel de referencia de la planta o instalación, dirección de la pendiente y se indicará un número de corte que se presentará a detalle en el plano de cortes de ductos. Los bancos de ductos de fuerza y control serán independientes.

Planos de alumbrado y contactos.

Este tipo de planos debe mostrar la distribución de luminarias, acotándolas o en su caso ubicándolas lógicamente respecto a plafón, se deben indicar número de circuito al que pertenece, apagador que a controla, fases, así como características, como potencia, clasificación de área, tipo de balastro, reflector, difusor, guarda u otras que sean necesarias. Se debe indicar en la canalización el cableado y diámetro de tubería, trayectoria de canalización, localización del tablero de distribución con clave tipo, cuadro de cargas completo indicando el desbalance de carga, altura de montaje de luminarias.

Planos del sistema de puesta a tierra y pararrayos.

En los planos del sistema de tierra y pararrayos, se debe mostrar la red general de tierras de la instalación eléctrica, mostrando calibre y tipo de conductor, trayectoria de la red, registros de tierra, tipo de electrodos, tipo de conectores, profundidad de la malla. Se debe indicar una simbología general de tierra y pararrayos mostrando clave y descripción de elementos. Se diferenciarán los registros de varillas del sistema de tierras de registros de varillas de pararrayos" por medio del símbolo en las tapas del registro. Los 2 sistemas se unirán a través de determinados registros indicados en los planos. En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los diagramas unifilares. En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos del sistema de puesta a tierra y pararrayos.

Para el plano de sistema de pararrayos se debe indicar el nivel de protección de acuerdo con el análisis realizado con base en la Norma Mexicana NMX-J-549-2005. Se debe considerar mostrar en planta el área de cobertura del nivel de protección seleccionado y elevaciones.

Sistema de puesta a tierra.

Se diseñará un sistema de puesta a tierra en toda la instalación para garantizar la protección del personal, equipos e instalaciones contra descargas eléctricas, descargas atmosféricas y corrientes de falla, de acuerdo con el artículo 250 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. El diseño de la red de tierras debe incluir los cálculos de potenciales de paso y contacto, los cuales estarán por debajo de los límites tolerables por el cuerpo humano de 50 Kg, conforme a los lineamientos establecidos en el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) Std 80.

Los calibres considerados en el diseño del sistema de puesta a tierra serán obtenidos con base en la memoria de cálculo definida en la Ingeniería de Detalle, pero, en ningún caso, serán menores a: 107 mm² (4/0 AWG) para la red principal en subestaciones eléctricas, 67.4 mm² (2/0 AWG) para la red principal del Proyecto, y 33.6 mm² (2 AWG) para la derivación a equipos y estructuras.

Los conductores de puesta a tierra serán de cable de cobre desnudo con temple semiduro. Se deben instalar conectores mecánicos para la conexión de equipos metálicos, tableros, estructuras metálicas, tuberías, recipientes, en registros para la medición del sistema, en deltas mínimo en 2 registros para inspección y medición del sistema. y conectores de tipo soldable para conexiones subterráneas. Toda la tornillería para la instalación de la red de tierras será cadmizada.

Se aterrizará invariablemente todos los equipos a fin de evitar riesgos para el personal y equipos (columnas metálicas, puertas en cuarto en cuarto eléctrico, mallas ciclónicas, entre otros). Para el caso de los racks de tuberías, éstos deben aterrizarse a la entrada de la planta de proceso y a intervalos no mayores de 20 metros.

Para la puesta a tierra de cuartos de control y eléctricos se debe considerar la instalación de barras de puesta a tierra que se interconecten entre sí, sin formar lazos cerrados y conectados firmemente a la barra de unión principal, la cual estará sólidamente conectada a la red general de puesta a tierra para limitar la circulación de corriente de falla.

Para el cuarto de control y equipos críticos de control (Telecomunicaciones, SCP, SPE, SFG, SCADA) se diseñará e instalar un arreglo de sistema de tierra electrónico independiente, con una resistencia menor a 5 ohm, la cual se interconectará a la malla principal. La puesta a tierra del equipo principal y de los instrumentos/equipos de telecomunicaciones será independiente, y debe existir una separación mínima de 1.80 metros.

La conexión a tierra de los equipos electrónicos debe terminar en un sistema conectado en delta de electrodos a tierra. Para el sistema de tierras de los turbocompresores se considerarán deltas de 5 metros de separación entre electrodos verticales, mejoramiento del terreno para cumplir con la resistividad requerida por el proveedor del equipo.

Para el caso de la Estación Topolobampo, la estructura metálica piloteada se podrá considerar como los electrodos de puesta a tierra, por lo que el arreglo de puesta a tierra estará referenciado a las partes metálicas en contacto con el agua de mar para permitir la liberación de las corrientes de falla por corto circuito o descarga atmosférica. Se emplearán los elementos de protección necesarios para evitar la degradación del sistema. El valor de resistencia general de la red de tierras no será mayor de 10 ohm.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos del sistema de tierras físicas.

Sistema de protección contra descargas atmosféricas (pararrayos).

El Proyecto contempla un sistema de protección contra descargas atmosféricas que cumpla con los siguientes puntos para brindar el nivel de confiabilidad adecuado en los proyectos de instalaciones eléctricas:

- ⊕ Se deben instalar de terminales aéreas o puntas pararrayos de comportamiento dinámico distribuidos conforme al cálculo de ángulos de blindaje o método de esfera rodante, distribuyendo las puntas en los techos o cubiertas elevadas de edificios, estructuras o torres (según el diseño) que son factibles de recibir una descarga atmosférica directa. El nivel de protección para el cálculo será I, conforme a los lineamientos de la Norma Mexicana NMX-J-549-ANCE-2005.
- ⊕ Proveer trayectorias de baja impedancia para conducir la energía del rayo a tierra, por lo que considerarse un conductor de un solo tramo desde la punta pararrayos hasta el sistema de tierra.
- ⊕ Sistema de puesta a tierra tipo delta independiente del sistema general de puesta a tierra de la instalación, pero interconectados entre sí para tener un sistema equipotencial diseñado para obtener una resistencia menor o igual a 10 ohms como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2015, conformado por electrodos que provean amplio contacto con la tierra para permitir la disipación de la energía.
- ⊕ Asegurar la equipotencialidad entre los sistemas uniendo el sistema de pararrayos con la red general de tierra a través de conexión soldable.
- ⊕ Protección contra sobretensiones transitorias (protegen los dispositivos eléctricos de los picos de tensión repentinos) para los equipos críticos para la operación de La Estación de Compresión El Fuerte y Gasoducto Corredor Norte conforme a los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 en su artículo 285 y la Norma Mexicana NMX-J-549-ANCE-2005. Estos equipos están diseñados para limitar las sobretensiones transitorias (pico de voltaje de frente rápido) a valores que no afecten el nivel básico de aislamiento de los equipos, a través del uso de varistores, los cuales censan constantemente el voltaje de línea, tierra y neutro. Al detectar un pico de voltaje transitorio, actúan como circuito de muy baja impedancia liberando la energía a tierra antes de que el equipo electrónico sensible sufra daños.
- ⊕ Para proteger la torre de venteo se debe considerar un sistema de pararrayos montado en un poste o torre de pararrayos con una altura superior (por lo menos 6 metros más alto).

El diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas (pararrayos) será tal que sea posible su trazabilidad en estudios de campo de larga duración, pruebas de laboratorio, principios científicos fundamentales y/o niveles estadísticos de la descarga atmosférica documentados en normas internacionales.

El cálculo de este sistema que se defina en la ingeniería y debe considerar la utilización de puntas de pararrayos tipo dipolo corona de acuerdo con el procedimiento indicado en la Norma IEC-62305, de forma que se garantice que el sistema proporcionará trayectorias de baja impedancia a tierra ante una descarga atmosférica.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos del sistema pararrayos.

Clasificación de áreas peligrosas.

La clasificación de áreas se debe llevar a cabo conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (Utilización), capítulo 5, NFPA-497 y el API-RP-500 Recommended for Practice Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ⊕ Temperatura de ignición y evaporación de los derivados de hidrocarburos presentes en la instalación.
- ⊕ Densidad de los productos manejados con respecto al aire.
- ⊕ Presiones de operación del proceso.
- ⊕ Condiciones meteorológicas existentes en la zona.
- ⊕ Sustancias inflamables que podrían existir en la atmósfera por el manejo de hidrocarburos.
- ⊕ Áreas en las cuales, por falla del equipo de operación, los gases o vapores inflamables pudieran fugarse hasta alcanzar concentraciones peligrosas y, simultáneamente, ocurrir fallas del equipo eléctrico.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-04 se presentan los planos de clasificación de áreas peligrosas.

Sistema de protección catódica.

Los elementos al estar en ambiente marino tendrán un sistema de protección catódica por ánodos galvánicos.

Se llevará a cabo un estudio para el dimensionamiento del sistema de protección catódica en la Estación Topolobampo contemplando las secciones de tubería, tanques o elementos que se deban proteger con ánodos galvánicos y recubrimiento.

Los planos de ingeniería deben definir claramente la ubicación del equipo de protección catódica y sus conexiones a la tubería, así como la ubicación de otras instalaciones o estructuras a la vista o enterradas que pudiesen afectar o ser afectadas por el sistema de protección catódica. Para el diseño del sistema se debe considerar un tiempo de vida útil de 25 años.

V.1.2.5 Ingeniería de seguridad y contraincendios

Los sistemas de seguridad a implementarse en las instalaciones del Proyecto son los siguientes: sistema de fuego y gas, sistema de detección y alarma, sistemas de espuma contra incendio , sistema de supresión en edificios, conos indicadores de viento, rutas de evacuación, letreros de señalización, extintores, botiquín de primeros auxilios regaderas y lavaojos y estudios del Proyecto que se tendrán en el desarrollo de la ingeniería; de acuerdo con las normas y estándares nacionales e internacionales para salvaguardar al personal, equipos, instalaciones y medio ambiente.

Los sistemas de seguridad a considerarse son los siguientes:

- ⊕ Sistema de fuego y gas.
- ⊕ Sistema de detección y alarma.
- ⊕ Sistema de supresión en edificios.
- ⊕ Sistemas de espuma.
- ⊕ Conos indicadores de viento.
- ⊕ Rutas de evacuación.
- ⊕ Letreros de señalización.
- ⊕ Extintores.
- ⊕ Regaderas y lavaojos.
- ⊕ Botiquín de primeros auxilios.
- ⊕ Estudios.

Los alcances de los sistemas de seguridad se dividen de la siguiente manera:

- ⊕ Estación de Compresión El Fuerte: Ingeniería, procura, instalación, construcción, pruebas y puesta en marcha de todos los sistemas de seguridad, incluyendo todas las canalizaciones subterráneas y aéreas de todos los sistemas de seguridad; así como todos los elementos, equipos e instrumentos de los sistemas de fuego y gas, detección y alarma, sistema de supresión en edificios, sistema de espuma contra incendios , conos indicadores de viento, rutas de evacuación, letreros de señalización, extintores, regaderas y lavaojos , botiquín de primeros auxilios y estudios que corresponden a la Estación de Compresión El Fuerte.
- ⊕ Ducto: Ingeniería, procura, instalación, construcción, pruebas y puesta en marcha de todos los sistemas de seguridad, incluyendo todas las canalizaciones subterráneas y aéreas de todos los sistemas de seguridad; así como todos los elementos, equipos e instrumentos de los sistemas de detección y alarma, conos indicadores de viento, rutas de evacuación, letreros de señalización, extintores y estudios que corresponden a lo largo del gasoducto terrestre, en las estaciones de válvulas MLVs y trampa intermedia, la interconexión con el Gasoducto Guaymas – El Oro en la EMRyC El Oro, con la Estación de Compresión El Fuerte, Estación Topolobampo y punto de entrega.
- ⊕ Estación Topolobampo: ingeniería, procura, instalación, construcción, pruebas y puesta en marcha de todos los sistemas de seguridad, incluyendo todas las canalizaciones subterráneas y aéreas de todos los sistemas de seguridad; así como todos los elementos, equipos e instrumentos de los sistemas de

detección y alarma, dispositivos del sistema de fuego y gas, sistemas de espuma, conos indicadores de viento, rutas de evacuación, letreros de señalización, extintores, botiquín de primeros auxilios y estudios.

a. Sistema de Detección y Alarma en Edificios.

Los sistemas de detección y alarma cumplirán con los requisitos especificados en la NFPA 72 “National Fire Alarm Code”.

De igual forma, se deben considerar dispositivos de detección y alarma en todos los edificios de cada una de las instalaciones indicadas del cual, en este apartado, se hace una breve descripción de lo requerido.

Ducto, válvulas de seccionamiento y trampa intermedia.

Los dispositivos de los edificios de las instalaciones de las válvulas de seccionamiento serán conectados a un tablero de detección y alarma de cada una de las instalaciones a fin de supervisar el estado y las condiciones de los sistemas de detección y alarma de todos los dispositivos del sistema de los edificios a proteger. Todas las alarmas y estatus de los dispositivos del sistema de detección y alarma serán monitoreados por el SCADA. Los equipos del sistema de detección y alarma, así como los accesorios y materiales a utilizar estarán listados por UL y/o aprobados por FM para servicio contra incendio.

El sistema de detección y alarma consistirá básicamente de los siguientes elementos y dispositivos:

- ⊕ Tablero de detección y alarma.
- ⊕ Detectores humo.
- ⊕ Detectores de humo a prueba de explosión.
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para hidrógeno en cuarto de baterías (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de baterías de Níquel Cadmio).
- ⊕ Detector de gas toxico para sulfuro de hidrogeno (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de utilizar baterías de Ion Litio).
- ⊕ Equipo de respiración autónoma (se debe considerar instalar el equipo para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Alarmas audio visibles.
- ⊕ Alarmas visibles.
- ⊕ Alarmas audibles.
- ⊕ Detector de temperatura para cuarto de baterías.
- ⊕ Detectores de mezcla explosivas en las entradas de aire de los sistemas de HVAC.

Estación Topolobampo.

Todos los dispositivos, cableado, canalizaciones y equipos serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

Se deben considerar dispositivos de detección y alarma en todos los edificios de cada una de las instalaciones indicadas, los cuales se indican a continuación:

- ⊕ Cuarto/Caseta de analizadores. Las señales de los dispositivos de este edificio se dirigirán hacia el Panel Central del Cuarto de Control y serán alambrados punto a punto.
- ⊕ Cuarto eléctrico. Los dispositivos de seguridad de este edificio se dirigirán a un tablero de seguridad
- ⊕ Cuarto de baterías. Los dispositivos de seguridad de este edificio se dirigirán a un tablero de seguridad.
- ⊕ Cuarto de Control. Los dispositivos de seguridad de este edificio se dirigirán a un tablero de seguridad.

Los dispositivos de todos los edificios de las instalaciones a excepción de los dispositivos de las casetas de analizadores serán conectados a un tablero de seguridad a fin de supervisar el estado y las condiciones de los sistemas de detección y alarma de los edificios a proteger. Todas las alarmas y estatus de los dispositivos del sistema de detección y alarma serán monitoreados por el SCADA. Los equipos del sistema

de detección y alarma, así como los accesorios y materiales a utilizar estarán listados por UL y/o aprobados por FM para servicio contra incendio.

El sistema de detección y alarma consistirá básicamente de los siguientes elementos y dispositivos:

- ⊕ Tablero de detección y alarma.
- ⊕ Detectores humo.
- ⊕ Detectores de humo a prueba de explosión.
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para hidrógeno en cuarto de baterías (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de baterías de níquel cadmio).
- ⊕ Detector de gas toxico para sulfuro de hidrogeno (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Equipo de respiración autónoma (se debe considerar instalar el equipo para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Detectores de temperatura (Cuarto de Baterías).
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para detección de metano en cuarto de analizadores.
- ⊕ Alarmas audio visibles.
- ⊕ Alarmas visibles.
- ⊕ Alarmas audibles.
- ⊕ Generador de tonos.
- ⊕ Detectores de mezcla explosivas en las entradas de aire de los sistemas de HVAC.

Estación de Compresión El Fuerte.

Los sistemas de detección, alarma y supresión cumplirán con los requisitos especificados en la NFPA 72 “National Fire Alarm Code”, NFPA 2001. Los sistemas serán del tipo inteligente y direccionable, y estarán integrados por un tablero ubicado en el Cuarto de Control.

El tablero será conectado al sistema de fuego y gas (SFG) a través de protocolo de comunicación Modbus TCP/IP o al SCADA directamente a definirse durante la Ingeniería de Detalle, a fin de supervisar el estado y las condiciones de los sistemas de detección, alarma y supresión de todos los dispositivos del sistema de detección, alarma y supresión de los edificios a proteger. Los equipos del sistema de detección, alarma y supresión, así como los accesorios y materiales a utilizar estarán listados por UL y/o aprobados por FM para servicio contra incendio.

El sistema de detección y alarma consistirá básicamente de los siguientes elementos y dispositivos:

- ⊕ Tablero.
- ⊕ Detectores humo.
- ⊕ Detectores térmicos.
- ⊕ Detectores multicriterio.
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para hidrógeno en cuarto de baterías (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de baterías de níquel cadmio).
- ⊕ Detector de gas toxico para sulfuro de hidrogeno (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Equipo de respiración autónoma (se debe considerar instalar el equipo para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Dispositivos de notificación (alarmas audiovisuales, alarmas audibles y alarmas visibles).
- ⊕ Estaciones manuales de alarma.
- ⊕ Generador de tonos.
- ⊕ Detectores de mezclas explosivas en las entradas de aire para el sistema de HVAC.

El tablero de control enviará una señal a través de módulos direccionales al Panel de Control de HVAC para el paro de equipo de aire acondicionado y cierre de compuertas, en caso de presentarse una alarma por fuego.

b. Sistema de Supresión en Edificios.

Sistema de supresión a base de agente limpio.

El cuarto de control principal, cuarto de gabinetes, cuarto eléctrico y UPS (SFI) (incluyendo sus respectivas áreas piso falso, falso plafón, área plena y área de ductos de acuerdo con el diseño arquitectónico) contarán con un sistema de supresión de fuego a base de agente limpio en cumplimiento con la NFPA 2001, cumpliendo con las características arquitectónicas adecuadas en los cuartos.

Los sistemas de supresión de fuego a base de agente limpio FK-5-1-12 serán por inundación total, con una concentración de diseño del 5% (dependiendo del tipo de instalación), tal que se alcance dicha concentración de diseño en un tiempo máximo de 10 segundos. Después que la concentración de diseño ha sido alcanzada, esta debe mantenerse por un periodo de tiempo no menor a 10 minutos.

Los sistemas de supresión, incluyendo el agente extinguidor, contarán con certificados de cumplimiento, emitidos por UL y/o FM. Los sistemas de supresión cubrirán los riesgos de incendio, tanto en área plena de los respectivos cuartos, como en el piso falso y falso plafón, en caso de existir.

Los sistemas de supresión de fuego tipo paquete a base de agente limpio serán activados por un sistema de detección de humo (fotoeléctrico) de zona cruzada, es decir, activación de un detector y la confirmación de un segundo.

Los sistemas estarán constituidos principalmente por los elementos siguientes:

- ⊕ Boquillas de descarga del agente limpio.
- ⊕ Red de tubería y accesorios.
- ⊕ Detectores de humo, multicriterio y/o térmicos.
- ⊕ Alarmas audibles y visibles.
- ⊕ Cilindros (principales y reserva).
- ⊕ Válvulas check a la descarga del cilindro.
- ⊕ Botón de aborto.
- ⊕ Interruptor por alta presión.
- ⊕ Interruptor de baja presión.
- ⊕ Estación manual de descarga.
- ⊕ Interruptor selector automático / mantenimiento.
- ⊕ Interruptor selector principal / reserva.
- ⊕ Válvulas solenoides.
- ⊕ Señalización.

Cada uno de los cuartos a proteger: cuarto de control, cuarto de gabinetes y cuarto eléctrico y UPS (SFI) deben contar con sus cilindros (principales y reserva) con activación independiente. Estos cilindros estarán protegidos de la intemperie (techados y cercados, con sus respectivos accesos y espacios para mantenimiento).

Los sistemas de supresión, una vez activados, enviarán una señal a través de módulos direccionales, hacia el panel de control de HVAC para el paro de equipo de aire acondicionado y cierre de compuertas (según corresponda). Se instalará equipo de respiración autónoma, en los cuartos con descarga del agente limpio. Este equipo cumplirá con las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-116-STPS-2009 Seguridad-equipos de protección personal-respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba.

c. Sistema de Fuego y Gas (SFG).

El sistema de fuego y gas tiene como función principal, detectar oportunamente un conato de incendio o fuga para alertar al personal de manera que se realicen las acciones necesarias para protección de las personas, y se minimicen los daños materiales y pérdidas económicas.

La selección del tipo de tecnología de detección debe basarse en la identificación de los posibles escenarios contemplados durante el Análisis de Riesgo, Análisis de Consecuencias y en los requerimientos de NFPA 72, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Características de combustión del combustible:

- ⊕ La tasa de crecimiento del incendio.
- ⊕ Los riesgos de fuegos y de explosiones.
- ⊕ La naturaleza de los fluidos que se manejan.
- ⊕ Las condiciones ambientales.
- ⊕ La temperatura y la presión de los fluidos que se manejan.
- ⊕ Las cantidades de los materiales inflamables y combustibles.
- ⊕ Las capacidades del equipo y de los medios de extinción.

El sistema de fuego y gas estará diseñado para proteger las instalaciones exteriores de proceso, que se integrará mediante un controlador electrónico programable ubicado en el cuarto de gabinetes.

A través de su lógica, el controlador electrónico del sistema de fuego y gas realizará las acciones oportunas de forma segura y confiable para la activación de las válvulas automáticas e interruptores de presión de los sistemas de aspersión de espuma, alarmas audibles y alarmas visibles, previniendo al personal de las situaciones detectadas de peligro.

El Sistema de Fuego y Gas será independiente y estará alojado en el Cuarto de Gabinetes de la Instalación; asimismo, será enlazado al SCADA por medio de una red LAN con el sistema SCADA para su monitoreo y control, dicho enlace será redundante. Estará basado en una arquitectura de controlador maestro para las operaciones de supervisión y control de toda la instrumentación de campo, así como de los servicios auxiliares requeridos.

El sistema de fuego y gas será localizado en el cuarto de gabinetes, estará basado en una arquitectura de controlador maestro para las operaciones de supervisión y control de toda la instrumentación de campo, así como de los servicios auxiliares requeridos.

El sistema de fuego y gas tendrá la capacidad de comunicarse por medio de una red LAN con el sistema SCADA y con la Estación de Operación del sistema de fuego y gas, dichos enlaces serán redundantes.

Los equipos paquete deben contar con un controlador y/o un panel de control local que se comunique a través de MODBUS TCP/IP al sistema de fuego y gas.

El enlace entre los equipos paquete y el gabinete del SFG que sean mediante Modbus TCP/IP, tendrá una velocidad de, al menos, 100 Mb/s a una distancia no mayor a 90 m. Los dispositivos que conforman el sistema de fuego y gas son los siguientes (dependiendo de alcance de cada área):

- ⊕ Detectores de mezclas explosivas (tipo puntual tecnología infrarroja).
- ⊕ Detectores de flama (tecnología IR3).
- ⊕ Estaciones manuales de alarma por fuego.
- ⊕ Estación manual por abandono de instalación.
- ⊕ Alarmas visibles (semáforos).
- ⊕ Alarmas audibles.
- ⊕ Generadores de tonos.
- ⊕ Válvulas solenoides.

⊕ Interruptores de alta presión.

Los dispositivos antes mencionados serán cableados punto a punto al panel de control del sistema de fuego y gas.

El sistema de fuego y gas tendrá interacción con los siguientes sistemas, de acuerdo con el alcance de cada estación:

- ⊕ El controlador electrónico del sistema de fuego y gas monitoreará las señales de estado, alarma y falla de los sistemas de detección, alarma y supresión instalados en los edificios del Proyecto provenientes del tablero de control ubicado en el cuarto de control. El tablero será conectado al sistema de fuego y gas a través de protocolo de comunicación Modbus TCP/IP o al SCADA directamente a definirse durante la Ingeniería de Detalle.
- ⊕ El controlador electrónico del sistema de fuego y gas monitoreará y controlará las señales de estado, alarma y falla de las válvulas solenoides e interruptores de presión de los sistemas de espuma.
- ⊕ El controlador electrónico del sistema de fuego y gas enviará una señal al SPE en caso de contar con la confirmación de la detección de al menos 2 detectores de fuego o 2 detectores de mezclas explosivas. señal por fuego confirmado y señal por confirmación de alta concentración de mezclas explosivas, mediante señales duras.
- ⊕ El controlador electrónico del sistema de fuego y gas enviará una señal al Sistema de CCTV en caso de presentarse una señal por fuego o detección de alta concentración de mezclas explosiva. señal por fuego confirmado y señal por confirmación de alta concentración de mezclas explosivas, en la zona donde se presente el evento, vía comunicación.

El sistema de fuego y gas envía una señal dura de contacto seco por fuego y una señal dura de contacto seco por gas a cada controlador de los turbocompresores.

Sistema de Control de Acceso.

Localización e Instalación de los dispositivos del sistema de fuego y gas.

Durante la etapa de Ingeniería de Detalle se debe elaborar un estudio de análisis y consecuencias en un software reconocido (PHAST) por personal especializado, en donde se analicen los diferentes escenarios de riesgo de cada uno de los equipos e instalaciones del Proyecto y se evalúen los puntos probables de fuga en la instalación, con la finalidad de determinar la correcta ubicación y altura de los detectores de fuego y mezclas explosivas.

La localización de los dispositivos del sistema de fuego y gas estará basada en los resultados de este estudio el cual se debe entregar al cliente como parte de los documentos/estudios de la Ingeniería de Detalle, los cuales deben mostrar la ubicación específica de cada uno de los dispositivos. Se deben considerar para el monitoreo de cada uno de los equipos y áreas de proceso, así como para edificios su monitoreo a través del traslape y confirmación de los conos de visión de los detectores de fuego (confirmación de detección de fuego a través de dos detectores) y confirmación de al menos dos detectores de mezclas explosivas.

Se asegurará el monitoreo de gas y fuego en su totalidad de cada una de las instalaciones del Proyecto. Los detectores de gas serán instalados en los puntos probables de fuga. Cada turbocompresor contará con un escabinado el cual debe tener su propio sistema de detección, alarma y supresión. Las señales de este sistema deben estar conectadas al PLC (Controlador) de cada turbocompresor.

Este sistema es parte del suministro del proveedor de los turbocompresores.

Es alcance del Electronic Power Control (EPC) la canalización/cableado/conexión de las señales duras entre el PLC (Controlador) de cada turbocompresor y el sistema de paro de emergencia, por ejemplo: paro rápido, paro de emergencia, detección de fuego en el interior del escabinado, detección de gas dentro del escabinado, entre otros.

Las áreas externas del turbocompresor (áreas fuera del encabinado) deben contar con detectores de fuego, detectores de mezclas explosivas en los puntos más probables de fuga (por ejemplo, bridas). Se considerarán botoneras del sistema de fuego y gas y alarmas audibles y visibles.

Los detectores de fuego y mezclas explosivas cubrirán de forma efectiva los puntos probables de fuga de cada turbocompresor considerando al menos 2 detectores de mezclas explosivas en succión, 2 detectores de mezclas explosivas en la descarga y 4 detectores de fuego cubriendo estos mismos puntos.

El diseño del sistema de fuego y gas dará servicio a las siguientes áreas y/o equipos, se deben considerar detectores de mezclas explosivas, detectores de fuego, alarmas y estaciones manuales de alarma en los siguientes sitios:

- ⊕ Filtros.
- ⊕ Patines de medición.
- ⊕ Patines de regulación.
- ⊕ Válvulas de paro de emergencia.
- ⊕ Turbocompresores de gas.
- ⊕ Enfriadores de gas.
- ⊕ Paquetes de acondicionamiento de gas combustible.
- ⊕ Paquete de acondicionamiento de gas de sello.
- ⊕ Tanque de aceite residual.
- ⊕ Tanque de condensados.
- ⊕ Moto generadores.
- ⊕ Enfriadores de gas.
- ⊕ Bombas de aceite residual.
- ⊕ Trampa de envío de diablos.
- ⊕ Paquete de recuperación de venteos.
- ⊕ Cuarto de analizadores.
- ⊕ Paquete de HVAC.

d. Detectores de mezclas explosivas.

Para la protección de las áreas de proceso se considerarán detectores de gas combustible/mezclas explosivas (específicos para metano) del tipo IR (tecnología por absorción energía en la banda de infrarrojo) y con operación en forma “puntual”, formados por un transmisor y un sensor con capacidad de medir la explosividad de una mezcla (aire + gas combustible) en un rango de 0 a 100% LEL (Nivel bajo de Explosividad, por sus siglas en inglés) y transmitir una señal analógica en el rango de 0 – 20 mA / Hart, proporcional al valor medido.

El ensamble será acorde para Clase 1, Div. 1, Grupo D y con un mínimo de dos entradas roscadas para tubería conduit de ¾ “NPT. La caja del detector será de aluminio libre de cobre con recubrimiento epóxico o de acero inoxidable, a prueba de explosión. Se instalarán detectores de mezclas explosivas en los puntos probables de fuga y de acuerdo con los resultados de los análisis de consecuencias. Se realizará un estudio específico, durante la etapa de Ingeniería de Detalle, para la adecuada ubicación de los detectores de mezclas explosivas y fuego, considerando el comportamiento de la sustancia a fugar, dirección del viento y escenarios de riesgo, utilizando para ello el software PHAST.

Los detectores de mezclas explosivas serán calibrados para la detección de metano de acuerdo con las recomendaciones del proveedor y se debe garantizar la correcta calibración y funcionalidad de estos.

Los detectores para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuados y cumplirán con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estos también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo. Se suministrará, junto con los detectores de mezclas explosivas, los kits de calibración incluyendo el gas necesario y apropiado para la calibración de todos los sensores suministrados de acuerdo

con la sustancia a detectar, así como los equipos y herramientas necesarias para las pruebas y puesta en operación de los detectores. Dichos detectores estarán aprobados por FM o listados por UL.

e. Detectores de flama (IR3).

Los detectores de fuego de triple infrarrojo (IR3) serán colocados en áreas abiertas específicas donde el fuego se puede producir instantáneamente y donde la velocidad de respuesta es una característica vital, tienen la función de supervisar continuamente el área en donde se encuentran instalados y cuando estos detectan la presencia de fuego, mandan la señal al PLC/SFG, el cual, a su vez, envía una respuesta como señal de salida hacia las alarmas visibles y audibles de campo, y a las válvulas solenoides de los sistemas de espuma correspondientes para su apertura y activación de los sistemas de espuma, donde aplique.

Los detectores de fuego operarán a 24 VCD nominales, con señal de salida de 0-20 mA / HART (0-4 diagnóstico, 4-20 medición).

La carcasa del detector será de aluminio libre de cobre con recubrimiento epóxico o acero inoxidable, con una entrada para tubería conduit roscada de ¾” NPT. Apropiado para instalación en áreas clasificadas Clase 1, División 2, Grupo D, a prueba de explosión.

Los detectores serán instalados de forma tal, que al menos 2 detectores de fuego monitoreen la misma zona de riesgo.

Los detectores para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuados y cumplir con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estos también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

Los detectores deben tener un cono de visión para metano mínimo de 38 metros. Los detectores estarán aprobados por FM o listados por UL.

f. Estaciones manuales de alarma por fuego.

Las estaciones manuales de alarma serán del tipo doble acción, con contactos normalmente abiertos que operarán con la segunda acción.

Las estaciones manuales de alarma estarán instaladas de tal manera que se recorrerá una distancia no mayor a 60 metros para tener acceso a una estación manual de alarma, de acuerdo con NFPA 72.

En campo, se instalarán en los mismos puntos donde se coloquen las alarmas visibles y audibles, aunque podrá haber algunas independientes donde se considere conveniente. Su ubicación será en lugares de fácil acceso, libres de obstrucciones y fácilmente identificables por el personal. La activación de cualquier estación manual de alarma enviará una señal al sistema de fuego y gas, para ejecutar la acción correspondiente.

Las estaciones manuales de alarma que estén en campo tendrán una clasificación eléctrica a prueba de explosión. Las estaciones que estén ubicadas dentro de edificios tendrán una clasificación de acuerdo con la clasificación eléctrica de los edificios.

La caja de conexiones de la alarma manual será hermética y con entrada roscada de ¾” NPT, con recubrimiento epóxico en color rojo bermellón, apropiada para instalación en áreas clasificadas, a prueba de explosión, para clasificación de área Clase 1, División 1, Grupo D.

Las estaciones manuales de alarma para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuadas y cumplirán con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estas también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

Las estaciones manuales de alarma serán suministradas en color rojo con su respectivo letrero.

g. Estación manual de alarma de abandono de instalaciones.

La estación manual de alarma para abandono de instalaciones será del tipo doble acción, con contactos normalmente abiertos que operarán con la segunda acción.

La estación estará ubicada en el cuarto de control, tendrá una clasificación eléctrica de usos generales y será suministrada en color blanco con su respectivo letrero.

La activación de cualquier estación manual de alarma enviará una señal al sistema de fuego y gas, para ejecutar la acción correspondiente.

h. Alarmas visibles (semáforos).

Este tipo de alarmas servirán para indicar al personal, el grado de seguridad existente en el área en que se encuentran y serán operadas por una señal proveniente del sistema de fuego y gas, tendrán una distribución tipo semáforo. Las alarmas visibles estarán de acuerdo con la luz como se indica a continuación.

- ⊕ Condición Normal: Verde.
- ⊕ Fuego: Rojo.
- ⊕ Alta y alta -alta concentración de mezclas explosivas: Ámbar.
- ⊕ Abandono de instalaciones: Blanco.

Cada luz contará con su respectivo significado indicada en el letrero correspondiente. Las alarmas visibles serán apropiadas para la clasificación de área en donde serán instaladas. Podrán estar funcionando una o más alarmas a la vez, excepto la verde, que sólo funcionará si no se recibe alguna otra señal para alarma visible.

Serán activadas para emitir luces de colores específicos con luz intensa, para permitir avisar al personal que se encuentra en el área, de la existencia de una condición de emergencia, son operadas por una señal proveniente del sistema de fuego y gas. Las alarmas visibles serán adecuadas para áreas clasificadas como Clase 1, División 1, Grupo D, a prueba de explosión.

Las alarmas visibles para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuadas y cumplirán con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estas también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

Las áreas donde se localizarán las alarmas visibles serán aquellas que brinden la cobertura adecuada, de tal modo que puedan ser vistas claramente por todo el personal de campo y oficinas.

i. Alarmas audibles

Las alarmas audibles consisten en altavoces capaces de producir un sonido diferente para cada tipo de riesgo detectado, localizados en los caminos de acceso y en las áreas de campo que puedan ser escuchadas por el personal operativo. En caso de que reciba más de una señal eléctrica de alarma a la vez en el generador de tonos, se respetará el orden de prioridades de tonos y mensajes de voz que tenga programadas.

Las áreas donde se localizarán las alarmas audibles serán aquellas que brinden la cobertura adecuada, de tal modo que puedan ser escuchadas claramente por todo el personal.

El sistema de alarmas audibles debe contar con un generador de tonos, este será capaz de producir los sonidos y mensajes de voz en idioma español que se listan en la siguiente tabla para distinguir el tipo de riesgo que se detecta, conforme a la Norma ISO 7240-19:2007.

En áreas abiertas las bocinas serán tipo trompeta con amplificador con una alimentación de 24 VCD, y con una intensidad sonora de 114 dB a 3 metros., la frecuencia debe estar dentro del rango de 300 a 1500Hz, construido en aluminio con recubrimiento epóxico para instalación y uso en áreas Clase I, Div. 1, Grupo D, a prueba de explosión.

Las alarmas audibles que se instalarán en la Estación Topolobampo serán adecuadas y cumplirán con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y serán a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estas también serán para uso en ambiente marino altamente corrosivo.

Para la cantidad y localización de las alarmas audibles se considerará una intensidad de tono 15 dBA sobre el nivel medio de ruido de la instalación y considerar la reducción, debido a la distancia de acuerdo con lo indicado en el punto A.18.4.4 de la NFPA 72.

j. Sistema de espuma contra incendio.

El sistema de Espuma Contra Incendio tiene como finalidad dar cumplimiento normativo a los requerimientos indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 numeral 7.38 Paro por Emergencia y sistemas de seguridad.

Las válvulas del sistema de paro por emergencia ESDV y todas las válvulas que formen parte del sistema de paro por emergencia serán protegidas con un sistema de aspersión a base de concentrado espumante (se debe considerar la protección de la válvula incluyendo el actuador).

El sistema estará diseñado de acuerdo con la Norma NFPA 11 como cumplimiento normativo para protección de las válvulas de corte que forman parte del Sistema de Paro por Emergencia (SPE). Se utilizarán sistemas fijos de concentrado de espuma premezclada conectados a un sistema de tuberías para protección mediante un sistema de aspersión a las válvulas de corte. Cada sistema incluirá una válvula solenoide la cual se activará por medio de la señal confirmada de los detectores de fuego.

El sistema tiene la intención de proporcionar una respuesta inmediata ante la presencia de un incendio. La activación de los paquetes de espuma se debe realizar de manera automática al enviarse una señal por fuego confirmado a la válvula solenoide localizada en cada uno de los paquetes de espuma, desde el controlador del sistema de fuego y gas y por la activación de los detectores de fuego localizados en la instalación.

Se diseñará, fabricará, suministrará, instalará y probará todo el equipo, con todos los accesorios y materiales necesarios para la operación satisfactoria del sistema de espuma contra incendio.

El suministro de cada uno de los paquetes de espuma contra incendio comprende todos los elementos principales que incluyen, pero no se limitan a lo siguiente:

La localización, cantidad y capacidad de los paquetes de espuma, flujo, cantidad y tamaño de boquillas y tamaño de tuberías será desarrollada en los documentos de la etapa de Ingeniería de Detalle. Se asegurará la cobertura con espuma de las válvulas ESDV y válvulas de corte que forman parte del sistema de espuma (considerando la cobertura total del actuador). La cantidad de espuma será la adecuada para cubrir como mínimo el tiempo total de desfogue de la estación. Se entregará como mínimo la siguiente documentación del sistema de espuma:

- ⊕ Arreglo general del Skid de espuma.
- ⊕ Detalles típicos de instalación.
- ⊕ Hojas de datos del sistema y sus componentes (no se aceptan catálogo).

- ⊕ Catálogos del sistema de espuma y sus componentes.
- ⊕ Manual de operación y mantenimiento del sistema en idioma español (electrónico e impreso).

k. Extintores.

Las instalaciones contarán con equipo contra incendio, por lo que habrá los dispositivos siguientes:

- ⊕ Extintor portátil de polvo químico seco PQS ABC (Fosfato monoamónico).
- ⊕ Extintor tipo carretilla PQS ABC (Fosfato monoamónico).
- ⊕ Extintores a base de bióxido de carbono CO₂ tipo BC.

Los extintores portátiles están planeados como una primera línea de defensa contra incendios de proporciones iniciales. Ver en el Anexo Técnico ANX-TEC-03 Plano típico de rutas de evacuación, señalización y extintores.

El equipo de extinción cumplirá con todos los requerimientos establecidos en los códigos y normas: Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, “Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo” y NFPA-10, “Standard for Portable Fire Extinguishers” edición 2022.

El agente de extinción considerarse de acuerdo con el tipo de fuego y clasificación de riesgo:

- ⊕ Clase A. Son los fuegos en materiales combustibles comunes como maderas, tela, papel, caucho y plásticos.
- ⊕ Clase B. Son los fuegos líquidos inflamables y combustibles. Grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
- ⊕ Clase C. Son incendios en sitios que involucran equipos eléctricos energizados.

Los extintores se distribuirán alrededor de las instalaciones extintores tipo carretilla de 56.7 kg (125 lb) y tipo portátiles de 9.07 kg (20 lb) de polvo químico seco ABC (fosfato monoamónico) de acuerdo con el alcance del equipo y a la distancia indicada bajo la normativa y el lugar a proteger. Para áreas comunes se emplearán extintores portátiles de 9.07 kg (20 lb) de polvo químico seco ABC (fosfato monoamónico), mientras tanto que, para las áreas donde el riesgo de incendio sea del tipo eléctrico serán a base de dióxido de carbono (CO₂) de 9.07 kg (20 lb).

El tipo de extintor (agente de extinción) se ubicará de acuerdo con la clasificación de fuego determinada en el lugar de la instalación.

Los extintores serán colocados en el recorrido de las salidas de emergencia. Los extintores serán colocados en lugares visibles, de fácil acceso y libres de obstáculos, de tal forma que el recorrido hacia el extintor más cercano, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios para llegar a uno de ellos, no exceda de 50 ft (15.25 metros) desde cualquier lugar ocupado en el centro de trabajo para fuego tipo B. Para fuego tipo A y C en áreas en donde el riesgo es alto, la distancia de recorrido hacia el extintor más cercano, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios para llegar a éste, no excederá de 75.46 pies (23 metros).

Como parte del desarrollo de la Ingeniería de Detalle se desarrollará la memoria de cálculo y distribución de los extintores del área de proceso y edificios del Proyecto de cada una de las instalaciones.

l. Letreros de señalización.

Los letreros de seguridad indicarán los tipos de riesgos, la prohibición de acciones que representen peligro, la obligatoriedad del uso de los equipos de protección y la localización de extintores. Los letreros de seguridad se ubicarán en sitios que estén bien iluminados de día y de noche, que sean fácilmente visibles y que alerten y comuniquen al personal sobre los riesgos y peligros presentes en el sitio y el tipo de protección requerida. Ver en el Anexo Técnico ANX-TEC-03 Plano típico de rutas de evacuación, señalización y extintores.

Las características de los letreros deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEGOB-2011 Señales y avisos para protección civil. - Colores, formas y símbolos a utilizar y Norma NOM-026-STPS-2008 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

Las dimensiones mínimas que deben tener los letreros para ciertos valores típicos de distancia de visualización serán de acuerdo con lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008.

Los letreros deben instalarse en lugares en los que no quede obstruida su visibilidad de tal manera que puedan ser vistos desde cualquier punto en un ángulo de 180 grados, serán con acabado luminiscente para interiores y reflejante para exteriores, en ambos casos deben poder ser observados aun en presencia de humo muy denso o en la obscuridad, la luminiscencia será no radioactiva, no tóxica, no biodegradable.

La señalización, así como sus características de colores, dimensiones, símbolos, figuras, textos, formas y número, serán obtenidas, mediante un análisis del riesgo de la instalación correspondiente y con la ubicación de los equipos contra incendio y de seguridad.

m. Conos indicadores de vientos.

Los conos de viento o mangas de viento son elementos que permiten indicar la fuerza y dirección del viento en las industrias. Su información es de vital importancia en el funcionamiento cotidiano y en emergencias industriales originadas por incendios, liberación de gases o vientos atípicos, entre otras situaciones.

Se debe considerar la instalación de los conos de viento de acuerdo con la distribución de los equipos e instalaciones y la dirección de los vientos.

Los conos indicadores de viento serán fabricados en vinil anaranjado con mástil y herrajes de acero inoxidable de las siguientes características:

- ⊕ Peso total: 139.2 Newtons (14.2 kg).
- ⊕ Color: Naranja fosforescente.
- ⊕ Dimensiones: Diámetro en boca mayor de 470 mm, longitud de 2.44 metros, diámetro de la boca menor de 299 mm.
- ⊕ Ojales: Ojales de latón del No. 2 en la boca del cono y periferia para sujetar la manga del cono.
- ⊕ Herrajes: Fabricados en acero con base reforzada tiras de acero de 1" y 3/16" que permite movimiento del cono pintado en color naranja con protección anticorrosiva.
- ⊕ Mástil: El mástil del cono debe considerar una longitud total del 6 m de la base hasta la parte superior del cono, en la parte superior del perfil contará con una brida ciega para acoplamiento del mástil del fabricante del cono, este incluirá base piramidal para anclaje.

Los conos de viento y sus accesorios por instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

n. Rutas de evacuación y salidas de escape.

La distribución de las rutas de evacuación y salidas de escape debe cumplir con lo establecido en el capítulo 7 y 40 de la NFPA 101, el capítulo 19 de la NFPA 5000, lo estipulado en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-002-STPS-2010, NOM-007-ASEA-2016 y en la NOM-003-SEGOB-2011. En el Anexo Técnico ANX-TEC-03 Plano típico de rutas de evacuación, señalización y extintores.

La instalación debe estar provista de suficientes salidas, salidas de emergencia y vías de evacuación para asegurar un escape inmediato del personal. Las salidas y salidas de emergencia deben estar libres y sin obstáculos desde todas las partes de cada edificio, estructura, sección o zona en todo momento.

Proveerán un mínimo de dos salidas separadas y alejadas; sin embargo, la distancia por recorrer desde el punto más alejado al interior del área no tendrá una distancia de recorrido de escape mayor a 30 metros de la salida y el tiempo máximo de evacuación de los ocupantes a un lugar seguro será de 3 minutos.

Las aberturas de los medios de egreso no serán menores a un ancho de 36 pulgadas (915 milímetros) para una nueva salida acceso, y no menos de 28 pulgadas (710 milímetros) para acceso de salida existente de acuerdo con el punto 7.3.4.1.1 de la NFPA 101.

Cuando se requiera más de una salida en un edificio o parte de este, se contemplará que cada una de ellas se sitúe y se construya apropiadamente para reducir al mínimo la posibilidad de que más de una de ellas se pueda bloquear por cualquier incendio u otra situación de emergencia. Las puertas de evacuación fuera del área siempre se abrirán hacia la dirección de escape.

La puerta de salida de emergencia contará con barra de pánico y contar con un mecanismo que permita abrirlas desde el interior, mediante una operación simple de empuje.

Las rutas de evacuación que conduzcan a la salida más cercana deben estar claramente marcadas, por lo que la dirección de escape desde cualquier punto debe de ser fácilmente visible. Todas las salidas de emergencia deben contar con andadores seguros que conduzcan al personal hasta un camino seguro.

En cualquier punto de las áreas de proceso donde se encuentre el personal realizando trabajos de inspección / operación/ mantenimiento se deben proveer al menos dos rutas de evacuación seguras para el personal, se contemplará que cada una de ellas se sitúe, se diseñe y se construya apropiadamente para reducir al mínimo la posibilidad de que una de ellas se pueda bloquear por cualquier incendio u otra situación de emergencia y evite la evacuación segura del personal. Se debe considerar que el personal en campo tenga acceso a 2 rutas de evacuación de forma segura.

Se considerarán las rutas de evacuaciones desde cualquier punto donde el personal pueda estar presente para realizar los trabajos de inspección, operación y mantenimiento.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-03 se presentan los siguientes planos:

- ⊕ Plano típico de rutas de evacuación, señalización y extintores de MLV (GN0621-FP-201-PL-001_0 Plano 1 de 3).
- ⊕ Plano típico de rutas de evacuación, señalización y extintores de MLV (GN0621-FP-201-PL-001_0 Plano 2 de 3).
- ⊕ Plano típico de rutas de evacuación, señalización y extintores de MLV (GN0621-FP-201-PL-001_0 Plano 3 de 3).
- ⊕ Plano de rutas de evacuación y señalización (GN0621-FP-203-PL-001_1, Plano 1 de 5).
- ⊕ Plano de rutas de evacuación y señalización (GN0621-FP-203-PL-001_1, Plano 2 de 5).
- ⊕ Plano de rutas de evacuación y señalización (GN0621-FP-203-PL-001_1, Plano 3 de 5).
- ⊕ Plano de rutas de evacuación y señalización (GN0621-FP-203-PL-001_1, Plano 4 de 5).
- ⊕ Plano de rutas de evacuación y señalización (GN0621-FP-203-PL-001_1, Plano 5 de 5).
- ⊕ Plano de localización de extintores y conos de viento (GN0621-FP-203-PL-002_1 Plano 1 de 3).
- ⊕ Plano de localización de extintores y conos de viento (GN0621-FP-203-PL-002_1 Plano 2 de 3).
- ⊕ Plano de localización de extintores y conos de viento (GN0621-FP-203-PL-002_1 Plano 3 de 3).
- ⊕ Plano de localización de detectores y alarmas (GN0621-FP-203-PL-003_1).
- ⊕ Plano de localización de dispositivos y equipos de seguridad (GN0621-FP-204-PL-001_1 Plano 1 de 3).
- ⊕ Plano de localización de dispositivos y equipos de seguridad (GN0621-FP-204-PL-001_1 Plano 2 de 3).
- ⊕ Plano de localización de dispositivos y equipos de seguridad (GN0621-FP-204-PL-001_1 Plano 3 de 3).

V.1.2.6 Ingeniería de corrosión

a. Protección catódica.

El diseño del sistema de protección catódica se basó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, el diseño de los sistemas de protección catódica será realizado para mitigar la corrosión de los materiales enterrados o sumergidos, dando cumplimiento a lo establecido en los códigos: NACE RP 0169, NACE RP 0285, NACE RP 0193, UL 1746 y API RP 1632 vigentes, equivalentes o aquellos que los sustituyan.

Para iniciar con el diseño del sistema de protección catódica, fue necesario recabar la siguiente información:

- ⊕ Trayectoria propuesta para el gasoducto Corredor Norte.
- ⊕ Perfil de profundidades de instalación del gasoducto.
- ⊕ Tipo de acero, diámetro exterior, interior.
- ⊕ El tipo y espesor del recubrimiento general, para uniones de soldadura y aéreo a la llegada a estaciones.
- ⊕ Plano del sistema de puesta a tierra de las válvulas de seccionamiento (si aplican) que intervengan en este diseño.
- ⊕ Plano de arreglo de equipos en cuarto eléctrico para ubicar los equipos de protección catódica dentro de las instalaciones.
- ⊕ Diagrama unifilar para verificar disponibilidad de energía (corriente, voltaje, potencia) para la selección de los equipos.
- ⊕ Zona marina.

Levantamiento técnico de campo.

Se realizó un recorrido con el personal técnico a lo largo de la trayectoria del ducto, para identificar:

- ⊕ Posibles zonas con interferencias por corrientes vagabundas derivadas de cruzamientos con ductos metálicos existentes o unidades de generación eléctrica de corriente directa.
- ⊕ Posibles zonas con interferencias por corriente alterna provocadas por los cruzamientos con líneas eléctricas de alta tensión.
- ⊕ Cruzamientos con vías de comunicación, fibra óptica o cuerpos de agua, que pueden requerir el uso de encamisados o cruzamientos especiales.
- ⊕ Las zonas propuestas para instalación de: postes de monitoreo de protección catódica, cupones corrosi-métricos, posibles sistemas de mitigación de corrientes vagabundas e interferencias por corriente alterna (AC).

Mediciones de campo.

Para el diseño y dimensionamiento del sistema de protección catódica, se realizarán las siguientes mediciones:

- ⊕ Medición de la resistividad del terreno.
- ⊕ Se realizarán mediciones de resistividad aparente del terreno por cada kilómetro y en las zonas donde existan cruzamientos con ductos, mediante el método Wenner, utilizando cuatro electrodos.
- ⊕ Se calculará la resistividad real por capas a 1, 2 y 3 metros de profundidad, mediante software o utilizando el método de cálculo propuesto por Banes.

El equipo utilizado será un telurómetro (dispositivo que le permite determinar de forma rápida y sencilla la resistencia contra tierra) con su certificado de calibración vigente, presentará su procedimiento de pruebas, siguiendo la metodología estándar.

Los resultados se presentarán en una tabla que incluya las coordenadas de la medición, kilómetro del Proyecto, las condiciones ambientales presentes durante la medición y el nombre del operador del equipo.

Medición del PH y temperatura del suelo.

La corriente requerida para la protección catódica es mayor cuando se presentan terrenos ácidos, en comparación con terrenos neutros o básicos. Esto se debe principalmente a un desplazamiento en dirección electropositiva del potencial catódico a circuito abierto del ducto, por lo que se requiere una mayor cantidad de corriente para polarizar el acero.

En cuanto a la temperatura, esta tiene un efecto despolarizante; ya que aumenta la ionización, la conductividad del electrolito (terreno) y por consiguiente las reacciones electroquímicas de corrosión; por lo que se requiere contemplar una mayor cantidad de corriente para proteger al acero. Por lo tanto, se deben realizar mediciones del PH y temperatura del terreno a cada kilómetro de la trayectoria del ducto, utilizando un equipo pHmetro digital y un termómetro de suelo o sustrato; registrando las mediciones en una tabla que incluya las coordenadas, kilómetro del Proyecto, las condiciones ambientales presentes durante la medición y el operador del equipo.

Determinación de la existencia de bacterias sulfato reductoras.

La existencia de actividad microbiológica sobre la trayectoria del ducto puede aumentar la velocidad de corrosión del metal debido a la formación de celdas por concentración de oxígeno y el ataque de los subproductos generados por bacterias (sulfuro de hidrogeno) que remueven los iones de hierro provocando la despolarización del acero y el aumento de la velocidad de corrosión. Por lo tanto, se debe realizar la identificación de la posible presencia y actividad de varios tipos o grupos de bacterias, mediante los biodetectores BART (análisis de reacción de actividad biológica), utilizando el procedimiento estándar para la recolección de la prueba y registrando los resultados con el kilómetro del Proyecto, coordenadas, las condiciones ambientales y la persona que ejecuta la prueba.

Cálculo y dimensionamiento del sistema de protección catódica.

Para el diseño se debe contemplar:

- ⊕ Vida útil esperada mayor a 30 años.
- ⊕ Se debe proteger el 100% de la estructura enterrada.
- ⊕ Existencia de aislamientos eléctricos a la llegada de estaciones.
- ⊕ Existencia de sistemas de puesta a tierra en las estaciones y válvulas de seccionamiento (si aplica).
- ⊕ El tipo de recubrimiento se indicará en las bases de diseño de la tubería.

Estimación del requerimiento de corriente

La estimación del requerimiento de corriente depende del cálculo de la superficie expuesta en contacto con el electrolito multiplicado por la estimación de la densidad de corriente para polarizar el acero, bajo condiciones específicas. Para determinar el área a proteger, se emplea la siguiente fórmula:

$$A = \pi * D * L$$

A = Área de tubería a proteger, en m².
D = Diámetro de la tubería en metros.
L = Longitud a proteger en metros.

Selección del material anódico y tipo de protección.

Los tipos de sistemas de protección catódica se dividen en corriente impresa y ánodos de sacrificio. Existen diversos factores que ayudan a determinar que SPC es el adecuado para proteger la estructura, no obstante, la siguiente grafica sirve de guía para seleccionar el tipo de protección catódica que resulta más viable económicamente con base a la resistividad del suelo y la demanda de corriente requerida por la estructura a proteger.

Cálculo de la resistencia de la cama anódica profunda.

Debido a las limitaciones de espacio, se requiere diseñar una cama anódica profunda, por lo que será necesario realizar un sondeo eléctrico vertical SEV mediante el método Schlumberger, en los puntos definidos para su instalación.

El método geofísico SEV consiste en provocar un flujo de energía eléctrica (I) a través de dos electrodos (A y B) que inyectan al subsuelo la corriente, cuyo campo eléctrico es medido por la diferencia de potencial (V) existente entre otros dos electrodos (M y N).

La relación entre las variables I, V, considerando el arreglo electrónico, constituye el parámetro conocido como resistividad aparente. En la técnica del SEV se hace variar la distancia electrodica AB y MN para investigar diferentes profundidades desde 1 hasta 150 metros o hasta la remotividad necesaria para el sistema de protección catódica.

Cálculo de la resistencia total en el circuito.

El siguiente paso para considerar es la resistencia total del circuito de PC por corriente impresa mediante la siguiente ecuación:

$$R_t = R_{c+} + R_{c-} + R_e + R_g$$

R_t = Resistencia total del circuito de PC.

R_{c+} = Resistencia del cable positivo.

R_{c-} = Resistencia del cable negativo.

R_e = Resistencia de contacto a tierra de la estructura a proteger.

R_g = Resistencia del conjunto de ánodos de la cama anódica vertical.

Cálculo del voltaje del rectificador.

De acuerdo con la demanda máxima de corriente y la resistencia del circuito de protección catódica se determina el voltaje requerido en la fuente de energía considerando un factor de seguridad de 1.25. Asimismo, se debe considerar un factor conocido como “contra potencial”, éste se presenta debido a la resistencia que oponen tanto la cama anódica como la estructura de acero a la aplicación de un voltaje, en otras palabras, el contra potencial es un voltaje que tiene que superar la fuente de energía antes de empezar a suministrar corriente de protección catódica; su valor debe medirse en campo entre la estructura y la cama anódica, no obstante cuando esta medición nos es posible, tal como en este caso, se recomienda tomar un valor de 2V para fines de diseño, el cual resulta ser un valor que comúnmente se presenta en este tipo de sistemas de protección catódica. De esta forma, el voltaje de salida que la fuente de energía proveerá, queda definido por:

$$V = f_s(I \cdot RTS + VCP)$$

V = Voltaje requerido para el rectificador (V).

f_s = Factor de seguridad (1.25).

I = Requerimiento de corriente del sistema.

RTS = Resistencia total del sistema.

VCP = Contra potencial (2 V).

Criterio de protección catódica.

Para proteger catódicamente a las tuberías enterradas y/o sumergidas se debe cumplir, como mínimo, con uno de los criterios siguientes:

- ⊕ Un potencial tubo/suelo (catódico) mínimo de -850 milivolts, medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4) en contacto con el electrolito. La determinación de este voltaje se debe hacer con la corriente eléctrica de protección aplicada.
- ⊕ Un potencial de protección tubo/suelo (catódico) de -950 milivolts cuando el área circundante de la estructura se encuentre en condiciones anaerobias y estén presentes baterías sulfato-reductoras.
- ⊕ Un cambio de potencial de polarización mínimo de 100 milivolts, medido entre la superficie de la estructura y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4) en contacto con el electrolito.

Este cambio de potencial de polarización se debe determinar interrumpiendo la corriente eléctrica de protección catódica y midiendo el abatimiento de la polarización. Al interrumpir la corriente eléctrica ocurre un cambio inmediato del potencial. La lectura del potencial después del cambio inmediato se debe usar como base de la lectura a partir de la cual se mide el abatimiento de la polarización.

Para la medición de los niveles de polarización de los ductos se hará uso de cupones de monitoreo instalados en zonas intermedias entre puntos de conexión ánodo-ducto. La ubicación de éstos será acorde a diseño y permitirá la medición de potenciales de manera estratégica en la red de ductos.

Los cupones por emplear serán de una aleación de acero equivalente al ducto y contar con una superficie expuesta de 10 centímetros. Del mismo modo, contarán con un medio que facilite su desvinculación temporal del sistema de tal forma que se pueda conocer su potencial de polarización, mismo que será evaluado en relación con los criterios antes descritos.

Para el caso de los ductos enterrados el diseño se debe basar en el cumplimiento del criterio de -0.850 V (A).

En caso de existir continuidad entre el ducto y el sistema general de tierra de las estaciones; que no permitan alcanzar un potencial de -0.850 V, se podrá utilizar el criterio (C) un cambio en el potencial de polarización de 0.100 V considerando las restricciones que la normatividad aplica para este método de protección.

El diseño debe considerar un límite máximo del potencial de polarización aceptable para evitar daños al recubrimiento por electroósmosis. El límite máximo de este valor será de -1.2 VCSE (potencia tubo/suelo).

Consideraciones para el sistema de protección catódica.

- ⊕ En suelos altamente corrosivos (0 a 2000 ohms/cm), se debe instalar un sistema de protección catódica provisional con ánodos galvánicos de zinc o magnesio en forma simultánea a la construcción del Proyecto, para evitar afectar su tiempo de vida útil. Este sistema provisional de protección catódica se debe sustituir antes de un año después de terminada la construcción, por el sistema de protección catódica definitivo.
- ⊕ Se debe diseñar el sistema de protección catódica por corriente impresa que garantice una protección continua del ducto para una vida útil de 30 años, sin que se genere sobreprotección, desprendimiento catódico o se abatan los potenciales a valores menores de 0.850 V.
- ⊕ El sistema de protección catódica será constituido por cama (s) anódica (s) profundas conformadas por ánodos de MMO, con su respectivo rectificador de protección catódica ubicadas en las zonas donde arroje el estudio y se tenga disponibilidad de la energía para los equipos.
 - ⊕ En las MLVs, interconexiones, se considerarán los aislamientos adecuados para evitar el aterrizamiento de las corrientes de protección catódica.
 - ⊕ El diseño se deberá ajustar conforme a las mediciones de campo realizadas en la ingeniería a detalle y con base a la disponibilidad de energía eléctrica por acometida o sistema de generación con natural libre de mantenimiento en la zona
- ⊕ Para secciones pequeñas enterradas dentro de las casetas de las válvulas de seccionamiento, se contemplará el uso de protección catódica con ánodos galvánicos.
- ⊕ Las dimensiones y distribución de los ánodos dependerán del diseño y del sondeo eléctrico vertical.

- ⊕ Los sistemas serán alimentados por equipos rectificadores de operación manual-automática, con capacidad suficiente para suministrar la energía definida en el diseño con un excedente de 20%. Se debe de considerar sistemas de control remoto que permitan sincronizar los equipos e interrumpirlos para realizar pruebas instant on y off remota, considerando la conexión vía GSM y mediante la UTR del sistema.
- ⊕ La densidad de corriente de protección catódica a emplear debe considerar los efectos despolarizantes de las elevadas temperaturas del gas a transportarse al interior de los ductos.
- ⊕ Para las pruebas en campo contemplará un rectificador portátil y fuente de poder (temporal) en caso de que el Proyecto no pueda suministrarle energía para dichas pruebas.
- ⊕ El rectificador debe contar con puerto de comunicación rs-485 con protocolo Modbus RTU para envío de sers-485 con protocolo Modbus RTU para envío de señales al SCP/UTR el proveedor debe proporcionar el mapeo Modbus durante la etapa de Ingeniería de Detalle.
- ⊕ Se deberá considerar un sistema de alimentación eléctrica independiente para el sistema de protección catódica, ya sea mediante una acometida eléctrica o un sistema de generación con termo generadores, stirling, fotovoltaico, etc, que garantice la operación del sistema de protección catódica por el tiempo de vida útil esperado, sin que afecte la operación del sistema. Todas las secciones del gasoducto o drenaje aceitoso que vayan enterradas estarán protegidas catódicamente.

b. Corrosión externa.

El ducto estará protegido contra la corrosión utilizando un sistema de recubrimiento anticorrosivo y de protección catódica. Se tomarán las medidas adecuadas para la selección, instalación, inspección y evaluación de los sistemas de protección contra la corrosión. La protección debe cumplir de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas y a falta de éstas con las normas, códigos o estándares internacionales vigentes.

Recubrimiento anticorrosivo aplicado en planta.

La preparación, aplicación y pruebas del recubrimiento deben cumplir, como mínimo, con lo siguiente:

- ⊕ Ser aplicado a la superficie del ducto previamente preparada y limpia.
- ⊕ Tener la suficiente adhesión a la superficie metálica del ducto para evitar la introducción de la humedad entre el recubrimiento y el ducto.
- ⊕ Ser dúctil para evitar agrietamientos.
- ⊕ Ser suficientemente resistente contra daños por el manejo del ducto y por esfuerzos ocasionados por el suelo.
- ⊕ Ser de una resistencia dieléctrica que permita cumplir con los criterios de protección catódica, considerando las condiciones de campo y de baja capacidad de absorción de humedad.
- ⊕ Contar con el reporte de pruebas de materiales del recubrimiento, proporcionado por el fabricante.

Recubrimiento anticorrosivo aplicado en campo.

Cuando sea necesario realizar la aplicación del recubrimiento en campo, incluyendo reparaciones, deben llevarse a cabo de acuerdo con el procedimiento con base en las recomendaciones del fabricante, utilizando un material de las mismas características o compatible con el recubrimiento del sistema, así como con el sistema de protección catódica existente, con objeto de minimizar que se presente apantallamiento. El proceso de aplicación debe minimizar el riesgo de daños al personal que lo aplica y al medio ambiente con las medidas pertinentes dentro del procedimiento con el fin de no afectar el suelo expuesto y manejo de los residuos del mantenimiento.

Asimismo, durante la construcción del ducto se tomaron las medidas siguientes:

- ⊕ El recubrimiento será revisado y reparado de cualquier daño que tenga inmediatamente antes de bajar el ducto y tapar la zanja.
- ⊕ El recubrimiento debe protegerse para evitar cualquier daño causado por los soportes del Ducto, irregularidades que se encuentren en la zanja o relleno de la misma.

- ⊕ Si el ducto recubierto va a ser introducido por perforación horizontal en cualquiera de sus modalidades (direccional, rompimiento, hincado o por topo) o por algún método similar, se debe instalar un recubrimiento de material compatible con el proceso constructivo a utilizar y poner especial atención para minimizar daños al recubrimiento.

c. Control de corrosión interna.

Cuando se retire un tramo de ducto, se debe inspeccionar su superficie interna en busca de evidencias de corrosión y documentar los hallazgos en los registros, inspección y/o mantenimiento, en cuyo caso se debe:

- ⊕ Investigar los tramos adyacentes (posterior y anterior) del ducto para determinar si existe extensión de la corrosión interna.
- ⊕ Realizar el reemplazo de la extensión requerida con un espesor de pared previamente establecido de acuerdo con la presión de operación.
- ⊕ Tomar las medidas necesarias para mitigar la corrosión interna.

Control de la corrosión atmosférica en ductos e instalaciones superficiales.

Los ductos e instalaciones superficiales que estén expuestos a la atmósfera se deben limpiar y proteger con recubrimientos de material adecuado para prevenir la corrosión atmosférica, siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante. Además, se debe contar con un programa para monitorear la corrosión exterior y llevar a cabo reparaciones donde sea necesario.

Las medidas correctivas mínimas cuando se presente corrosión en los ductos serán:

- ⊕ Proteger mediante un sistema de recubrimiento anticorrosivo el tramo del ducto que reemplace a uno o varios ductos dañados por corrosión externa.
- ⊕ Reemplazar la sección del ducto dañado o reducir la presión de operación del sistema de transporte de acuerdo con la resistencia calculada del ducto, basándose en el espesor de pared real remanente de cada tramo con corrosión generalizada y con un espesor de pared remanente menor que el requerido para la presión máxima de operación permisible (PMOP) del ducto. Si el área con corrosión generalizada es reducida, el ducto corroído se debe reparar. La corrosión por picadura que esté agrupada puede afectar la resistencia total del ducto, por lo que se considerará como corrosión generalizada para el propósito de este inciso.
- ⊕ Reemplazar la sección de ducto dañado, reparar o reducir la presión de operación, de acuerdo con la resistencia del ducto basada en el espesor real de pared remanente en las picaduras que pudieran provocar fugas.
- ⊕ A fin de determinar las posibilidades de continuar en servicio y evaluar la resistencia remanente en Ductos de una zona que sufrió corrosión, se deben utilizar métodos analíticos, pruebas de presión o métodos alternativos.
- ⊕ Reparar las secciones del ducto y juntas mediante el método que resulte adecuado basándose en una evaluación de ingeniería.

Reportes escritos de control de la corrosión.

Se conservará en las instalaciones, los reportes escritos o mapas que muestren la localización de los ductos e instalaciones catódicamente protegidas, así como otras Instalaciones y estructuras vecinas protegidas catódicamente.

Los mapas, reportes de cada prueba, investigación o inspección requeridos en el numeral anterior que contengan información relativa a un adecuado control de la corrosión deben conservarse por el tiempo que el ducto permanezca en servicio.

Recubrimiento externo.

Los procedimientos de mantenimiento y operación deben incluir la metodología para la aplicación, manejo e inspección del recubrimiento. Éste será inspeccionado antes, durante y después de la instalación de los ductos para detectar imperfecciones o fallas.

Las instalaciones obtendrán un dictamen de diseño de una Unidad de Verificación, en el que conste que la Ingeniería de Detalle de las instalaciones nuevas, ampliadas o con modificaciones al proceso, se realizó conforme a lo establecido en la Norma.

Especificaciones técnicas del Proyecto.

El ducto tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- ⊕ Tamaño nominal: 30 pulgadas.
- ⊕ Grado de Acero: API 5L X70M PSL 2.
- ⊕ Tipo de soldadura: SAWH y/o SAWL.
- ⊕ Espesor de pared: 0.474 pulgadas (1.203 centímetros).
- ⊕ Preparación de extremos: biselados, con tapas. (Extremo plano API 5L).

La tubería cumplirá con todos los requisitos de API 5L y estará marcada con el API monograma. A continuación, se indican las características de materiales de las tuberías:

- ⊕ Se inspeccionará por Pruebas no Destructivas (PND) el % establecido en el índice de especificaciones de tuberías del total de juntas soldadas, para cada soldador; cada junta soldada será inspeccionada al 100%, el resto de las juntas se deben inspeccionar al 100% visualmente.
- ⊕ Se debe considerar un GAP (anillo de separación el cual ha sido diseñado para darle una medición previa del espacio mínimo de 1/16" requerido para soldar uniones en tuberías) de 1/16" antes de la soldadura, en juntas de caja soldable "SW" conforme el ASME B31.3 y/o ASME B31.8.
- ⊕ El fabricante de válvulas debe especificar en una etiqueta metálica de acero inoxidable atada al cuerpo y con letra de golpe en el cuerpo de la válvula; número de identificación, tipos de empaque en junta de bonete y en prensa estopa, conforme al MSS SP-25.
- ⊕ Esta especificación prohíbe utilizar válvulas de hierro gris o hierro dúctil, (ejemplo; ASTM A-126, A-436, A-439), y las comúnmente marcadas como WOG (Water Oil and Gas). La calidad mínima permitida es ASTM A-105 y ASTM A-216 Gr. WCB.
- ⊕ Todas las válvulas se deben probar para prueba hidrostática conforme el API 598 y/o superior.
- ⊕ El uso de operador de engranes será, conforme lo establecido en la especificación de materiales de tuberías. En caso de que un proveedor de válvula proponga el uso de algún otro operador de engranes será autorizado por IENOVA.
- ⊕ El tipo de material del Weldolet (conexión de acero al carbón o acero inoxidable que se suelda en la perforación de un tubo, con la finalidad de generar una derivación sin la necesidad de instalar una Tee) será del mismo grado de tubería que la del cabezal.
- ⊕ En esta especificación es mandatorio que la longitud efectiva de rosca de los espárragos sea conforme lo establecido en el ASME B16.5. Los tornillos o espárragos deben extenderse completamente a través de las tuercas, saliendo por lo menos de dos a tres cuerdas como máximo de la tuerca. En caso de usar accesorios (Kit aislantes) entre bridas la longitud del espárrago se debe aumentar por lo menos ¼" de longitud de acuerdo con lo indicado en la especificación "IC02-P05".
- ⊕ Sólo se debe utilizar el "nipolet" (accesorios de conexión de derivación que se utilizan para proporcionar una salida de una tubería más grande a una más pequeña) para instrumentos de presión.
- ⊕ Para las bridas de cuello largo se debe especificar el diámetro interior para relacionarlo con el diámetro exterior del termopozo (es una herramienta que sirve para proteger los sensores de temperatura como termopares o sensores contra la corrosión, la presión elevada y la velocidad del material) y asegurar la inserción.
- ⊕ En la tabla para conexiones cabezal-ramal se indica la recomendada por diseño, más no es limitativa.
- ⊕ El tubo será suministrado en las siguientes longitudes:

- ⊕ La tubería de 2 pulgadas de diámetro y menores será suministrada en tramos de 6 metros (Single Random Length).
- ⊕ La tubería de 3 pulgadas de diámetro y mayores será suministrada en tramos de 6 o 12 metros (Double Random Length), sin soldadura circunferencial intermedia.
- ⊕ En instalaciones de gas natural no está permitido el uso de conexiones roscadas, solo se puede emplear una conexión roscada en su punto final para venteo y/o purgas para operación y mantenimiento del sistema de tuberías, para conexiones a instrumentos y empates con equipos suministrados con conexiones roscadas.
- ⊕ Se prohíbe utilizar conexiones de tubería o accesorios (hechizos), todos los accesorios serán suministrados de fábrica.
- ⊕ El conector integralmente reforzado threadolet, se limita su uso para purgas y venteos que se deben retirar después de la prueba hidrostática o neumática. Una vez concluida la prueba se deben cerrar con un tapón de barra sólida y sellar con soldadura la unión roscada.
- ⊕ La soldadura de los conectores reforzados con el cabezal será de penetración completa de acuerdo con el código ASME B31.3 y ASME B31.8. Especificar diámetro del cabezal y diámetro del ramal en los conectores integralmente reforzados. El diámetro que se indica en la especificación es del ramal.
- ⊕ La válvula de compuerta y/o válvula de bola con extremos socketweld por roscado es para uso exclusivo de arreglos de instrumentación.
- ⊕ Las válvulas de retención se deben instalar en posición horizontal, para asegurar el cierre de la compuerta e impedir el retroceso de los fluidos para proteger las instalaciones aguas arriba.
- ⊕ Las juntas aislantes dieléctricas son para uso exclusivo donde exista el fenómeno de corrosión galvánica, se deben instalar en los siguientes casos: boquillas de tanques que cuentan con protección catódica, transiciones de tubería metálica aérea con enterrada y en las transiciones de uniones bridadas con material de acero al carbón y acero inoxidable.

V.1.2.7 Ingeniería en telecomunicaciones

Los sistemas de telecomunicaciones considerados para el Proyecto son:

- ⊕ Sistema de voz y datos.
- ⊕ Sistema de fibra óptica y cableado estructurado.
- ⊕ Sistema de Circuito Cerrado de Televisión.
- ⊕ Sistema de detección de intrusos.
- ⊕ Sistema de Control de Acceso.

Los alcances de los sistemas de telecomunicaciones se dividen de la siguiente manera:

- ⊕ Estación Topolobampo: Ingeniería, procura, instalación, construcción, pruebas y puesta en marcha de todos los elementos de telecomunicaciones, incluyendo todas las canalizaciones subterráneas y aéreas de todos los sistemas de telecomunicaciones; así como los elementos de los sistemas de cableado estructurado y fibra óptica, voz y datos, enlaces de comunicación de respaldo, CCTV e intrusión mencionados en este documento y que corresponden a la instalación.
- ⊕ Ducto: ingeniería, procura, instalación, construcción, pruebas y puesta en marcha de todos los elementos de telecomunicaciones, incluyendo ducto de PEAD, cable de fibra óptica, todas las canalizaciones de todos los sistemas de telecomunicaciones; así como los elementos de los sistemas de cableado estructurado, fibra óptica, voz y datos y CCTV mencionados en este documento, a lo largo del gasoducto, en las estaciones de válvulas de seccionamiento.
- ⊕ Estación de Compresión El Fuerte: Ingeniería, procura, instalación, construcción, pruebas y puesta en marcha de todos los elementos de telecomunicaciones, incluyendo todas las canalizaciones subterráneas y aéreas de todos los sistemas de telecomunicaciones; así como los elementos de los sistemas de cableado estructurado y fibra óptica, voz y datos, enlaces de comunicación de respaldo, CCTV, e intrusión mencionados en este documento y que corresponden a la Estación de Compresión El Fuerte.
- ⊕ Estación de Medición, Regulación y Compresión El Oro: Ingeniería, procura, instalación, construcción, pruebas y puesta en marcha de todos los elementos del sistema de Fibra Óptica, incluyendo todas las canalizaciones subterráneas y aéreas para su interconexión con la Estación de Compresión El Fuerte.

a. Voz y datos.

Los servicios de datos serán proporcionados por medio de un equipo switch para la conexión a la red por medio de la conexión fibra óptica y distribución e integración de servicios mediante la red de cableado estructurado con cable de cobre (FTP o UTP según aplique), ya sea a través de tomas de telecomunicaciones, conexiones directas al switch o mediante puntos de acceso inalámbricos (WiFi). La integración de servicios abarca los servicios de la red Enterprise (voz, VoIP, internet, intranet, flujo de video de cámaras), como los servicios de la red de control (UTR, paneles de control, equipos paquete, estaciones de trabajo, entre otros).

Se considerarán los esquemas de seguridad y protección de la red de datos para evitar amenazas, virus, ataques cibernéticos e infiltraciones no deseadas que causen afectaciones al rendimiento, operación y privacidad de la red de datos y SCADA del Proyecto, así como configuración de hardening y TACACS.

Los equipos de voz y datos utilizarán comunicación mediante protocolo Ethernet TCP/IP, serán administrables, y permitir segmentar las redes LAN del Proyecto para optimizar y separar el tráfico.

El tráfico de los sistemas SCADA y sistemas de control debe pertenecer a la red industrial en tanto que el tráfico de voz y datos debe pertenecer a la red corporativa del Proyecto, ambas redes deben estar segmentadas.

b. Fibra óptica y cableado estructurado.

La fibra óptica se pondrá en operación una red de fibra óptica monomodo a lo largo de toda la longitud del gasoducto, así como fibra óptica multimodo para la comunicación local en las estaciones. El tráfico de datos de los sistemas de telecomunicaciones y de SCADA será direccionado a través la red de fibra óptica, la cual será diseñada con bajos niveles de atenuación utilizando cableado con coeficientes de atenuación inferiores a los establecidos por la normatividad, empalmes por fusión, conectores con pulidos UPC, entre otros elementos.

La red de fibra óptica será el medio de transmisión de las señales y parámetros de medición y operación obtenidos en las instalaciones del ducto para su integración al sistema SCADA, así como el medio para proveer comunicaciones de voz, datos y video a las instalaciones del ducto. Los puntos para comunicar con la fibra óptica son los siguientes:

- ⊕ Estación Topolobampo.
- ⊕ Gasoducto (línea regular).
- ⊕ Estaciones de válvulas de seccionamiento.
- ⊕ Estación de Compresión El Fuerte.
- ⊕ Interconexión con la Estación de Medición, Regulación y Compresión El Oro.

En la Estación Topolobampo, se colocará un cable de fibra óptica monomodo con armadura y recubrimiento dieléctrico, hasta ser rematado en una caja de conexiones en el exterior, en donde se hará el cambio a cable de fibra óptica monomodo tipo submarino, el cual será tendido hacia el fondo del lecho marino hasta el punto en donde toque tierra, en donde se rematará en un cierre de empalme para realizar el cambio a la fibra óptica monomodo dieléctrica que irá enterrada, paralela al ducto. El cable de fibra óptica submarina será apto para su instalación en fondo del lecho marino, en un solo tendido, sin la intervención de registros ni empalmes. El modelo del cable será aprobado por la propietaria previo a su suministro e implementación. El Contratista considerará los trabajos necesarios y accesorios para que el cable de fibra óptica submarina quede enterrado y no flote.

c. Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).

Para complementar la seguridad de las instalaciones del Proyecto, se implementará un sistema de videovigilancia mediante cámaras de CCTV, las cuales serán conectadas a la red Enterprise mediante los

equipos switch de la red de datos e integradas a un sistema de monitoreo en el Cuarto de Control que indique GCN, y al Centro de Control de Seguridad Corporativa de Sempra Infraestructura, ubicado en las oficinas centrales en la Ciudad de México.

El CCTV contará con un sistema de videograbación por ethernet, con capacidad de grabación de 30 días continuos, con estaciones de monitoreo en diferentes puntos de las instalaciones consideradas en el Proyecto. Los equipos del sistema de circuito cerrado de televisión contarán con su respectivo licenciamiento por 3 años. Las marcas y modelos de los equipos serán aprobados previamente por el área de Seguridad Patrimonial de Sempra Infraestructura, los cuales serán seleccionados de acuerdo con los lineamientos y estándares, previo al suministro de estos equipos.

Los elementos mínimos con que debe cumplir el CCTV se indican a continuación:

- ⊕ Grabador/Servidor de video en red (NVR).
- ⊕ Cámara fija tipo mini domo, uso interior.
- ⊕ Cámara fija tipo bala, uso exterior.
- ⊕ Cámara PTZ, uso exterior.
- ⊕ Estación de trabajo para monitoreo de CCTV.
- ⊕ Software de gestión y administración de video.

d. Sistema de detección de intrusión perimetral.

El sistema de detección de intrusión tiene como objetivo principal detectar en oportunidad cualquier intento de entrada no autorizada o posible daño a las instalaciones del Proyecto, como una forma de mantener la operación de esta sin contratiempos.

El sistema de detección de intrusión perimetral utilizará fibra óptica como elemento sensor, por lo que será tendida a lo largo de la barda perimetral para detectar por medio de la flexión o vibración del cable y mediante un análisis computacional de las señales generadas por dicha flexión, el ingreso ilegal de intrusos que pongan en riesgo la integridad y operación de las instalaciones. Los elementos mínimos del sistema de detección de intrusión perimetral son los siguientes:

- ⊕ Unidad Procesadora de Alarma.
- ⊕ Fibra óptica como elemento sensor.
- ⊕ Sensor PIR.
- ⊕ Sensor magnético de puerta abierta.

e. Sistema de Control de Acceso.

El sistema de control de acceso de personal administrará la entrada y salida del personal local y visitante, controlando el acceso principal a la estación y en edificios de la Estación de Compresión El Fuerte. El sistema contará con un servidor de control de acceso (dependiendo de la densidad de servicios), paneles de control y diferentes dispositivos en los puntos de acceso.

Las puertas de acceso a áreas restringidas en el interior de edificios contarán con una chapa electromagnética, una lectora para su apertura por el exterior, un botón de liberación al interior y una palanca de emergencia.

Para el acceso vehicular, se debe implementar un sistema de apertura automática del portón de acceso principal, mediante un sistema mecánico controlado desde la caseta de vigilancia.

Las salidas de emergencia contarán con un sensor magnético de puerta abierta, apto para su uso en exterior, conectados a un módulo remoto que será alojado y conectado en el equipo switch de la caja de conexiones del sistema de cuarto de control de televisiones más próximo. Estos módulos remotos serán controlados desde un controlador maestro, ubicado en el edificio administrativo.

V.1.2.8 Arquitectura

a. Criterios generales de diseño arquitectónico.

Para el diseño y zonificación de los espacios, se debe tomar como base el número de usuarios, mobiliario, relación de actividades y funcionamiento, dimensiones de equipos, entre otros. El arreglo arquitectónico debe permitir la libre circulación de: instalación, operación, maniobra, mantenimiento y remplazo de estos para el buen desempeño de sus funciones, un espacio no será mayor o menor que el necesario para realizar las actividades para las que fue diseñado, al ser una ingeniería básica extendida, la información que se muestra en los planos es indicativa mas no limitativa y es responsabilidad de quien elabore la Ingeniería de Detalle optimizar y diseñar los espacios conforme a las necesidades específicas que resulten de cualquier modificación a las instalaciones.

Los espacios de circulación, maniobra y rutas de salida de emergencia (horizontales y verticales); estarán libres de cualquier obstáculo, para facilitar la evacuación rápida de las instalaciones, en caso de emergencia.

El arreglo arquitectónico debe mostrar la solución de acuerdo con las necesidades de espacio de los usuarios, tomando como consideración los requerimientos y recomendaciones particulares de las especialidades involucradas en el desarrollo del Proyecto.

El diseño arquitectónico debe mostrar el arreglo general del mobiliario, mobiliario fijo, muebles sanitarios, mobiliario y muebles de cocina, línea blanca para cocina, mobiliario de oficina, mobiliario de almacenamiento, mobiliario de operación todo tipo de mobiliario para el almacenamiento de archivo, estanterías para almacenes, mobiliario médico, mobiliario para dormitorios, mobiliario para gimnasio y cualquier otro equipo o mobiliario que sea necesario para la correcta operación de las instalaciones.

Todo el mobiliario, debe contar con las características ergonómicas necesarias, para que las personas que usan dicho mobiliario puedan cumplir de manera satisfactoria sus actividades, cualquiera que estas sean.

El diseño del arreglo arquitectónico de los diferentes edificios debe prever los huecos o espacios que se requieren para el paso de instalaciones en pisos, losas de entrepiso, muros y azoteas de todos los edificios, tomando en cuenta la estructura del edificio, queda estrictamente prohibido realizar huecos en elementos estructurales como columnas, trabes, contratraves, trabes de liga.

Todas las áreas de los edificios que cuenten con sistemas de supresión deben estar sellados en piso falso o cuarto inferior, en falso plafón o cuarto superior y el área utilizable.

El diseño del arreglo arquitectónico de los diferentes edificios, deben prever los espacios suficientes entre la estructura del edificio y el falso plafón para el paso y trayectorias de todas las instalaciones necesarias para el adecuado funcionamiento del edificio en cuestión; de la misma forma para las áreas que no cuenten con falso plafón, se debe considerar la altura suficiente entre las instalaciones y el equipo o mobiliario a instalar en cada espacio arquitectónico.

La estructura indicada en los planos arquitectónicos es una referencia visual y se debe tomar en cuenta las bases de diseño estructurales y civiles, así como hacer los cálculos necesarios para el correcto diseño de la estructura y aplicar dichos cambios a los planos arquitectónicos.

Todos los edificios contarán con sistema de HVAC que darán servicio eléctrico de acuerdo a las necesidades del edificio. Todos los edificios deben contar con drenaje sanitario y pluvial. Todos los edificios que cuenten con sanitarios o cocinas estarán conectados al sistema de agua para servicios de la terminal. Todos los servicios sanitarios, cocinas y cocinetas, deben contar con servicio de agua fría y agua caliente.

Se debe cumplir con todas las normas de acústica que apliquen a este Proyecto de modo enunciativo más no limitativo; Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001 y cualquier otra Norma que aplique al Proyecto.

Todos los sanitarios deben contar con extractores y/o ventilación natural. Todos los edificios deben de estar ubicados fuera del área clasificada, cuando el caso amerite estar en área clasificada cumplirá con área clasificada.

b. Cuarto eléctrico y de baterías.

Este será un edificio en cada una de las válvulas de seccionamiento, una en trampa intermedia. Este edificio cuenta con las siguientes áreas:

- ⊕ Cuarto eléctrico y de control.
- ⊕ Cuarto de baterías.
- ⊕ Estructura y acabados.
- ⊕ Cimentación de concreto.
- ⊕ Muros interiores y exteriores de concreto celular tipo HEBEL o similar.
- ⊕ Recubrimiento en interiores a base de yeso acabados en pintura blanca.
- ⊕ Recubrimiento exterior a base de estuco color blanco.
- ⊕ Losa de concreto celular tipo HEBEL o similar.
- ⊕ Impermeabilizante en losa y pretil con impermeabilizante asfáltico.
- ⊕ No debe incluir falso plafón.
- ⊕ En el cuarto de baterías se debe considerar un sardinel perimetral para contener cualquier derrame, el piso será recubierto con epóxico para resistir ataque químico y facilitar limpieza y mantenimiento. También debe contar con impermeabilizante asfáltico. Tener pendiente hacia un cárcamo para poder retirar cualquier tipo de derrame.
- ⊕ Se considerará un sistema de ventilación revisar bases de diseño eléctricas.
- ⊕ Se considerará la instalación eléctrica del cuarto de baterías apta para un área clase 1 división 2, en todos sus sistemas fuerza, control y alumbrado.
- ⊕ Debe contar con drenaje pluvial.
- ⊕ Debe estar elevado del suelo para prevenir la entrada del agua (según lo requiera el sitio).

c. Oficina, cuarto de control, almacén y taller (edificio principal).

Este será el edificio de operación principal se construirá en la Estación de Compresión El Fuerte (ver Anexo Técnico ANX-TEC-01, Plano GN0621-ST-203-PL-001_1), este edificio cuenta con dos niveles y se divide en las siguientes áreas:

- ⊕ Área de oficinas:
 - ✓ Oficina 1.
 - ✓ Oficina 2.
 - ✓ Sala de juntas (20 personas).
 - ✓ Módulos operativos para (10 personas).
 - ✓ Sala informal.
 - ✓ Comedor (10 personas).
 - ✓ Cocina.
 - ✓ Alacena.
 - ✓ Sanitarios para ambos sexos.
 - ✓ Regaderas para ambos sexos.
 - ✓ Lockers para ambos sexos.
 - ✓ Área de impresoras.
 - ✓ Almacén de papelería. Cuarto de máquinas (área para equipo que dan servicio al edificio).
 - ✓ Espacio para la salud (consultorio).
 - ✓ Cuarto de lactancia.
 - ✓ Almacén de limpieza. (artículos de mantenimiento y limpieza).
- ⊕ Área de TELECOM:
 - ✓ Cuarto de control SCADA.
 - ✓ Área de ductos para cuarto de control SCADA.

- ✓ Cuarto de gabinetes.
- ✓ Área de ductos para cuarto de gabinetes.
- ✓ Área de cilindros para el Sistema de supresión.
- ⊕ Área de mantenimiento:
 - ✓ Taller a doble altura.
 - ✓ Almacén de operaciones para refacciones en dos niveles para aprovechar la altura doble del taller.
 - ✓ Almacén Frío. (para componentes eléctricos). Debe contar con su sistema de HVAC.
- ⊕ Área eléctrica:
 - ✓ Cuarto eléctrico y UPS.
 - ✓ Área de ductos para cuarto eléctrico y UPS.
 - ✓ Cuarto de baterías.
 - ✓ Área de cilindros para el sistema de supresión.

Estructura y acabados:

- ⊕ Cimentación de concreto.
- ⊕ Estructura metálica.
- ⊕ Entrepisos de concreto.
- ⊕ Las escaleras en el área de oficinas serán de concreto y estar recubiertas con loseta cerámica.
- ⊕ Del eje H al L, contará con un rodapié de 1 metro en toda la envolvente del edificio a base de block de concreto, acabado exterior en estuco y terminado en color arena, acabado interior en aplanado de yeso con pintura y sellador color blanco.
- ⊕ La envolvente exterior de todo el edificio será de paneles prefabricados tipo Ternium Multymuro o similar no menos a 2 pulgadas. Esta debe anclar en una subestructura metálica y ser de color arena.
- ⊕ Del eje A al H, contará con muros de block de concretos hasta la cubierta del edificio. y estará recubiertos solo en sus fachadas exteriores de Multymuro, aplicar mismo acabado al rodapié de un metro antes mencionado.
- ⊕ Acabado interior en aplanado de yeso con pintura y sellador color blanco.
- ⊕ Los muros interiores en área de oficina serán a base de sistema USG o similar de panel de yeso a prueba de fuego y húmedas también será anti-moho.
- ⊕ Los muros interiores en el área de: SCADA, Mantenimiento y Eléctrica. serán de block de concreto con acabado interior en aplanado de yeso con pintura y sellador color blanco.
- ⊕ El área de oficina, cuarto de control SCADA deben contar con un falso plafón.
- ⊕ El cuarto de gabinetes, cuarto de control SCADA y cuarto eléctrico y UPS cuentan con un cuarto en planta baja para el cableado. Las dimensiones proporcionadas en el arreglo son preliminares. Este espacio debe cumplir con las necesidades y dimensiones especiales de cada Proyecto para su correcta operación.
- ⊕ Recubrimiento interior para muros de block será a base de aplanado de yeso con capa de sellador previo a la aplicación de pintura color blanco.
- ⊕ Recubrimiento exterior para muros de block a base de estuco terminado en color arena.
- ⊕ La cubierta será de Ternium Multytecho o similar no menor a 2 pulgadas y debe incluir todos los herrajes y complementos necesarios para su correcta instalación.

Otros:

- ⊕ Debe contar con drenaje pluvial.
- ⊕ Instalaciones hidrosanitarias agua fría y caliente, el calentador de agua será eléctrico.
- ⊕ Debe contar con estufa eléctrica en la cocineta.
- ⊕ Debe contar con sistema de aire acondicionado frío y caliente, que sea regulable por áreas.
- ⊕ Debe estar elevado del suelo para prevenir la entrada del agua (según lo requiera el sitio).
- ⊕ Debe contar con estacionamiento techado. La capacidad será definida con base en los reglamentos locales y cantidad de usuarios en la instalación. (en caso de no existir reglamento se debe usar el reglamento de la Ciudad de México, para la cantidad de espacios).
- ⊕ Para las áreas de almacén de materiales y taller de mantenimiento, se considera la extracción de aire por medio de ventiladores centrífugos de tejado. La recuperación de aire será por medio de louvers fijos instalados en los muros, de modo que provoquen un barrido de aire al interior.

d. Cuarto de moto generadores.

El edificio de la Estación de Compresión El Fuerte contará con un área de moto generadores y un cobertizo de transformador (ver Anexo Técnico ANX-TEC-01, Plano GN0621-ST-203-PL-001_1).

Estructura y acabados:

- ⊕ Cimentación de concreto.
- ⊕ Estructura metálica.
- ⊕ Envoltente block.
- ⊕ La cubierta será de Ternium multi techo o similar no menor a 2 pulgadas y debe incluir todos los herrajes y complementos necesarios para su correcta instalación.
- ⊕ Recubrimiento en interiores a base de yeso acabados en pintura blanca.
- ⊕ Recubrimiento exterior a base de estuco acabado color arena.
- ⊕ Sistema de ventilación.
- ⊕ No debe incluir falso plafón.

Otros:

- ⊕ Debe contar con drenaje pluvial.
- ⊕ Debe contar con drenaje aceitoso.
- ⊕ Debe estar elevado del suelo para prevenir la entrada del agua (según lo requiera el sitio).
- ⊕ Se debe contemplar el espacio en el arreglo general para un compresor adicional a futuro.
- ⊕ Debe contar con un sistema de extracción axial y automatizado.
- ⊕ Debe contar con las pasarelas necesarias dentro del cobertizo que el mantenimiento y la operación necesiten.
- ⊕ Debe contar con ventilación tipo rejilla (Louvers).

e. Almacenes de residuos y materiales peligrosos.

El almacén separado en dos edificios A y B. Se construirá en la Estación de Compresión El Fuerte, y contará con los siguientes espacios: i) almacén de cilindros llenos, ii) almacén de cilindros vacíos, iii) almacén de materiales peligrosos, iv) almacén de residuos de manejo especial, v) almacén de residuos peligrosos y vi) bodega.

Estructura y acabados:

- ⊕ Cimentación de concreto.
- ⊕ Estructura de concreto.
- ⊕ Envoltente del edificio a base de block de concreto.
- ⊕ Los muros interiores serán de block de concreto.
- ⊕ La losa será de concreto.
- ⊕ Recubrimiento para muros de block será a base de estuco blanco.
- ⊕ Impermeabilizante en losa y pretil con impermeabilizante asfáltico.

Otros:

- ⊕ Debe contar con drenaje pluvial.
- ⊕ Debe estar elevado del suelo para prevenir la entrada del agua (según lo requiera el sitio).
- ⊕ Debe tener ventilación natural celosía metálica para ventilación en almacén de residuos peligrosos y en almacén de materiales peligrosos.
- ⊕ Debe estar en cumplimiento con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- ⊕ El piso de concreto estará protegido para resistir los ataques químicos y desgaste a los que pudiera estar sometido durante su operación.

- ⊕ Hay que asegurar que las luminarias a instalar dentro de los almacenes de materiales y residuos peligrosos cumplan con las especificaciones para áreas clasificadas y detectores de humo y gas instrumentado para poder tener visión de este en el cuarto de control.

f. Cuarto de muelle.

Se construirá un edificio de estos en Estación Topolobampo y contará con las siguientes áreas: i) cuarto eléctrico y CCTV, ii) cuarto de baterías, iii) cuarto de máquinas y iv) cuarto de analizadores (ver ANX-TEC-01, Plano GN0621-PI-204-PL-001).

Estructura y acabados:

- ⊕ Cimentación de concreto.
- ⊕ Estructura metálica.
- ⊕ Envoltente del edificio a base de placa metálica. Será a prueba de explosiones. serán a base de placa metálica de calibre 3/8 pulgada mínimo, con acabado de pintura epóxica, con protección anticorrosiva. Incluye aislante de lana mineral en interiores.
- ⊕ Los recubrimientos, muros interiores y recubrimientos de plafón serán de paneles prefabricados tipo Ternium Multymuro o similar 2 pulgadas como mínimo.
- ⊕ Todas las entradas de cables estarán selladas al exterior.
- ⊕ Los barandales tendrán una sección removible frente a las puertas, para de esta manera poder introducir los equipos.
- ⊕ La losa de entepiso será de concreto.
- ⊕ La ventana que da hacia el área de proceso será inastillable y a prueba de explosiones, y contará con la siguiente certificación IEC Ex para uso de atmosferas explosivas clase 1 div.2.
- ⊕ El edificio en general será construido tipo bunker para dar cumplimiento a las áreas clasificadas clase 1 Div 2, conforme a los requerimientos de API 540.
- ⊕ El recubrimiento será para ambientes marinos altamente corrosivos.

Otros:

- ⊕ El cuarto de control debe contar con una esclusa de acceso para seguridad de los tripulantes.
- ⊕ Será de materiales retardantes al fuego y a prueba de huracanes.
- ⊕ Debe tener puertas abatibles hacia fuera y con mecanismo de cierre tipo barra de pánico accionada por presión.
- ⊕ Las puertas deben poderse asegurar desde el exterior con cerradura o candado y llave, esta facilidad debe quedar bloqueada cuando se tenga personal laborando dentro del cuarto, el metal de las puertas, marcos y todo el acero estructural será galvanizado por inmersión en caliente con su respectivo recubrimiento para ambientes marinos.
- ⊕ El cuarto de control eléctrico no debe tener ventanas, falso plafón o piso falso.
- ⊕ El cuarto de control debe contar con sistema de climatización y ventilación.
- ⊕ El sanitario del cuarto de control debe contar con un extractor.
- ⊕ Las puertas deben tener fijo en la parte exterior y completamente visible la leyenda “peligro alta tensión eléctrica”.
- ⊕ En el diseño se debe considerar una puerta que permita las maniobras de entrada y salida del equipo eléctrico y por lo menos una para el personal. En el caso de ser necesario la puerta de acceso de equipo puede servir como acceso al personal.
- ⊕ La entrada y salida de tubería conduit o de cables del cuarto, será a través de placas de penetración de acero al carbón de las dimensiones adecuadas con sus respectivos sellos pasamuros.
- ⊕ El cuarto de control eléctrico debe contar con sistema de protección contra incendios. De igual forma contará con aire acondicionado con presión positiva para ambientes marinos.
- ⊕ El cuarto de máquinas debe contar con 1 cisterna de agua potable con su respectivo equipo hidroneumático, un contenedor para los residuos fecales humanos tanto sólidos como líquidos (se debe contemplar que estos contenedores sean removibles y se puedan desconectar mediante bridas o válvulas cuando sean necesarios retirarlos parara dar servicio o mantenimiento) la posición de estos

equipos debe estar en una zona en la que se pueda dar mantenimiento a los equipos por medio de un tercero.

- # Debe contar con drenaje pluvial, que canalice el agua de lluvia.
- # Debe contar con drenaje aceitoso que canalice los residuos a un contenedor.

g. Caseta de acceso y monitoreo.

La caseta de acceso y monitoreo se construirá en la Estación de Compresión El Fuerte, contará con los siguientes espacios: i) área de monitoreo y vigilancia, ii) sanitario para hombres, iii) sanitarios para mujeres, iv) cocineta, v) comedor, vi) lockers y vii) área para gabinetes eléctricos y CCTV.

Estructura y acabados:

- # Cimentación de concreto.
- # Estructura de concreto.
- # Envoltorio del edificio a base de block de concreto.
- # Recubrimiento para muros de block será a base de estuco acabado en color arena.
- # Recubrimiento en interiores a base de yeso acabados en pintura blanca.
- # Los muros interiores serán a base de sistema USG o similar de panel de yeso a prueba de fuego y en áreas húmedas también será anti moho.
- # Impermeabilizante en losa y pretil con impermeabilizante asfáltico.
- # Las ventanas que den al exterior de la terminal serán blindadas.
- # Piso cerámico antiderrapante en interiores.

Otros:

- # Debe contar con drenaje pluvial.
- # Instalaciones hidrosanitarias.
- # Debe estar elevado del suelo para prevenir la entrada del agua (según lo requiera el sitio).
- # Debe contar con sistema de aire acondicionado frío /caliente que la temperatura sea regulable por áreas.

V.1.3 Transporte por ductos

En el Anexo Técnico ANX-TEC-02 se presentan los planos de trazo del ducto.

A continuación, en la Tabla V.4 se describe el Sistema de Transporte de Gas Natural por ducto, indicando el origen, el destino, los diámetros y la longitud. En la Tabla V.5 se proporcionan las especificaciones del ducto; y en la Tabla V.6 se presentan las clases de localización, que tendrá a lo largo de la trayectoria, indicando: los municipios, alcaldías y entidades federativas que cruza, con sus respectivos datos de kilómetro y coordenadas.

Tabla V.4 Coordenadas del ducto

Nombre o segmento del ducto	Origen (km)	Destino (km)	Coordenadas		Espesor (pulg)	Diámetro (pulg)	Longitud (km)
			X	Y			
Estación de Compresión El Fuerte	0+000 El Fuerte, Sinaloa		723,691	2,889,174	NOM-007-2016: Clase 1 y 2: 0.474 Clase 3: 0.568 Clase 4: 0.680 Clase 5: 0.835	30	81+044.89
Estación Topolobampo		81+044.89 Topolobampo, Sinaloa	693,312	2,829,617	Considerando ASME B31.8 y API RP 1111: Clase 1: 0.500" Clase 2: 0.576" Clase 4: 0.835"		

Nota: Durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle se definirá la necesidad de incorporar esta Clase, de acuerdo con las necesidades del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla V.5 Especificaciones del ducto

Código de diseño	Diámetro	Temperatura	Presión (psig)		Flujo máximo MMPCD (m³/s)
	pulg	°C	Diseño	Operación	Operación/Diseño
API 5L X70 M	30	10-50	1,453	1,270 1,453	650 (213) / 700 (229.42)

Nota: Las condiciones de operación fueron tomadas del documento GN0621-PR-200-DFP-001 (DFP y tabla de balance Gasoducto Corredor Norte y Estación Topolobampo, ver Anexo Técnico ANX-TEC-01.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla V.6 Clase de Localización

Nombre o segmento del ducto	Tipo de Clase NOM-007-ASEA-2016	Origen (km)	Destino (km)	Espesor (pulg)
Ducto terrestre				
Estación de Compresión El Fuerte	Clase 3	0+000.00	0+139.43	0.680
Zona Agrícola – Industria dispersa	Clase 3	0+139.43	2+555.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	2+555.00	3+342.00	0.474
Zona Agrícola-Carretera Estatal	Clase 2	3+342.00	3+502.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	3+502.00	3+864.00	0.474
Localidad Los Ganchos-Escurrimiento-2 Caminos	Clase 3	3+864.00	5+656.00	0.568
5 caminos-3 Escurrimiento	Clase 2	5+656.00	7+834.00	0.474
2 caminos-9 Escurrimiento-Línea de Distribución	Clase 1	7+834.00	12+636.00	0.474
Zona Agrícola- Escurrimiento	Clase 2	12+636.00	14+236.00	0.474
2 caminos – 6 escurrecimientos	Clase 1	14+236.00	16+566.00	0.474
Zona Agrícola - 3 caminos - 2 escurrecimientos	Clase 2	16+566.00	19+826.00	0.474
2 caminos	Clase 1	19+826.00	22+590.00	0.474
Camino- Canal	Clase 1	22+590.00	22+690.00	0.568
	Clase 1	22+690.00	22+733.17	0.474
Zona inundable – Arroyo Aguaje Amargo – Arroyo Arbolillos	Clase 1	22+733.17	23+116.56	0.474
Camino	Clase 1	23+116.56	24+731.00	0.474
Zona agrícola – Cuerpo de agua - Camino	Clase 2	24+731.00	25+625.00	0.474
	Clase 2	25+625.00	26+123.68	0.474
MLV-010101	Clase 2	26+123.68	26+169.68	0.680
	Clase 2	26+169.68	26+278.00	0.474
Camino-canal	Clase 2	26+278.00	26+378.00	0.568
	Clase 2	26+378.00	26+503.97	0.474
Zona inundable	Clase 2	26+503.97	26+666.68	0.474
	Clase 2	26+666.68	26+970.00	0.474
Zona Agrícola	Clase 2	26+970.00	27+234.00	0.474
2 caminos-Canal (Cahuinahua)	Clase 2	27+234.00	27+584.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	27+584.00	28+610.00	0.474
Zona Agrícola- Carretera estatal	Clase 2	28+610.00	28+710.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	28+710.00	28+912.00	0.474
Zona Agrícola-Canal (Lateral Higueras)-Carretera Estatal	Clase 2	28+912.00	29+262.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	29+262.00	29+734.00	0.474
Zona Agrícola-Canal lateral Natoches- Línea de Distribución	Clase 2	29+734.00	29+844.00	0.568
Zona Agrícola - 2 canales	Clase 2	29+844.00	31+112.00	0.474

Nombre o segmento del ducto	Tipo de Clase NOM-007-ASEA-2016	Origen (km)	Destino (km)	Espesor (pulg)
Zona Agrícola – Camino – Zona inundable – Río Fuerte	Clase 2	31+112.00	31+912.00	0.568
Zona Agrícola-Canal - Línea de Trasmisión	Clase 2	31+912.00	33+228.00	0.474
Zona Agrícola-Canal Lateral Sicae-Carretera estatal-Línea de Trasmisión-Pozo de agua	Clase 2	33+228.00	33+578.00	0.568
Zona Agrícola - Línea de Trasmisión	Clase 2	33+578.00	35+875.00	0.474
Zona Agrícola-Canal	Clase 2	35+875.00	35+995.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	35+995.00	36+657.00	0.474
Zona Agrícola - Canal-Carretera (Los Mochis-Navojoa)	Clase 2	36+657.00	36+802.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	36+802.00	39+011.00	0.474
Zona Agrícola-Camino-Dren San Miguel	Clase 2	39+011.00	39+161.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	39+161.00	39+533.00	0.474
Zona Agrícola-2 canales	Clase 2	39+533.00	39+683.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	39+683.00	39+966.00	0.474
Zona Agrícola-Dren (10)	Clase 2	39+966.00	40+086.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	40+086.00	40+364.00	0.474
Zona Agrícola-Canal Camacho	Clase 2	40+364.00	40+484.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	40+484.00	42+287.00	0.474
Zona Agrícola-Carretera Estatal-Canal Sublateral Sevelbampo - Camino	Clase 2	42+287.00	42+487.00	0.568
Zona Agrícola-8 Canales-Línea de Trasmisión	Clase 2	42+487.00	44+952.00	0.474
Zona Agrícola-Canal Ramal C-6	Clase 2	44+952.00	45+192.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	45+192.00	46+417.00	0.474
Zona Agrícola - Carretera estatal (Los Mochis - Higuera de Zaragoza) – Canal Ramal 0	Clase 2	46+417.00	46+597.00	0.568
Zona Agrícola - 3 Canales	Clase 2	46+597.00	48+443.68	0.474
MLV-010102 - Zona Agrícola	Clase 2	48+443.68	48+489.68	0.680
Zona Agrícola	Clase 2	48+489.68	48+529.00	0.474
Zona Agrícola - Línea de Trasmisión- Camino - Dren Buenaventura	Clase 2	48+529.00	48+669.00	0.568
Zona Agrícola-Canal	Clase 2	48+669.00	50+016.00	0.474
Zona Agrícola - 2 Canales	Clase 2	50+016.00	50+316.00	0.568
Zona Agrícola - 2 Canales	Clase 2	50+316.00	52+183.00	0.474
Zona Agrícola- Línea de Trasmisión-Canal Louisiana 4 - Dren Ramal Calle 31	Clase 2	52+183.00	52+423.00	0.568
Zona Agrícola - Canal	Clase 3	52+423.00	53+259.00	0.474
Zona Agrícola- 2 Línea de Trasmisión-Camino- Canal	Clase 2	53+259.00	53+499.00	0.568
Zona Agrícola - Canal	Clase 2	53+499.00	53+629.00	0.474
Zona Agrícola - Línea de Trasmisión-Camino - Canal	Clase 2	53+629.00	53+829.00	0.568
Zona Agrícola - Camino	Clase 2	53+829.00	55+076.00	0.474
Zona Agrícola - 2 Camino - Canal-Dren Ramal Calle 29	Clase 2	55+076.00	55+276.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	55+276.00	56+120.00	0.474
Zona Agrícola - Canal	Clase 2	56+120.00	56+300.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	56+300.00	57+535.00	0.474
Zona Agrícola - Carretera Estatal -Canal Ramal Taxtes-Camino	Clase 2	57+535.00	57+695.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	57+695.00	58+449.00	0.474

Nombre o segmento del ducto	Tipo de Clase NOM-007-ASEA-2016	Origen (km)	Destino (km)	Espesor (pulg)
Zona Agrícola - Dren Ramal 5	Clase 2	58+449.00	58+709.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	58+709.00	58+991.00	0.474
Zona Agrícola - 3 Caminos - Canal-Dren Principal Colector Juárez	Clase 2	58+991.00	59+161.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	59+161.00	60+209.00	0.474
Zona Agrícola - Línea de Trasmisión - 2 Caminos-Dren Ramal 4-6	Clase 2	60+209.00	60+369.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	60+369.00	61+416.00	0.474
Zona Agrícola - 2 Caminos - Canal Sub ramal 2 ^o +000 izquierdo - Dren principal Prolongación Mochis	Clase 2	61+416.00	61+656.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	61+656.00	62+039.00	0.474
Zona Agrícola - Canal	Clase 2	62+039.00	62+179.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	62+179.00	62+984.00	0.474
Zona Agrícola - Camino-Dren Ramal - Prolongación Cañero	Clase 2	62+984.00	63+184.00	0.568
Zona Agrícola	Clase 2	63+184.00	64+302.00	0.474
Zona Agrícola - Camino-Canal	Clase 2	64+302.00	64+442.00	0.568
Zona Agrícola - 2 Caminos	Clase 2	64+442.00	65+115.00	0.474
Zona Agrícola - Camino-Dren Subramal 2	Clase 2	65+115.00	65+190.00	0.568
Acueducto - Carretera Federal - Zona Inundable	Clase 2	65+190.00	65+300.00	0.568
	Clase 2	65+300.00	65+432.00	0.474
Camino - Dren ramal Prolongación Mochis - Zona Inundable - Aeródromo	Clase 2	65+432.00	65+692.00	0.568
Escurrimiento - Aeródromo-Arena	Clase 2	65+692.00	66+198.54	0.474
Camino-Escurrimiento - Zona Inundable Arena	Clase 1	66+198.54	69+971.00	0.474
Carretera Estatal - Acueducto - Línea de Trasmisión - Zona Inundable - Arena	Clase 1	69+971.00	70+171.00	0.568
Camino - 3 Canales - Zona Inundable - Arena	Clase 1	70+171.00	72+747.00	0.474
Carretera Estatal - Industria Dispersa - Zona inundable - Arena	Clase 3	72+747.00	72+867.00	0.568
Industria Dispersa - Zona inundable - Arena	Clase 3	72+867.00	72+929.00	0.568
Carretera Estatal - Acueducto Industria Dispersa - Zona inundable -Arena	Clase 3	72+929.00	73+049.00	0.568
Industria Dispersa - Zona inundable - Arena	Clase 3	73+049.00	73+196.08	0.568
MLV-010203 y Trampa de Diablos - Zona Inundable - Industria dispersa Arena	Clase 3	73+196.08	73+346.08	0.680
Industria dispersa - Zona inundable -Arena	Clase 3	73+346.08	73+722.00	0.568
Bahía de Topolobampo	Clase 3	73+722.00	74+353.00	0.568
Localidad - Vialidad-Carretera Estatal-Vía Ferrocarril - Bahía de Topolobampo	Clase 5	74+353.00	74+922.00	0.835
Localidad - Vialidad-Carretera Estatal - Vía Ferrocarril - Bahía de Topolobampo	Clase 5	74+922.00	75+172.00	0.835
Localidad - Carretera Estatal - Unida Deportiva - Centro Médico	Clase 5	75+172.00	75+441.81	0.835
Línea sumergida				
Transición Mar-Tierra-Centro Médico	Clase 5	75+441.81	75+700.00	0.835
Mar-Marina Club Topolobampo-Muelle	Clase 5	75+700.00	76+400.00	0.835
Zona marina	Clase 1	76+400.00	81+044.89	0.500

Nota: En el Anexo Técnico ANX-TEC-02 Planos Civiles se presentan los planos del trazo del gasoducto (Planos de alineamiento y perfil del terreno).
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del documento GN0621-CI-201-LI-001. Clases de localización

En la Tabla V.7 y V.8, se presentan datos preliminares del diseño del sistema de protección catódica, tanto para los rectificadores como de las camas anódicas, respectivamente.

Tabla V.7 Diseño del sistema de protección catódica: Rectificadores

Nombre del rectificador	Ubicación (km)	Inicio del área de influencia (km)	Fin del área de influencia (km)	Tipo
MLV-010101	26+132.20	0+000	50+000	Rectificador de corriente impresa Manual- Automático con sistema de sincronización Remota con cama anódica profunda de 6 a 8 ánodos MMO, conforme diseño
MLV-010203	73+196.19	50+000	73+196.19	Rectificador de corriente impresa Manual- Automático con sistema de sincronización Remota con cama anódica profunda de 6 a 8 ánodos MMO, conforme diseño.
Parte Marina	73+260	73+500	81+044.89	Anodo galvánico tipo brazaletes de aluminio indio de alto rendimiento. (aprox. 105 ánodos brazaletes 1 cada 60 metros), conforme diseño.

Fuente: En el Documento GN0621-EL-201-BD-002. Bases de diseño del sistema de protección catódica.

Tabla V.8 Diseño del sistema de protección catódica: Camas anódicas

Nombre de cama anódica	Ubicación (kilómetro)	Tipo	Tipo de ánodo
Rectificador 1 (MLV-010101)			
Cama anódica profunda de 6 a 8 ánodos MMO	26+132.20	Capa anódica profunda	MMO tubulares con relleno (Backfill)
Rectificador 2 (MLV-010203)			
Cama anódica profunda de 6 a 8 ánodos MMO	73+196.19	Capa anódica profunda	MMO tubulares con relleno (Backfill)
Rectificador 3 (Parte Marina)			
-	73+260	Capa anódica profunda	Anodo galvánico tipo brazaletes de aluminio indio de alto rendimiento. (aprox. 105 ánodos brazaletes 1 cada 60 metros)

Nota: El sistema de protección catódica será constituido por camas anódicas profundas conformadas por ánodos de MMO, con su respectivo rectificador de protección catódica ubicadas en las zonas donde arroje el estudio y se tenga disponibilidad de la energía para los equipos. (GN0621-EL-201-BD-002)

Fuente: En el Documento GN0621-EL-201-BD-002. Bases de diseño del sistema de protección catódica.

Los postes de medición tubo/suelo, serán instalados conforme lo establecido en la Tabla V.9.

Tabla V.9 Postes de medición tubo/suelo

Nombre de poste	Ubicación (km)	Tipo
Ducto terrestre		
Poste PC 1	0+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 2	1+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 3	2+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 4	3+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 5	4+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 6	5+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 7	6+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 8	7+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 9	8+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 10	9+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 11	10+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 12	11+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 13	12+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 14	13+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 15	14+000	Postes de monitoreo tipo R

Nombre de poste	Ubicación (km)	Tipo
Poste PC 16	15+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 17	16+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 18	17+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 19	18+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 20	19+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 21	20+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 22	21+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 23	22+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 24	23+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 25	24+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 26	25+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 27	26+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 28	27+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 29	28+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 30	29+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 31	30+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 32	31+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 33	32+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 34	33+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 35	34+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 36	35+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 37	36+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 38	37+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 39	38+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 40	39+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 41	40+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 42	41+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 43	42+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 44	43+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 45	44+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 46	45+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 47	46+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 48	47+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 49	48+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 50	49+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 51	50+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 52	51+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 53	52+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 54	53+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 55	54+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 56	55+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 57	56+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 58	57+000	Postes de monitoreo tipo R

Nombre de poste	Ubicación (km)	Tipo
Poste PC 59	58+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 60	59+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 61	60+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 62	61+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 63	62+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 64	63+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 65	64+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 66	65+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 67	66+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 68	67+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 69	68+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 70	69+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 71	70+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 72	71+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 73	72+000	Postes de monitoreo tipo R
Poste PC 74	73+000	Postes de monitoreo tipo R
Línea sumergida		
Poste PC	73+550	Postes de monitoreo tipo R
Toma para ROV 1	74+000	-
Poste PC	75+000	Postes de monitoreo tipo R
Toma para ROV 2	75+428	-
Toma para ROV 3	76+000	-
Toma para ROV 4	77+000	-
Toma para ROV 5	78+000	-
Toma para ROV 6	79+000	-
Toma para ROV 7	80+000	-
Toma para ROV 8	81+000	-
Toma potencial en Estación Topolobampo	81+044.89	-

Nota. La ubicación de los postes de monitoreo será ajustada conforme a la actualización de la ruta.

Fuente: En el documento ANX-TEC-11 GN0621-EL-201-BD-002. Bases de diseño de protección catódica.

En el Ducto terrestre se presentarán los siguientes cruzamientos:

Tabla V.10 Cruzamientos

Nº	Tipo de cruzamiento	kilómetro ⁸	Coordenadas		Nombre del plano
			UTM (X)	UTM (Y)	
1	Carretera Estatal	3+422	Coordenadas del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP		GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8
2	Camino - Brecha	5+477			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8
3	Camino - Brecha	6+759			GN0621-CI-201- PL-002 Plano 1 de 8
4	Corriente de agua	7+438			GN0621-CI-201- PL-002 Plano 1 de 8
5	Corriente de agua	7+773			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8
6	Carretera municipal	8+165			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8
7	Corriente de agua	8+901			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8

⁸ Eventualmente, la referencia definitiva del cruce podría diferir en términos no significativos.

N°	Tipo de cruceamiento	kilómetro ⁸	Coordenadas		Nombre del plano
			UTM (X)	UTM (Y)	
8	Corriente de agua	9+471			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8
9	Carretera municipal	9+606			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8
10	Corriente de agua	9+804			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 1 de 8
11	Corriente de agua	10+838			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
12	Corriente de agua	11+996			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
13	Corriente de agua	12+926			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
14	Línea de distribución	13+049			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
15	Corriente de agua	13+322			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
16	Acueducto	13+377			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
17	Carretera municipal	13+734			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
18	Corriente de agua	13+763			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
19	Camino - Brecha	13+895			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
20	Corriente de agua	14+358			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
21	Corriente de agua	14+630			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
22	Pista de aviación	15+049			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
23	Corriente de agua	15+223			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
24	Corriente de agua	15+237			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
25	Corriente de agua	16+126			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
26	Corriente de agua	16+646			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
27	Camino - Vereda	17+482			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
28	Corriente de agua	17+859			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
29	Camino - Brecha	18+037			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
30	Camino - Brecha	18+786			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 2 de 8
31	Camino - Vereda	20+024			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
32	Camino - Vereda	21+567			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
33	Canal - Dren	22+639			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
34	Camino - Brecha	22+658			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
35	Corriente de agua	22+915			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
36	Corriente de agua	23+105			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
37	Camino - Brecha	24+145			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
38	Camino - Vereda	26+315			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
39	Canal - Dren	26+328			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
40	Camino - Brecha	27+387			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
41	Canal - Dren	27+408			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
42	Camino	27+425			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
43	Carretera Estatal	28+660			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
44	Canal - Dren	29+082			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
45	Carretera Estatal	29+108			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
46	Canal - Dren	29+784			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
47	Línea de transmisión	29+816			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 3 de 8
48	Camino - Brecha	31+198			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8

Coordenadas del Proyecto.
Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Nº	Tipo de cruceamiento	kilómetro ⁸	Coordenadas		Nombre del plano
			UTM (X)	UTM (Y)	
49	Corriente de agua-Río Fuerte	31+512.			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
50	Canal - Dren	32+000			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
51	Carretera Estatal	33+388			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
52	Canal- Dren. Lateral SICAE	33+404			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
53	Camino	33+418			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
54	Línea de transmisión	35+346			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
55	Canal - Dren	35+936			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
56	Canal - Dren	36+707			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
57	Carretera Federal	36+753			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
58	Camino - Brecha	39+074			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
59	Canal - Dren	39+089			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
60	Canal - Dren	39+608			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 4 de 8
61	Canal - Dren 10	40+024			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
62	Canal-Dren Camacho	40+424			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
63	Carretera Estatal	42+370			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
64	Canal - Dren Sublateral Sevelbampo	42+387			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
65	Camino - Brecha	42+401			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
66	Canal - Dren	43+055			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
67	Canal - Dren	43+319			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
68	Línea de transmisión	43+438			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
69	Canal - Dren	43+605			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
70	Canal - Dren	44+226			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
71	Canal - Dren	44+495			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
72	Canal - Dren Ramal C-6	45+070			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
73	Canal - Dren	46+475			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
74	Carretera Estatal	46+516			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
75	Canal - Dren Ramal 0	46+555			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
76	Canal - Dren	46+963			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
77	Canal - Dren	47+541			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
78	Canal - Dren	47+827			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
79	Línea de transmisión	48+549			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
80	Camino	48+597			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
81	Canal - Dren	48+616			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
82	Canal - Dren	49+728			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 5 de 8
83	Canal - Dren	50+150			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
84	Canal - Dren	50+191			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
85	Canal - Dren	50+908			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
86	Canal - Dren	52+005			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
87	Canal - Dren Louisiana 4	52+284			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8

Coordenadas del Proyecto.
Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Nº	Tipo de cruzamiento	kilómetro ⁸	Coordenadas		Nombre del plano
			UTM (X)	UTM (Y)	
88	Canal – Dren ramal Calle 31	52+313	<p style="color: red; text-align: center;">Coordenadas del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP</p>		GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
89	Línea de transmisión	52+350			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
90	Línea de transmisión	53+335			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
91	Canal - Dren	53+379			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
92	Camino - Brecha	53+391			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
93	Línea de transmisión	53+421			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
94	Línea de transmisión	53+705			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
95	Camino - Brecha	53+725			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
96	Canal - Dren	53+741			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
97	Camino - Brecha	54+826			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
98	Camino - Brecha	55+170			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
99	Canal - Dren	55+188			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
100	Camino - Brecha	55+201			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
101	Canal - Dren	56+199			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
102	Carretera Estatal	57+600			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
103	Canal – Dren Ramal Taxtes	57+617			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
104	Camino - Brecha	57+629			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
105	Canal – Dren Ramal 5	58+579			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
106	Camino – Brecha	59+052			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
107	Canal – Dren Principal Colector Juárez	59+070			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
108	Camino - Brecha	59+085			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
109	Canal - Dren	59+102			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
110	Camino - Brecha	59+110			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 6 de 8
111	Línea de transmisión	60+272			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
112	Camino - Brecha	60+288			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
113	Canal - Dren	60+299	GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8		
114	Camino - Brecha	60+306	GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8		
115	Camino - Brecha	61+508	GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8		
116	Canal – Dren Subramamal 20+000 Izquierda	61+518	<p style="color: red; text-align: center;">Coordenadas del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP</p>		GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
117	Canal – Dren Prolongación Mochis	61+551			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
118	Camino – Brecha	61+564			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
119	Canal – Dren	62+105			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
120	Camino – Brecha	63+077			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
121	Canal – Dren Prolongación Cañero	63+090			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
122	Camino - Brecha	63+105			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
123	Camino - Brecha	64+363			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
124	Canal - Dren	64+372			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
125	Camino - Brecha	64+383			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8

Nº	Tipo de cruceamiento	kilómetro ⁸	Coordenadas		Nombre del plano
			UTM (X)	UTM (Y)	
126	Camino - Brecha	64+629			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
127	Camino - Brecha	64+634			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
128	Camino - Brecha	65+156			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
129	Canal - Dren Sub ramal 2	65+165			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
130	Acueducto	65+235			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
131	Carretera Federal	65+245			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
132	Camino - Brecha	65+518			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
133	Canal - Dren Principal Prolongación Mochis	65+542			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
134	Corriente de agua Arroyo	65+966			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
135	Camino - Brecha	68+333			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
136	Corriente de agua Arroyo	69+513			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 7 de 8
137	Ducto	70+225			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
138	Carretera Estatal	70+074			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
139	Acueducto	70+083			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
140	Línea de transmisión	70+149			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
141	Canal - Dren	70+995			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
142	Canal - Dren	71+090			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
143	Canal - Dren	71+842			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
144	Camino - Brecha	72+696			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
145	Ducto	72+736			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
146	Carretera Estatal	72+807			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
147	Carretera Estatal	72+989			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
148	Acueducto	72+996			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
149	Línea de transmisión	73+079			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
150	Vialidad	74+967			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
151	Vías de ferrocarril	75+077			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
152	Vías de ferrocarril	75+399			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8
153	Vialidad	75+413			GN0621-CI-201-PL-002 Plano 8 de 8

Coordenadas del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

En el Anexo Técnico ANX-TEC-02 Planos Civiles se presentan los planos del trazo del gasoducto (Plano de alineamiento y perfil de terreno)
Fuente: Elaboración propia, a partir del documento GN0621-CI-201-LI-002. Listado de cruces.

Los señalamientos que tendrá el gasoducto serán localizados aproximadamente en el kilometraje indicado en la Tabla V.11.

Tabla V.11 Postes de señalización

Tipo de señalamiento	Ubicación (km)
Restrictivo	0
Restrictivo	0+400
Restrictivo	0+800
Restrictivo	1+200
Restrictivo	1+600
Restrictivo	2+000

Tipo de señalamiento	Ubicación (km)
Restringido	2+400
Restringido	2+800
Restringido	3+200
Restringido	3+600
Restringido	4+000
Restringido	4+400
Restringido	4+800
Restringido	5+200
Restringido	5+600
Restringido	6+000
Restringido	6+400
Restringido	6+800
Restringido	7+200
Restringido	7+600
Restringido	8+000
Restringido	8+400
Restringido	8+800
Restringido	9+200
Restringido	9+600
Restringido	10+000
Restringido	10+400
Restringido	10+800
Restringido	11+200
Restringido	11+600
Restringido	12+000
Restringido	12+400
Restringido	12+800
Restringido	13+200
Restringido	13+600
Restringido	14+000
Restringido	14+400
Restringido	14+800
Restringido	15+200
Restringido	15+600
Restringido	16+000
Restringido	16+400
Restringido	16+800
Restringido	17+200
Restringido	17+600
Restringido	18+000
Restringido	18+400
Restringido	18+800
Restringido	19+200

Tipo de señalamiento	Ubicación (km)
Restringido	19+600
Restringido	20+000
Restringido	20+400
Restringido	20+800
Restringido	21+200
Restringido	21+600
Restringido	22+000
Restringido	22+400
Restringido	22+800
Restringido	23+200
Restringido	23+600
Restringido	24+000
Restringido	24+400
Restringido	24+800
Restringido	25+200
Restringido	25+600
Restringido	26+000
Restringido	26+400
Restringido	26+800
Restringido	27+200
Restringido	27+600
Restringido	28+000
Restringido	28+400
Restringido	28+800
Restringido	29+200
Restringido	29+600
Restringido	30+000
Restringido	30+400
Restringido	30+800
Restringido	31+200
Restringido	31+600
Restringido	32+000
Restringido	32+400
Restringido	32+800
Restringido	33+200
Restringido	33+600
Restringido	34+000
Restringido	34+400
Restringido	34+800
Restringido	35+200
Restringido	35+600
Restringido	36+000
Restringido	36+400

Tipo de señalamiento	Ubicación (km)
Restrictivo	36+800
Restrictivo	37+200
Restrictivo	37+600
Restrictivo	38+000
Restrictivo	38+400
Restrictivo	38+800
Restrictivo	39+200
Restrictivo	39+600
Restrictivo	40+000
Restrictivo	40+400
Restrictivo	40+800
Restrictivo	41+200
Restrictivo	41+600
Restrictivo	42+000
Restrictivo	42+400
Restrictivo	42+800
Restrictivo	43+200
Restrictivo	43+600
Restrictivo	44+000
Restrictivo	44+400
Restrictivo	44+800
Restrictivo	45+200
Restrictivo	45+600
Restrictivo	46+000
Restrictivo	46+400
Restrictivo	46+800
Restrictivo	47+200
Restrictivo	47+600
Restrictivo	48+000
Restrictivo	48+400
Restrictivo	48+800
Restrictivo	49+200
Restrictivo	49+600
Restrictivo	50+000
Restrictivo	50+400
Restrictivo	50+800
Restrictivo	51+200
Restrictivo	51+600
Restrictivo	52+000
Restrictivo	52+400
Restrictivo	52+800
Restrictivo	53+200
Restrictivo	53+600

Tipo de señalamiento	Ubicación (km)
Restrictivo	54+000
Restrictivo	54+400
Restrictivo	54+800
Restrictivo	55+200
Restrictivo	55+600
Restrictivo	56+000
Restrictivo	56+400
Restrictivo	56+800
Restrictivo	57+200
Restrictivo	57+600
Restrictivo	58+000
Restrictivo	58+400
Restrictivo	58+800
Restrictivo	59+200
Restrictivo	59+600
Restrictivo	60+000
Restrictivo	60+400
Restrictivo	60+800
Restrictivo	61+200
Restrictivo	61+400
Restrictivo	62+000
Restrictivo	62+400
Restrictivo	62+800
Restrictivo	63+200
Restrictivo	63+600
Restrictivo	64+000
Restrictivo	64+400
Restrictivo	64+800
Restrictivo	65+200
Restrictivo	65+600
Restrictivo	66+000
Restrictivo	66+400
Restrictivo	66+800
Restrictivo	67+200
Restrictivo	67+600
Restrictivo	68+000
Restrictivo	68+400
Restrictivo	68+800
Restrictivo	69+200
Restrictivo	69+600
Restrictivo	70+000
Restrictivo	70+400
Restrictivo	70+800

Tipo de señalamiento	Ubicación (km)
Restringido	71+200
Restringido	71+600
Restringido	72+000
Restringido	72+400
Restringido	72+800
Restringido	73+200
Restringido	73+600
Restringido	74+000
Restringido	74+400
Restringido	74+800
Restringido	75+200
Restringido	75+400

En el Anexo Técnico ANX-TEC-02 Planos Civiles se presentan los planos del trazo del gasoducto (Plano de alineamiento y perfil de terreno).
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla V.12, se presenta la profundidad de cobertura mínima y el tipo de sistema de protección del recubrimiento anticorrosivo que se usará en cada uno de los cruzamientos.

Tabla V.12 Profundidad, sistema de protección (recubrimiento anticorrosivo)

Nº	Tipo de cruzamiento	kilómetro	Profundidad de cobertura mínima (m)	Sistema de protección	Inicio del cruce (km)	Fin del cruce (km)
1	Carretera Estatal	3+422.16	2.50	ARO	3+342.00	3+502.00
2	Camino - Brecha	5+477.13	1.20	FBE	5+467.13	5+487.13
3	Camino - Brecha	6+759.40	1.80	FBE	6+749.40	6+769.40
4	Corriente de agua	7+438.26	2.50	FBE	7+408.26	7+468.26
5	Corriente de agua	7+773.50	2.50	FBE	7+743.50	7+803.50
6	Carretera municipal	8+165.31	2.50	FBE	8+145.31	8+185.31
7	Corriente de agua	8+901.45	2.50	FBE	8+871.45	8+931.45
8	Corriente de agua	9+471.04	2.50	FBE	9+441.04	9+501.04
9	Carretera municipal	9+606.97	2.50	FBE	9+586.97	9+626.97
10	Corriente de agua	9+804.86	2.50	FBE	9+774.86	9+834.86
11	Corriente de agua	10+838.80	2.50	FBE	10+808.80	10+868.80
12	Corriente de agua	11+996.83	2.50	FBE	11+966.83	12+026.83
13	Corriente de agua	12+956.10	2.50	FBE	12+926.10	12+986.10
14	Línea de distribución	13+049.11	1.00	FBE	13+039.11	13+059.11
15	Corriente de agua	13+322.62	2.50	FBE	13+292.62	13+352.62
16	Acueducto	13+377.96	1.00	FBE	13+367.96	13+387.96
17	Carretera municipal	13+734.58	2.50	FBE	13+714.58	13+754.58
18	Corriente de agua	13+763.96	2.50	FBE	13+754.58	13+793.96
19	Camino - Brecha	13+895.57	1.20	FBE	13+885.57	13+905.57
20	Corriente de agua	14+358.76	2.50	FBE	14+328.76	14+388.76
21	Corriente de agua	14+630.04	2.50	FBE	14+600.04	14+660.04
22	Pista de aviación	15+049.75	2.50	FBE	14+999.75	15+099.75
23	Corriente de agua	15+233.38	2.50	FBE	15+203.38	15+263.38

Nº	Tipo de cruzamiento	kilómetro	Profundidad de cobertura mínima (m)	Sistema de protección	Inicio del cruce (km)	Fin del cruce (km)
24	Corriente de agua	15+237.58	2.50	FBE	15+263.38	15+267.58
25	Corriente de agua	16+126.38	2.50	FBE	16+096.38	16+156.38
26	Corriente de agua	16+646.85	2.50	FBE	16+616.85	16+676.85
27	Camino - Vereda	17+482.47	1.20	FBE	17+472.47	17+492.47
28	Corriente de agua	17+859.79	2.50	FBE	17+829.79	17+889.79
29	Camino - Brecha	18+037.74	1.20	FBE	18+027.74	18+047.74
30	Camino - Brecha	18+786.55	1.20	FBE	18+776.55	18+796.55
31	Camino - Vereda	20+024.86	1.20	FBE	20+014.86	20+034.86
32	Camino - Vereda	21+567.67	1.20	FBE	21+557.67	21+577.67
33	Canal -Dren	22+639.94	2.00	FBE	22+590.00	22+690.00
34	Camino - Brecha	22+658.55	2.00	FBE	22+590.00	22+690.00
35	Corriente de agua	22+915.36	2.50	FBE	22+885.36	22+945.36
36	Corriente de agua	23+105.13	2.50	FBE	23+075.13	23+135.13
37	Camino - Brecha	24+145.13	1.20	FBE	24+135.13	24+155.13
38	Camino - Vereda	26+315.83	2.00	FBE	26+278.00	26+378.00
39	Canal -Dren	26+328.36	2.00	FBE	26+278.00	26+378.00
40	Camino - Brecha	27+387.89	2.00	ARO	27+234.00	27+584.00
41	Canal -Dren	27+408.51	2.00	ARO	27+234.00	27+584.00
42	Camino	27+425.36	2.00	ARO	27+234.00	27+584.00
43	Carretera Estatal	28+660.17	2.50	ARO	28+610.00	28+710.00
44	Canal -Dren	29+082.20	2.00	ARO	28+912.00	29+262.00
45	Carretera Estatal	29+108.02	2.50	ARO	28+912.00	29+262.00
46	Canal -Dren	29+784.26	2.00	ARO	29+734.00	29+844.00
47	Línea de transmisión	29+816.44	1.00	ARO	29+734.00	29+844.00
48	Camino - Brecha	31+198.63	1.20	ARO	31+112.00	31+912.00
49	Corriente de agua	31+512.69	3.50	ARO	31+112.00	31+912.00
50	Canal -Dren	32+000.54	2.00	FBE	31+970.54	32+030.54
51	Carretera Estatal	33+388.29	2.50	ARO	33+228.00	33+578.00
52	Canal -Dren	33+404.04	2.00	ARO	33+228.00	33+578.00
53	Camino	33+418.16	2.00	ARO	33+228.00	33+578.00
54	Línea de transmisión	35+346.75	1.00	FBE	35+316.75	35+376.75
55	Canal -Dren	35+936.13	2.00	ARO	35+875.00	35+995.00
56	Canal -Dren	36+707.63	2.00	ARO	36+657.00	36+802.00
57	Carretera Federal	36+753.99	2.50	ARO	36+657.00	36+802.00
58	Camino - Brecha	39+074.24	1.80	FBE	39+011.00	39+161.00
59	Canal -Dren	39+089.64	2.00	FBE	39+011.00	39+161.00
60	Canal -Dren	39+608.84	2.00	FBE	39+533.00	39+683.00
61	Canal -Dren	40+024.37	2.00	FBE	39+966.00	40+086.00
62	Canal -Dren	40+424.00	2.00	FBE	40+364.00	40+484.00
63	Carretera Estatal	42+370.56	2.50	ARO	42+287.00	42+487.00
64	Canal -Dren	42+387.12	2.00	ARO	42+287.00	42+487.00

Nº	Tipo de cruzamiento	kilómetro	Profundidad de cobertura mínima (m)	Sistema de protección	Inicio del cruce (km)	Fin del cruce (km)
65	Camino - Brecha	42+401.03	1.20	ARO	42+287.00	42+487.00
66	Canal -Dren	43+055.94	2.00	FBE	43+025.94	43+085.94
67	Canal -Dren	43+319.23	2.00	FBE	43+289.23	43+349.23
68	Línea de transmisión	43+438.07	1.00	FBE	43+408.07	43+468.07
69	Canal -Dren	43+605.66	2.00	FBE	43+575.66	43+635.66
70	Canal -Dren	44+226.31	2.00	FBE	44+196.31	44+256.31
71	Canal -Dren	44+495.76	2.00	FBE	44+465.76	44+525.76
72	Canal -Dren	45+070.32	2.00	ARO	44+952.00	45+192.00
73	Canal -Dren	46+475.19	2.00	ARO	46+417.00	46+597.00
74	Carretera Estatal	46+516.97	2.50	ARO	46+417.00	46+597.00
75	Canal -Dren	46+555.85	2.00	ARO	46+417.00	46+597.00
76	Canal -Dren	46+963.23	2.00	FBE	46+933.23	46+993.23
77	Canal -Dren	47+541.17	2.00	FBE	47+511.17	47+571.17
78	Canal -Dren	47+827.35	2.00	FBE	47+797.35	47+857.35
79	Línea de transmisión	48+549.54	1.00	FBE	48+529.00	48+669.00
80	Camino	48+597.97	1.80	FBE	48+529.00	48+669.00
81	Canal -Dren	48+616.05	2.00	FBE	48+529.00	48+669.00
82	Canal -Dren	49+728.99	2.00	FBE	49+698.99	49+758.99
83	Canal -Dren	50+150.71	2.00	FBE	50+016.00	50+316.00
84	Canal -Dren	50+191.58	2.00	FBE	50+016.00	50+316.00
85	Canal -Dren	50+908.10	2.00	FBE	50+878.10	50+938.10
86	Canal -Dren	52+005.66	2.00	FBE	51+975.66	52+035.66
87	Canal -Dren	52+284.03	2.00	ARO	52+183.00	52+423.00
88	Canal -Dren	52+313.81	2.00	ARO	52+183.00	52+423.00
89	Línea de transmisión	52+350.37	1.00	ARO	52+183.00	52+423.00
90	Línea de transmisión	53+335.92	1.00	FBE	53+259.00	53+499.00
91	Canal -Dren	53+379.36	2.00	FBE	53+259.00	53+499.00
92	Camino - Brecha	53+391.02	1.80	FBE	53+259.00	53+499.00
93	Línea de transmisión	53+421.21	1.00	FBE	53+259.00	53+499.00
94	Línea de transmisión	53+705.37	1.00	ARO	53+629.00	53+829.00
95	Camino - Brecha	53+725.63	1.80	ARO	53+629.00	53+829.00
96	Canal -Dren	53+741.92	2.00	ARO	53+629.00	53+829.00
97	Camino - Brecha	54+826.55	1.80	FBE	54+816.55	54+836.55
98	Camino - Brecha	55+170.68	1.80	ARO	55+076.00	55+276.00
99	Canal -Dren	55+188.89	2.00	ARO	55+076.00	55+276.00
100	Camino - Brecha	55+201.37	1.80	ARO	55+076.00	55+276.00
101	Canal -Dren	56+199.18	2.00	FBE	56+120.00	56+300.00
102	Carretera Estatal	57+600.74	2.50	ARO	57+535.00	57+695.00
103	Canal -Dren	57+617.04	2.00	ARO	57+535.00	57+695.00
104	Camino - Brecha	57+629.94	1.80	ARO	57+535.00	57+695.00
105	Canal -Dren	58+579.79	2.00	FBE	58+549.79	58+609.79

Nº	Tipo de cruzamiento	kilómetro	Profundidad de cobertura mínima (m)	Sistema de protección	Inicio del cruce (km)	Fin del cruce (km)
106	Camino - Brecha	59+052.18	1.80	ARO	58+991.00	59+161.00
107	Canal -Dren	59+070.02	2.00	ARO	58+991.00	59+161.00
108	Camino - Brecha	59+085.77	1.80	ARO	58+991.00	59+161.00
109	Canal -Dren	59+102.05	2.00	ARO	58+991.00	59+161.00
110	Camino - Brecha	59+110.97	1.80	ARO	58+991.00	59+161.00
111	Línea de transmisión	60+272.21	1.00	FBE	60+209.00	60+369.00
112	Camino - Brecha	60+288.16	1.80	FBE	60+209.00	60+369.00
113	Canal -Dren	60+299.91	2.00	FBE	60+209.00	60+369.00
114	Camino - Brecha	60+306.64	1.80	FBE	60+209.00	60+369.00
115	Camino - Brecha	61+508.06	1.80	ARO	61+416.00	61+656.00
116	Canal -Dren	61+518.75	2.00	ARO	61+416.00	61+656.00
117	Canal -Dren	61+551.77	2.00	ARO	61+416.00	61+656.00
118	Camino - Brecha	61+564.59	1.80	ARO	61+416.00	61+656.00
119	Canal -Dren	62+105.53	2.00	FBE	62+039.00	62+179.00
120	Camino - Brecha	63+077.34	1.80	FBE	62+984.00	63+184.00
121	Canal -Dren	63+090.65	2.00	FBE	62+984.00	63+184.00
122	Camino - Brecha	63+105.73	1.80	FBE	62+984.00	63+184.00
123	Camino - Brecha	64+363.67	1.80	FBE	64+302.00	64+442.00
124	Canal -Dren	64+372.39	2.00	FBE	64+302.00	64+442.00
125	Camino - Brecha	64+383.56	1.80	FBE	64+302.00	64+442.00
126	Camino - Brecha	64+629.57	1.80	FBE	64+619.57	64+639.57
127	Camino - Brecha	64+634.74	1.80	FBE	64+639.57	64+644.74
128	Camino - Brecha	65+156.41	1.80	FBE	65+115.00	65+190.00
129	Canal -Dren	65+165.47	2.00	FBE	65+115.00	65+190.00
130	Acueducto	65+235.91	1.00	ARO	65+190.00	65+300.00
131	Carretera Federal	65+245.71	2.50	ARO	65+190.00	65+300.00
132	Camino - Brecha	65+518.22	1.20	FBE	65+432.00	65+692.00
133	Canal -Dren	65+542.40	2.00	FBE	65+432.00	65+692.00
134	Corriente de agua	65+966.81	3.50	FBE	65+936.81	65+996.81
135	Camino - Brecha	68+333.18	2.00	FBE	68+323.18	68+343.18
136	Corriente de agua	69+513.40	2.50	FBE	69+483.40	69+543.40
137	Ducto	70+225.20	2.00	ARO	69+971.00	70+255.20
138	Carretera Estatal	70+074.54	2.50	ARO	69+971.00	70+255.20
139	Acueducto	70+083.51	1.00	ARO	69+971.00	70+255.20
140	Línea de transmisión	70+149.11	1.00	ARO	69+971.00	70+255.20
141	Canal -Dren	70+995.77	2.00	FBE	70+965.77	71+025.77
142	Canal -Dren	71+090.42	2.00	FBE	71+060.42	71+120.42
143	Canal -Dren	71+842.66	2.00	FBE	71+812.66	71+872.66
144	Camino - Brecha	72+696.94	1.20	FBE	72+686.94	72+706.94
145	Ducto	72+736.04	2.00	FBE	72+706.94	72+747.00
146	Carretera Estatal	72+807.55	2.50	ARO	72+747.00	72+867.00

Nº	Tipo de cruzamiento	kilómetro	Profundidad de cobertura mínima (m)	Sistema de protección	Inicio del cruce (km)	Fin del cruce (km)
147	Carretera Estatal	72+989.12	2.50	ARO	72+929.00	73+049.00
148	Acueducto	72+996.96	1.00	ARO	72+929.00	73+049.00
149	Línea de transmisión	73+079.44	1.00	FBE	73+049.44	73+109.44
150	Vialidad	74+967.69	2.00	ARO	74+922.00	75+172.00
151	Vías de ferrocarril	75+077.55	2.50	ARO	74+922.00	75+172.00
152	Vías de ferrocarril	75+399.10	2.50	FBE	75+369.10	75+429.10
153	Vialidad	75+413.80	2.50	FBE	75+429.10	75+428.86

Fuente: Elaboración propia, a partir del documento GN0621-CI-201-LI-002. Listado de cruces.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-02 se presenta los planos civiles de las instalaciones superficiales (cruzamientos y trazos) ver Tabla V.13.

Tabla V.13 Información Técnica

Nº Anexo Técnico	Clave Anexo Técnico	Contenido
2	ANX-TEC-02	<p>Planos civiles.</p> <p>2.1 Planos típicos Cruzamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano típico de cruce direccional con arroyos o cuerpos de agua (GN0621-CI-201-PL-004_0 1 de 12). ⊕ Plano típico de cruce con camino de terracería (GN0621-CI-201-PL-004_0, 2 de 12). ⊕ Cruce con canal de riego (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 3 de 12). ⊕ Cruce con camino pavimentado (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 4 de 12). ⊕ Cruce con ducto existente (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 5 de 12). ⊕ Cruce con ductos existentes (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 6 de 12). ⊕ Cruce con perforación direccional (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 7 de 12). ⊕ Cruce con línea eléctrica (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 8 de 12). ⊕ Cruce con cruce con barranca (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 9 de 12). ⊕ Cruce con arroyos intermitentes (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 10 de 12). ⊕ Cruce con zona inundable (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 11 de 12). ⊕ Cruce con ferrocarril (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 12 de 12). <p>2.2 Planos de trazo del ducto, cota terreno natural, distancias acumuladas, clase de localización, características del ducto, espesor, postes, recubrimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 0 a 10 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 1 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 10 a 20 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 2 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 20 a 30 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 3 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 30 a 40 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 4 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 40 a 50 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 5 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 50 a 60 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 6 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 60 a 70 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 7 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 70 a 80 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 8 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno gasoducto línea sumergida (GN0621-CI-202-PL-001_3). ⊕ Plano de Estación Topolobampo (GN0621-CI-204-PL-001_0).

Fuente: Elaboración propia.

V.2 Descripción del proceso

V.2.1 Sustancias manejadas en el Proyecto

Un punto importante del Estudio de Riesgo es identificar y cuantificar los materiales peligrosos que intervienen en el transporte continuo de gas natural. A continuación, en la Tabla V.14 se presenta las características del gas natural.

Tabla V.14 Resumen de sustancias peligrosas manejadas en el Proyecto

Nombre químico de la sustancia IUPAC	No. CAS	Riesgo químico					Flujo de operación	Concentración (%)	Capacidad			Tipo de almacenamiento	Cantidad de reporte (kg)
		C	R	E	T	I			Diseño (MMPCD)	Tanques (m ³)	Máximo de almacenamiento (m ³ /día)		
Gas Natural	8006-14-2			X		X	Operación 650 MMPCD (213 m ³ /seg) Diseño 700 MMPCD (229.42 m ³ /s)	97 metano	700 MMPCD (229.42 m ³ /seg)	NA	NA	NA	500

Notas: * Considerando una densidad del gas natural de 0.62 kg/m³ a condiciones normales 15 °C y 1 atm.
La tubería empacada de gas natural es de 23,854.14 kg.

Las condiciones de operación fueron tomadas del documento PR-200-BD-001 -Bases de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar las actividades consideradas como riesgosas se realizó con base en la LGEEPA, Capítulo V, del Título IV, Artículo 147. Asimismo, se consideró lo establecido en el Primer y Segundo Listados de la Secretaría de Gobernación, en los que se determinan las cantidades de reporte para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas. De acuerdo con los datos de la Tabla V.14, el centro de trabajo rebasará la cantidad de reporte de gas natural de 500 kilogramos.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-05 se presenta la hoja de datos de seguridad del gas natural. El formato de la hoja de seguridad se presenta de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-01 se presenta el diagrama de flujo de proceso de la Estación de Compresión El Fuerte (GN0621-PR-203-DFP-001) y (GN0621-PR-203-DFP-002); así como el diagrama de flujo de proceso y tabla de balance Gasoducto Corredor Norte y Estación Topolobampo (GN0621-PR-200-DFP-001).

V.2.2 Características de equipos de proceso principal y auxiliares

En la Tabla V.15 se muestran las características de los equipos principales y en la Tabla V.16 se muestran los equipos auxiliares que se instalarán y operarán en cada estación que conforman el Proyecto.

Tabla V.15 Características de equipos principales del Proyecto

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Min	Máx/Nor/Min	Máx/Nor/Min		
Filtro separador	FS-030101	N.D	550 MMPCD	N.D	SA-516 Gr.70 (cuerpo y tapas)	25	Gas natural	1,889 psig (4 horas)	Operación 510 / - / 210 - Diseño 550 / - / -	Operación 1,440 / - / 620 Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / - / 10- Diseño 50 / - / -	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alte y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador	FS-030102	N.D	550 MMPCD	N.D	SA-516 Gr.70 (cuerpo y tapas)	25	Gas natural	1,889 psig (4 horas)	Operación 510 / - / 210 - Diseño 550 / - / -	Operación 1,440 / - / 620 Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / - / 10- Diseño 50 / - / -	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alte y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte
Turbocompresor de gas	TC-030301	N.D	325 MMPCD	N.D	Acero al carbono	25	Gas natural	N.D	Operación 650 / - / 325 Diseño 650 / - / -	Operación Succión 469 / - / 463 Descarga 1436 / - / - Diseño 1436 / - / -	Operación 121.5 / - / 21 Diseño / - / -	- Sistema antisurge. - Alarma por alta y baja presión. - Alarma por alta temperatura. - Sistema de paro de emergencia (ESD). - Sistema de detección de gas y fuego. - Sistema de supresión de fuego.	Estación de Compresión El Fuerte
Turbocompresor de gas	TC-030402	N.D	325 MMPCD	N.D	Acero al carbono	25	Gas natural	N.D	Operación 650 / - / 325 Diseño 650 / - / -	Oper. Succión 469 / - / 463 Descarga 1436 / - / - Diseño 1436 / - / -	Operación 121.5 / - / 21 Diseño / - / -	- Sistema antisurge. - Alarma por alta y baja presión. - Alarma por alta temperatura. - Sistema de paro de emergencia (ESD). - Sistema de detección de gas y fuego. - Sistema de supresión de fuego.	Estación de Compresión El Fuerte

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín		
Turbocompresor de gas	TC-030503	N.D	325 MMPCD	N.D	Acero al carbono	25	Gas natural	N.D	Operación 650 / - / - Diseño 1325 / - / - 650 / - / -	Oper. Succión 469 / - / 463 Descarga 1436 / - / - Diseño 1436 / - / -	Operación 121.5 / - / 21 Diseño 1 / - / -	- Sistema antisurge. - Alama por alta y baja presión. - Alama por alta temperatura. - Sistema de paro de emergencia (ESD). - Sistema de detección de gas y fuego. - Sistema de supresión de fuego.	Estación de Compresión El Fuerte
Enfriador de gas	E-030601	N.D	325 MMPCD	N.D	Acero al carbono / ASME Sec. VIII - Div. 1	25	Gas natural	N.D	Operación 325 / - / - Diseño 357.5 / - / -	Operación 1,436 / - Diseño 1436 / - / -	Operación 121.5 / - / 49 Diseño 150 / - / -	- Alama por alta vibración. - Válvula de seguridad (PSV). - Alama por alta y baja presión. - Alama por alta temperatura.	Estación de Compresión El Fuerte
Enfriador de gas	E-030702	N.D	325 MMPCD	N.D	Acero al carbono / ASME Sec. VIII - Div. 1	25	Gas natural	N.D	Operación 325 / - / - Diseño 357.5 / - / -	Operación 1,436 / - Diseño 1436 / - / -	Operación 121.5 / - / 49 Diseño 150 / - / -	- Alama por alta vibración. - Válvula de seguridad (PSV). - Alama por alta y baja presión. - Alama por alta temperatura.	Estación de Compresión El Fuerte
Enfriador de gas	E-030803	N.D	325 MMPCD	N.D	Acero al carbono / ASME Sec. VIII - Div. 1	25	Gas natural	N.D	Operación 325 / - / - Diseño 357.5 / - / -	Operación 1,436 / - Diseño 1436 / - / -	Operación 121.5 / - / 49 Diseño 150 / - / -	- Alama por alta vibración. - Válvula de seguridad (PSV). - Alama por alta y baja presión. - Alama por alta temperatura.	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador	FS-032701	N.D	550 MMPCD	N.D	SA-516 Gr.70 (cuerpo y tapas)	25	Gas natural	1,889 psig (4 horas)	Operación 510 / - / 210 - Diseño 550 / - / -	Operación 1,440 / - / 620 Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / - / 10 - Diseño 50 / - / -	- Sistema de control de nivel. - Alama por alto y muy alto nivel. - Alama por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador	FS-032702	N.D	550 MMPCD	N.D	SA-516 Gr.70 (cuerpo y tapas)	25	Gas natural	1,889 psig (4 horas)	Operación 510 / - / 210 - Diseño 550 / - / -	Operación 1,440 / - / 620 Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / - / 10 - Diseño 50 / - / -	- Sistema de control de nivel. - Alama por alto y muy alto nivel. - Alama por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Min	Máx/Nor/Min	Máx/Nor/Min		
Sistema de regulación	ER-030201	N.D	550 MMPCD	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación 510 / - / 210 Diseño 550 / - / -	Oper. Succión - / 609 / - Desarga 476 / - / 470 Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / 25 / 10 Diseño 50 / - / -	- Alarma por presión, flujo. - Sistema de paro de emergencia. - Detección de gas y fuego.	Estación de Compresión El Fuerte
Sistema de medición	EM-030201	N.D	550 MMPCD	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación 550 / 510 / 210 Diseño 550 / - / -	Operación - / 609 / - Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / 25 / 10 Diseño 50 / - / -	- Alarma por presión, flujo. - Sistema de paro de emergencia. - Detección de gas y fuego.	Estación de Compresión El Fuerte
Sistema de regulación	ER-032801	N.D	230 MMPCD	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación 230 / 210 / - Diseño 230 / - / -	Operación - / 479.8 / - Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / 25 / 10 Diseño 50 / - / -	- Alarma por presión, flujo. - Sistema de paro de emergencia. - Detección de gas y fuego.	Estación de Compresión El Fuerte
Sistema de medición	EM-032801	N.D	230 MMPCD	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación 230 / 210 / - Diseño 230 / - / -	Operación - / 468.7 / - Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / 25 / 10 Diseño 50 / - / -	- Alarma por presión, flujo. - Sistema de paro de emergencia. - Detección de gas y fuego.	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador	FS-040201	N.D	700 MMPCD	N.D	SA-516 Gr.70 (cuerpo y tapas)	25	Gas natural	N.D	Operación 650 / - / - Diseño 700 / - / -	Operación 1,440 / - / 620 Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / - / 10- Diseño 50 / - / -	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación Topolobampo
Filtro separador	FS-040202	N.D	700 MMPCD	N.D	SA-516 Gr.70 (cuerpo y tapas)	25	Gas natural	N.D	Operación 650 / - / - Diseño 700 / - / -	Operación 1,440 / - / 620 Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / - / 10- Diseño 50 / - / -	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación Topolobampo
Sistema de regulación	ER-040301	N.D	700 MMPCD	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación 650 / - / - Diseño 700 / - / -	Operación - / 600 / - Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / 25 / 10 Diseño 50 / - / -	- Alarma por presión, flujo. - Sistema de paro de emergencia. - Detección de gas y fuego.	Estación Topolobampo
Sistema de medición	EM-040301	N.D	700 MMPCD	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación 650 / - / - Diseño 700 / - / -	Operación - / 1233 / - Diseño 1,453 / - / -	Operación 50 / 25 / 10 Diseño 50 / - / -	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel.	Estación Topolobampo

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín		
												<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV) 	

Notas: Se considera un tiempo de vida útil para todos los equipos, considerando desde la instalación del proyecto de las bases de datos de diseño.
N.D. No disponible.

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.16 Características de equipos auxiliares del Proyecto

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín		
Generador a gas	GE-010101	N.D	5,650 W (Pot Nominal)	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación -1,453/- Diseño ---	Operación 50/-10 Diseño ---	Protecciones propias del generador	Ducto terrestre
Generador a gas	GE-010102	N.D	5,650 W (Pot Nominal)	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación -1,453/- Diseño ---	Operación 50/-10 Diseño ---	Protecciones propias del generador	Ducto terrestre
Generador a gas	GE-010203	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación -1,453/- Diseño ---	Operación 50/-10 Diseño ---	Protecciones propias del generador	Ducto terrestre
Enfriador de aceite de turbina de gas	E-031301	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Protecciones por vibración del ventilador	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador de gas a turbina	FS-031301	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Alarma por alto nivel. Alarma por alta presión diferencial	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador de gas a turbina	FS-031402	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Alarma por alto nivel. Alarma por alta presión diferencial	Estación de Compresión El Fuerte
Enfriador de aceite	E-031402	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Protecciones por vibración del ventilador	Estación de Compresión El Fuerte
Enfriador de aceite	HE-031503	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Protecciones por vibración del ventilador	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador de gas de turbina	FS-031503	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Alarma por alto nivel. Alarma por alta presión diferencial	Estación de Compresión El Fuerte

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín		
Turbina de gas	TG-031301	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación -/-/ Diseño -/-/	Protección propia de la turbina	Estación de Compresión El Fuerte
Turbina de gas	TG-031402	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación -/-/ Diseño -/-/	Protección propia de la turbina	Estación de Compresión El Fuerte
Turbina de gas	TG-031503	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación -/-/ Diseño -/-/	Protección propia de la turbina	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador vertical del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	FS-031601	N.D	5,505.4 m ³ /h (Diseño)	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/	Operación -124.2/-/ Diseño 50/-/	- Sistema de control de nivel. - Alama por alto y muy alto nivel. - Alama por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	HE-031601	N.D	11.02 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/	Operación -124.2/-/ Diseño 50/-/	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	HE-031602	N.D	11.02 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/	Operación -124.4/-/ Diseño 93/-/	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	HE-031701	N.D	11.02 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/	Operación -124.4/-/ Diseño 93/-/	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	HE-031702	N.D	11.02 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/	Operación -124.4/-/ Diseño 93/-/	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	FS-031701	N.D	5,505.4 m ³ /h (Diseño)	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño 5,505.4 m ³ /h/-/	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/	Operación -124.2/-/ Diseño 50/-/	- Sistema de control de nivel. - Alama por alto y muy alto nivel. - Alama por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	FS-031801	N.D	5,505.4 m ³ /h (Diseño)	N.D	N.D	25	Gas seco	N.D	Operación -/-/ Diseño 5,505.4 m ³ /h/-/	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/	Operación -124.2/-/ Diseño 50/-/	- Sistema de control de nivel. - Alama por alto y muy alto nivel. - Alama por alta y muy alta presión diferencial.	Estación de Compresión El Fuerte

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín		
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	HE-031801	N.D	11.02 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/- Diseño -/-/-	Operación 595/-/- Diseño 1,453/-/-	Operación -24.4/- Diseño 93/-/-	- Válvula de seguridad (PSV). - Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	HE-031802	N.D	11.02 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/- Diseño -/-/-	Operación 595/-/- Diseño 1,453/-/-	Operación -24.4/- Diseño 93/-/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador vertical del sistema de acondicionamiento de gas a moto generadores	FS-031901	N.D	886.9 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/- Diseño 886.9 m ³ /h/-/-	Operación 595/-/- Diseño 1,453/-/-	Operación -24.4/- Diseño 50/-/-	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro separador vertical del sistema de acondicionamiento de gas a moto generadores	FS-031902	N.D	886.9 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/- Diseño 886.9 m ³ /h/-/-	Operación 595/-/- Diseño 1,453/-/-	Operación -24.4/- Diseño 50/-/-	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a turbina	HE-031901	N.D	0.082 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/- Diseño -/-/-	Operación 595/-/- Diseño 1,453/-/-	Operación 75/-24.2 Diseño 75/50/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador de gas eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas a moto generadores	HE-031902	N.D	0.082 MMBTUh	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/- Diseño -/-/-	Operación 595/-/- Diseño 1,453/-/-	Operación 75/-24.2 Diseño 75/50/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Compresor de aire	C-031101 / C-031102	N.D	N.D	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación 700 Nm ³ /h/-/- - Diseño -/-/-	Operación 150/-/- Diseño 150/-/-	Operación 42/-/- Diseño -/-/-	- Protecciones propias del compresor. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Tanque acumulador de aire de instrumentos	R-031101	N.D	20.0 m ³	Diámetro: 2 m Altura: 6 m	N.D	25	Gas natural	N.D	N.D	Operación -/-/- Diseño 165/-/-	N.D	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín		
Filtro coalescente del sistema de acondicionamiento de gas de sello	FS-032001	N.D	803.6 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño 803.6 m ³ /h/-/-	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación -/-/ Diseño 150/-/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro coalescente del sistema de acondicionamiento de gas de sello	FS-032002	N.D	803.6 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño 803.6 m ³ /h/-/-	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación -/-/ Diseño 150/-/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas de sello	HE-032001	N.D	0.05 MMBTUH	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/-	Operación -/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación 85/-/10 Diseño 150/-/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas de sello	HE-032002	N.D	0.05 MMBTUH	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/-	Operación -/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación 85/-/10 Diseño 150/-/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro coalescente del sistema de acondicionamiento de gas de sello	FS-032101	N.D	803.6 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño 803.6 m ³ /h/-/-	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación -/-/ Diseño 150/-/-	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro coalescente del sistema de acondicionamiento de gas de sello	FS-032102	N.D	803.6 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño 803.6 m ³ /h/-/-	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación -/-/ Diseño 150/-/-	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas de sello	HE-032101	N.D	0.05 MMBTUH	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/-	Operación -/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación 85/-/10 Diseño 150/-/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas de sello	HE-032102	N.D	0.05 MMBTUH	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/-	Operación -/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación 85/-/10 Diseño 150/-/-	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Filtro coalescente del sistema de acondicionamiento de gas de sello	FS-032201	N.D	803.6 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación -/-/ Diseño 803.6 m ³ /h/-/-	Operación 595/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación -/-/ Diseño 150/-/-	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MMPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Min	Máx/Nor/Min	Máx/Nor/Min		
Filtro coalescente del sistema de acondicionamiento de gas de sello	FS-032202	N.D	803.6 m ³ /h	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño 803.6 m ³ /h/---	Operación 595/--- Diseño 1,453/---	Operación --- Diseño 150/---	- Sistema de control de nivel. - Alarma por alto y muy alto nivel. - Alarma por alta y muy alta presión diferencial. - Válvula de seguridad (PSV).	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas de sello	HE-32201	N.D	0.05 MMBTUH	N.D	Acero al carbono	25	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño 1,453/---	Operación 85/-10 Diseño 150/---	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Calentador eléctrico del sistema de acondicionamiento de gas de sello	HE-32202	N.D		N.D	Acero al carbono	25	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño 1,453/---	Operación 85/-10 Diseño 150/---	- Sistema de alarmas. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte
Generador a gas	GE-32301	N.D	1.429 kW	N.D	N.D	25	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	- Protecciones propias del generador.	Estación de Compresión El Fuerte
Generador a gas	GE-32302	N.D	1.429 kW	N.D	N.D	N.D	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	- Protecciones propias del generador.	Estación de Compresión El Fuerte
Trampa de envío y recepción de diablos móvil	TED/TRD-010201	N.D	N.D	Diámetro de tubería: 30" Diámetro de dado: 36"	API 5L X70 PSL2	25	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño 1,453/---	Operación --- Diseño 50/---	- Venteos atmosféricos. - Indicadores de presión.	Ducto terrestre
Trampa de envío y recepción de diablos móvil	TED/TRD-040101	N.D	N.D	Diámetro de tubería: 30" Diámetro de dado: 36"	API 5L X70 PSL2	25	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño 1,453/---	Operación --- Diseño 50/---	- Venteos atmosféricos. - Indicadores de presión.	Estación Topolobampo
Trampa de envío de diablos	TED-032501	N.D	N.D	Diámetro de tubería: 30" Diámetro de dado: 36"	API 5L X70 PSL2	25	Gas natural	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño 1,453/---	Operación --- Diseño 50/---	- Venteos atmosféricos. - Indicadores de presión.	Estación de Compresión El Fuerte
Tanque de aceite lubricante	T-032301	N.D	0.75 m ³	Día: 0.76 m Altura: 2 m	Acero inoxidable 316 L	25	Aceite lubricante	N.D	N.A	Atmosférica	Ambiente	- Indicador de nivel.	Estación de Compresión El Fuerte
Tanque de condensados	T-030901	N.D	1 m ³	N.D	Acero al carbono	25	Condensados	N.D	N.A	Operación --- Diseño 150/---	Operación Ambiente Diseño 50/---	- Control de nivel. - Dique de contención.	Estación de Compresión El Fuerte
Tanque de condensados	T-040501	N.D	N.D	N.D	Acero al carbono	25	Condensados	N.D	N.A	Operación --- Diseño 150/---	Operación Ambiente Diseño 50/---	- Control de nivel. - Dique de contención.	Estación Topolobampo
Quemador de gas	QP-040501	N.D	N.D	Altura: 15 m	N.D	25	Gas	N.D	N.D	N.D	N.D	- Protecciones propias.	Estación de Compresión El Fuerte
Columna de venteos	TC-032401	N.D	55.72 m ³ /h	Diámetro: 26"	Acero al carbono / API 521	25	Gas	N.D	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño ---	Operación --- Diseño 50/---	N.A	Estación de Compresión El Fuerte

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensiones	Materiales de construcción / Código de construcción	Tiempo de vida útil (años)	Sustancia manejada / Estado físico	Presión prueba hidrostática (kg/cm ²)	Flujo OP / DI (MPCD)	Presión OP / DI (psi)	Temperatura OP / DI (°C)	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
									Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín	Máx/Nor/Mín		
Tanque Booster de gas de venteos	R-032601	N.D	1.88 m ³	Diámetro: 959 mm Longitud: 2,600 mm	N.D	25	Gas	N.D	Operación -/-/ Diseño -/-/-	Operación -/-/ Diseño 1,453/-/-	Operación -/-/ Diseño 100/-/-	- Sistema de control de nivel. - Alarma por nivel, presión y flujo. - Válvula de seguridad (PSV)	Estación de Compresión El Fuerte

Notas: Se considera un tiempo de vida útil para todos los equipos, considerando desde la instalación del proyecto de las bases de datos de diseño.
 N.D. No disponible.

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

V.2.3 Descripción del Proceso

La descripción de proceso está basada en la filosofía de operación, el cual se describe a continuación:

V.2.3.1 Estación de Compresión El Fuerte

La Estación de Compresión El Fuerte transportará el gas natural a través del gasoducto, el cual está proyectado a futuro y será de 30 pulgadas de diámetro externo. La Estación de Compresión El Fuerte consta de los siguientes sistemas:

- ⊕ Interconexión de 30”.
- ⊕ Sistema de filtración por filtros FS-030101/030102.
- ⊕ Patín de regulación ER-030201.
- ⊕ Patín de medición EM-030201.
- ⊕ Interconexión de 20”.
- ⊕ Sistema de filtración por filtros FS-032701/032702.
- ⊕ Sistema de análisis de calidad del gas
- ⊕ Patín de regulación ER-032801.
- ⊕ Patín de medición EM-032801.
- ⊕ Turbocompresores TC-030301/030402/030503.
- ⊕ Enfriadores E-030601/030702/030803.
- ⊕ Sistemas auxiliares:
 - ✓ Sistema de condensados.
 - ✓ Sistema de drenajes aceitosos.
 - ✓ Sistema de aire de planta e instrumentos.
 - ✓ Sistema de acondicionamiento de gas combustible a TG-031301.
 - ✓ Sistema de turbina TG-031301/031402/031503.
 - ✓ Sistema de acondicionamiento de gas combustible a TG-031402.
 - ✓ Sistema de acondicionamiento de gas combustible a TG-031503.
 - ✓ Sistema de acondicionamiento de gas combustible hacia moto generadores.
 - ✓ Sistema de gas de sello a turbina TG-031301/ 031402/031503.
 - ✓ Sistema de generación a gas.
 - ✓ Sistema de venteo general.
 - ✓ Sistema de recuperación de venteos.

V.2.3.1.1 Interconexión de 30”

El gas natural será suministrado, a partir de la EMRyC El Oro propiedad del “Gasoducto Guaymas - El Oro” hacia la Estación de Compresión El Fuerte, se realiza a través de una interconexión mediante un Hot Tap utilizando una tee guiada de 30” x 30”; sobre esta interconexión se tiende la línea de suministro 30”-GN-030101- D0A4, la cual contará con una válvula de interconexión de tipo bola de 30” con una junta aislante monoblock, JAM-030101, para el aislamiento eléctrico en la transición de tierras, una vez la línea sale a la superficie en la entrada de la Estación de Compresión El Fuerte contará con una junta aislante tipo monoblock (JAM-030102), siendo una línea aérea, seguidamente se contará con un PIT-030101 para monitorear la presión desde el SCP, el cual contará con alarmas por alta presión, baja presión y baja-baja presión, así mismo se contará con un TIT- 030101 para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por baja temperatura y alta temperatura.

Siguiendo con el proceso, el gas fluye a través de la línea 30”-GN-030101-D0A1. Esta línea contará con dos indicadores transmisores de presión, PZIT-030101/030102, con el fin de otorgar redundancia, los cuales se encuentran comunicados al SPE. Ambos configurados con alarmas de baja presión y baja-baja presión.

Adicional a lo anterior la línea 30”-GN-030101-D0A1 contará con una válvula ESDV-030101, asociada al sistema de paro de emergencia (SPE) la cual cerrará cuando se disparen las alarmas de los transmisores

PZIT-030101/030102 configuradas por baja-baja presión o en cualquier evento de fuego declarado o paro asociado a la matriz del sistema de paro de emergencia.

Como facilidad para el arranque de la estación, se tiene contemplada una línea de black-start 3"-GN-030109-D0A1, a partir del cabezal 30"-GN-030101-D0A1 se extrae la línea para black-start o arranque de emergencia, la cual abastecerá de gas al paquete de gas combustible PA-031904. La línea de black start tiene como función suministrar el gas para arranque de los moto generadores GE-032301/032302/032303 durante la etapa de arranque de la Estación de Compresión El Fuerte.

V.2.3.1.2 Sistema de filtración por filtros FS-030101/030102

Continuando con el proceso, el gas natural se envía hacia los filtros separadores FS-030101/030102, en configuración 1+1, es decir, un filtro en operación y el otro en espera o relevo, por las líneas 30"-GN030102/030103-D0A1, respectivamente, a una presión de operación mínima de 4,272 kPa man (620 psig) y la presión de diseño de 10,018 kPa man (1,453 psig), temperatura normal de 398,15 °K (25 °C) y mínima de 283,15 °K (10 °C) y máxima de 323.15 °K (50 °C). La operación del filtrado de gas se realizará con un filtro en operación y el otro de relevo, donde cada equipo contará con una capacidad de diseño de 180.26 m³/s (550 MMPCD) a Condiciones Estándar.

La caída de presión de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, PDIT030103/030104, los cuales tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 68.94 kPa (10.0 psi). Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4-20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDIT-030103/030104 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y muy alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión temperatura a través de los instrumentos TG-030101/030102 y PG-030101/030102.

En caso de que salga de operación uno de los filtros se abrirá o cerrará las válvulas manuales HV030103B/030104B ubicadas en la salida de los filtros según sea el filtro que esté operando.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel de cada filtro y será monitoreado desde el SCP/SCADA mediante transmisores indicador de nivel, LIT-030110/030111/030120/030121 e indicadores de nivel local, LG-030110/030111/030120/030121, los transmisores indicadores de nivel contarán con alarmas por alto nivel y bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-20 mA HART, adicional se cuenta con interruptores por bajo nivel LSL-030111 / 030121 y por alto nivel LSH-030111 / 030121 que serán los encargados de enviar las señales de cierre y apertura de las válvulas LV030110/030111/030120/030121.

Los transmisores indicadores de nivel LIT-030110/030111/030120/030121 contarán con alarmas configuradas e indicaciones.

Los separadores también contarán con transmisores indicadores de nivel redundantes asociados al sistema de paro de emergencia (SPE) indicados como LZIT-030110/030111/030120/030121 con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que pueda causar daños a los turbocompresores.

Los transmisores indicadores de nivel redundantes LZIT-030110/030111/030120/030121, contarán con alarmas configuradas e indicaciones.

El condensado proveniente del filtro FS-030101 será enviado a través de las líneas 2"-CD-030115/030117-D0A1 y por las líneas 2"-CD-030125/030127-D0A1 desde el filtro FS-030102, agua abajo de dichas líneas, se ubicarán medidores de flujo de placa de orificio, FE-030101/030102 respectivamente, con su transmisor

indicador de flujo, FIT-030101/ 030102 el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo.

Así mismo, aguas abajo del FIT-030101/030102 se tendrán placas de restricción, RO-030101/030102, la cual reducirá la presión en el límite del alcance del equipo paquete de filtros, para su envío mediante la línea 2"-CD030119/020129-A0A1, hasta el cabezal, 3"-CD-030119-A0A1, de descarga al tanque T-030901.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off de 2", V030110/030111/030120/030121. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, SV-030110/030111/030120/030121, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-030110/030111/030120/030121. Las válvulas LV abrirán cuando se reciban la señal del interruptor por alto nivel (LSH) configurada en el sistema de control de proceso y cerrarán con la señal del interruptor por bajo nivel (LSL) igualmente configurada en el sistema de control de proceso.

Las válvulas LV, tendrán configurada su posición segura a falla, como FC (a falla cierra), dicha posición se podrá monitorear desde el sistema de control de proceso. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán aire de instrumento como fluido de potencia. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2" pulgadas, en posición normalmente cerradas.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad, PSV-030101/030102, las cuales tendrán una presión de ajuste de 8 721.9 kPa man (1265 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-030112/030122-A0A1.

El gas filtrado en los filtros FS-030101/030102 será enviado a través de la línea 30"-GN-020106-D0A1 hacia el patín de regulación ER-030201.

Adicional a lo anterior, la estación tiene contemplado un cierre de emergencia por una posible ruptura del ducto denominado tramo main line, dicho cierre se encuentra configurado en la MOV-030101, mediante la recepción de señal directa del instrumento PIT-030101, por muy baja presión en la entrada a la estación.

V.2.3.1.3 Patín de regulación ER-030201

El gas natural proveniente de los filtros FS-030101/030102 se conducirá mediante la línea 30"-GN- 030110-D0A1 hacia el patín de regulación ER-030201, el cual operará de manera unidireccional, conformado por dos trenes de regulación en arreglo 1+1 (24"-GN-030202/030203-D0A1), uno en operación y uno de relevo. El patín de regulación ER-030201 contará con los siguientes elementos:

- ⊕ Válvula de seccionamiento tipo bola, con actuador eléctrico, MOV-030201/030202 ubicada en la entrada de cada tren de regulación.
- ⊕ Válvula reguladora, FV-030201/030202.
- ⊕ Indicador de presión local, PG-030201/030202, aguas abajo de la válvula reguladora.
- ⊕ Válvula tipo bola de corte manual, a la salida del patín de control de flujo.
- ⊕ Transmisor indicador de presión PIT-030201.

La regulación de flujo del gas en el patín ER-030201 se llevará a cabo mediante la señal de flujo registrada en el patín EM-030201 siendo la señal de flujo la variable de control primaria, mientras que la presión medida en el transmisor de presión PIT-030201 ubicadas aguas abajo de las válvulas FV-030201/030202 será la variable de control secundaria. La acción de control efectiva que realizará la válvula reguladora se determinará por la salida menor de entre los dos lazos de control, de esta forma, el control modulante de la válvula actuará considerando la variable de control que requiera una menor apertura de la válvula, protegiendo así el sistema de un sobre flujo o una sobrepresión. Para el control de flujo se tomará en consideración el lazo cerrado usando la sumatoria de los medidores de flujo del patín de medición para controlar la variable de proceso efectivamente. El PIT-030201 mostrará en el SCADA, a través del FQI/SCADA, una indicación de presión, PI- 030201, para el monitoreo remoto de esta variable.

Para realizar el control de flujo o presión asociados a los lazos de control correspondiente, se indica las siguientes premisas de control:

- ⊕ La válvula de control regulará el paso de gas hasta un máximo de 213 m³/s (650 MMPCD).
- ⊕ Adicional también se contempla una alarma por baja presión configurada en el PIT-030201 configurada a 2,757.86 kPa (400 psig).

V.2.3.1.4 Patín de medición EM-030201

Posterior al patín de regulación, el gas natural se enviará hacia el patín de medición de gas EM-030201, mediante la línea 30"-GN-030205-D0A1, el patín está conformado por tres trenes de medición, en configuración 2+1, dos trenes en operación y uno en espera, el patín de medición será de operación unidireccional y cada uno de los trenes contará con los siguientes elementos:

- ⊕ Válvula tipo bola, de corte manual con indicador de posición, HV-030203/030204/030205.
- ⊕ Alineador de flujo, FX-030203/030204/030205.
- ⊕ Transmisor indicador de flujo del tipo ultrasónico, FE/FIT-030203/030204/030205.
- ⊕ Un transmisor indicador de presión, PIT-030203/030204/030205.
- ⊕ Un transmisor indicador de temperatura, TE/TIT-030203/030204/030205.
- ⊕ Indicador de presión local, PG-030203/030204/030205.
- ⊕ Indicador de temperatura local, TW/TG-030213/030214/030215.
- ⊕ transmisores indicadores de flujo, FE/FIT-030203/030204/030205.
- ⊕ Arreglo “Z” de tubería, para la comparación de medición entre trenes, con válvulas de aislamiento manual tipo bola.
- ⊕ Línea de venteo direccionada al cabezal de recolección y recuperación de venteos. Esta línea contará con bridas para su accesible desmonte en caso de algún mantenimiento para su respectivo tren.
- ⊕ Válvula de bola, corte con actuador eléctrico, MOV-030206/030207/030208, ubicadas en la salida del tren.

Los instrumentos transmisores mostrarán remotamente en el SCADA a través de la instalación de computadoras de flujo, una indicación de flujo, una indicación de temperatura y una indicación de presión, así mismo las señales de presión y temperatura de los transmisores ubicados aguas abajo del medidor de flujo, se utilizarán para hacer las correcciones correspondientes del flujo medido en la instalación de computadoras de flujo y visualizadas en el SCADA.

Los transmisores indicadores de flujo, FE/FIT-030203/030204/030205, enviarán una señal de flujo hacia la instalación de computadoras de flujo configurado con alarma por alto flujo con el propósito de cuantificar un alto caudal de gas natural.

Las válvulas con actuadores eléctricos (MOV) ubicadas en la salida de los trenes de medición, serán empleadas para realizar la alineación de los trenes que operaran, mientras que estas en conjunto con las válvulas manuales en la entrada de los patines (HV), se usarán para el seccionamiento total del tren en caso de mantenimiento o falla en alguno de sus componentes.

Inmediatamente después se tendrá el PIT-030202 y el TIT-030202, que enviarán señales de los parámetros medidos a través del FQI-030201 al SCADA para verificar las condiciones de salida de los patines de regulación y medición de flujo. Estos transmisores tendrán configuradas alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión, así como alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. A continuación, se indican las alarmas configuradas.

Sobre la línea de descarga del patín de medición EM-030201, 30"-GN-030214-D0A1, se tendrá instalado un sistema de venteo por emergencia de 8 pulgadas, con dirección a la columna de venteo, esta línea (8"-GN-030213-D0A1) contará con una válvula manual de tipo bola abierta con candado HV-030206, seguido de una válvula de venteo de emergencia BDV-030201 y una placa de restricción RO-030201, enseguida se dirigirá a la columna de venteo V-03-001.

Posteriormente, sobre la línea 30”-GN-030214-D0A1, el gas pasará por una muestra a la unidad de análisis (tipo shelter) en sitio la cual consistirá en los siguientes componentes para el análisis de la calidad del gas:

- ⊕ Azufre total (St) y H₂S, AIT-030201/030202.
- ⊕ Humedad (H₂O), AIT-030203.
- ⊕ Composición del gas (cromatógrafo de gases de hasta C9+), AIT-030204.
- ⊕ Oxígeno (O₂), AIT-030205.

En los analizadores, se encuentran configuradas alarmas por alta (H) y alta-alta (HH) concentración de los componentes, conforme a lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.

El cromatógrafo de gases tendrá la capacidad de analizar la composición de gas desde C1 hasta C9+, poder calorífico, punto de rocío y gravedad específica de la corriente a través de columnas empacadas y detectores de conductividad térmica tipo termistor, el equipo incluye todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas patrón con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos con una repetitividad de $\pm 0,5$ BTU/1 000 ft³ estándar.

El analizador de humedad estará disponible para determinar la cantidad de humedad del gas de manera directa y cuantitativa, sin interferencia debido a la presencia de H₂S, CO₂ o NH₃ en la corriente de gas, con una repetitividad de 0.2 ppmv o 1% de la lectura (el mayor de los dos), el flujo de muestra de 750 ml/min a 103.4 kPa man (15 psi), el equipo tiene un acondicionador de muestra con filtro medidor y válvulas. El analizador cumple con el método de prueba establecido en la Norma ASTM-D- 5454-04 para celdas tipo laser que requiere un mínimo mantenimiento anual, tiene un rango de operación de 0-20 ppmv y una repetitividad de ± 500 ppb, con un sistema de muestreo con los accesorios necesarios para la correcta operación del equipo fabricados en acero inoxidable 316.

Para la toma de muestras para los analizadores se utilizará una probeta tipo welker que toma la muestra del centro de la corriente de flujo.

Se tomará una muestra mensual de gas natural y se enviará a un laboratorio de prueba acreditado, con la finalidad de contar con un patrón de referencia y garantizar la precisión del análisis de composición de gas natural del cromatógrafo de gas instalado. Los procedimientos para el análisis del gas natural serán de conformidad con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010. El operador decidirá cuál será la acción para seguir en la aparición de dichas alarmas.

El computador de flujo FQI-030201 enviará las señales de estas variables al sistema de control de proceso y posteriormente al SCADA, en donde se tendrá indicación de cada una de ellas.

En la línea de alimentación hacia los compresores 30”-GN-030214-D0A1, se tendrá instalada una válvula de corte HV-030208 con accionamiento remoto/manual con actuador de motor eléctrico, el cual contará con un sistema de prueba parcial, dicha válvula tendrá con una línea de by-pass, 4”-GN-020215-D0A1.

La presión diferencial de línea 4”-GN-030215-D0A1 será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT- 030206, el cual estará comunicado con el SCP y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

En caso de que sea necesario se contará con la flexibilidad operativa de desviar el flujo de gas de la estación de compresión a través de la línea de derivación (by pass) 30”-GN-030216-D0A1. En esta línea estará instalada una válvula de corte rápido, MOV-030204, la cual en caso de ser necesario se abrirá para permitir el flujo de gas hacia el gasoducto, cerrando simultáneamente las válvulas de corte rápido ubicadas en las líneas de succión de los compresores, MOV- 030305/030401/030501.

En caso de falla de la MOV-030204 ésta quedará en su última posición, del mismo modo, en caso de pérdida de señal de posición, la estación irá a paro seguro sin venteo.

En caso de un paro de emergencia por fuego o cualquier otra condición juzgada por el operador como insegura en la estación, esta sección contará con la línea de venteo la cual contará con su respectiva válvula de purga/venteo (BDV-030201) de 8 pulgadas, con su respectivo orificio de restricción, RO-030201, para reducir la presión aguas abajo y entrando al cabezal de venteo y posteriormente a la columna de venteo V-032401. La válvula BDV-030301 abrirá en caso de falla.

V.2.3.1.5 Interconexión de 20”

El gas natural será suministrado, a partir de la EMRYC El Oro propiedad del “Gasoducto Guaymas - El Oro” hacia la Estación de Compresión El Fuerte, se realiza a través de una interconexión mediante un Hot Tap utilizando una tee reducción de 30” x 20”, sobre esta interconexión se tiende la línea 20”-GN-032701- D0A4 la cual contará con una válvula de interconexión de tipo bola de 20 pulgadas con una junta aislante monoblock, JAM-032701, para el aislamiento eléctrico en la transición de tierras, una vez la línea sale a la superficie en la entrada de la Estación de Compresión El Fuerte contará con una junta aislante tipo monoblock (JAM-032702), siendo una línea aérea, seguidamente se contará con un PIT-032701 para monitorear la presión desde el SCP, el cual contará con alarmas por alta presión, baja presión y baja-baja presión así mismo se contará con un TIT032701 para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por baja temperatura y alta temperatura.

Siguiendo con el proceso, el gas fluye a través de la línea 20”-GN-032701-D0A1. Esta línea contará con dos indicadores transmisores de presión, PZIT-032701/032702, con el fin de otorgar redundancia, los cuales se encuentran comunicados al SPE. Ambos configurados con alarmas de baja presión y baja-baja presión.

Adicional a lo anterior la línea 20”-GN-032701-D0A1 contará con una válvula ESDV-032701, asociada al sistema de paro de emergencia (SPE) la cual cerrará cuando se disparen las alarmas de los transmisores PZIT-032701/0327 2 configuradas por baja-baja presión o en cualquier evento de fuego declarado o paro asociado a la matriz del sistema de paro de emergencia.

La válvula ESDV-032701 contará con un bypass, 4”-GN-034711-D0A1, que funge como línea igualadora de presión, abriendo la válvula manual HV-032702 tipo bola de 4 pulgadas. La presión diferencial de esta línea será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT-032702, el cual estará comunicado con el SCP y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

Como facilidad para el arranque de la estación, se tiene contemplada una línea de black-start 3”-GN-032709-D0A1, a partir del cabezal 20”-GN-032701-D0A1 con dirección hacia la línea 3”-GN-030109-D0A1, se extrae la línea para black-start o arranque de emergencia, la cual abastecerá de gas al paquete de gas combustible PA-031904. La línea de black start tiene como función suministrar el gas para arranque de los moto generadores GE032301/032302/032303 durante la etapa de arranque de la Estación de Compresión El Fuerte.

V.2.3.1.6 Sistema de filtración por filtros FS-032701/032702

Continuando con el proceso, el gas natural se envía hacia los filtros separadores FS-032701/032702, en configuración 1+1, es decir, un filtro en operación y el otro en espera o relevo, por las líneas 16”-GN032702/032703-D0A1 estas líneas contarán con un aumento concéntrico de 24 x 16 pulgadas para conexión con la brida de cada filtro, respectivamente, operaran a una presión de operación mínima de 3,412.9 kPa man (495 psig) y la presión de diseño de 10,018 kPa man (1,453 psig), temperatura normal de 398.15 °K (25 °C) y mínima de 283.15 °K (10 °C) y máxima de 323.15 °K (50 °C). La operación del filtrado de gas se realizará con un filtro en operación y el otro de relevo, donde cada equipo contará con una capacidad de diseño de 180.26 m/s (550 MMPCD) a Condiciones Estándar.

La caída de presión de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, PDIT032703/032704, los cuales tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 68.94 kPa (10.0 psi). Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4-20 mA

con protocolo HART a través del SCP. Los PDIT-032703/032704 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y muy alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión temperatura a través de los instrumentos TG-032701/032702 y PG-032701/032702.

En caso de que salga de operación uno de los filtros se abrirá o cerrará las válvulas manuales HV032703B/032704B ubicadas en la salida de los filtros según sea el filtro que esté operando.

Así mismo, aguas abajo del FIT-032701/030102 se tendrán placas de restricción, RO-032701/032702, la cual reducirá la presión en el límite del alcance del equipo paquete de filtros, para su envío mediante la línea 2"-CD032719/0227 29-A0A1, hasta el cabezal, 3"-CD-032719-A0A1, de descarga al tanque T-020901.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off de 2", LV032710/032711/030120/030121. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, SV-032710/032711/032720/032721, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-032710/032711/032720/032721. Las válvulas LV abrirán cuando se reciban la señal del interruptor por alto nivel (LSH) configurada en el sistema de control de proceso y cerrarán con la señal del interruptor por bajo nivel (LSL) igualmente configurada en el sistema de control de proceso. El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel de cada y será monitoreado desde el SCP/SCADA mediante transmisores indicador de nivel, LIT-032710/032711/032720/032721 e indicadores de nivel local, LG-032710/032711/032720/032721, los transmisores indicadores de nivel contarán con alarmas por alto nivel y bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-20 mA HART, adicional se cuenta con interruptores por bajo nivel LSL-032711 / 032721 y por alto nivel LSH-032711 / 032721 que serán los encargados de enviar las señales de cierre y apertura de las válvulas LV-032710 / 032711 / 032720 / 032721.

Los transmisores indicadores de nivel LIT-032710/032711/032720/032721 contarán con alarmas configuradas e indicaciones.

Los separadores también contarán con transmisores indicadores de nivel redundantes asociados al sistema de paro de emergencia (SPE) indicados como LZIT-032710/032711/032720/032721 con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que pueda causar daños a los turbocompresores.

Los transmisores indicadores de nivel redundantes LZIT-032710/032711/032720/032721, contarán con las siguientes alarmas configuradas e indicaciones.

El condensado proveniente del filtro FS-032701 será enviado a través de las líneas 2"-CD-032715/032717-D0A1 y por las líneas 2"-CD-032725/032727-D0A1 desde el filtro FS-032702, agua abajo de dichas líneas, se ubicarán medidores de flujo de placa de orificio, FE-032701/032702 respectivamente, con su transmisor indicador de flujo, FIT-032701/ 030102 el cual enviará una señal al sistema de control de proceso (SCP) de alarma por alto-alto flujo y alto flujo.

Las válvulas LV, tendrán configurada su posición segura a falla, como FC (a falla cierra), dicha posición se podrá monitorear desde el SCP. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán aire de instrumento como fluido de potencia. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2" pulgadas, en posición normalmente cerradas.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad, PSV-032701/032702, las cuales tendrán una presión de ajuste de 10,018 kPa man (1453 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-032712/032722-A0A1.

El gas filtrado en los filtros FS-032701/032702 será enviado a través de la línea 16"-GN-032706-D0A1 mediante las líneas 16"-GN-032704/ /032705-D0A1 hacia el patín de regulación ER-032801.

Adicional a lo anterior, la estación tiene contemplado un cierre de emergencia por una posible ruptura del ducto denominado tramo mainline, dicho cierre se encuentra configurado en la MOV-032701, mediante la recepción de señal directa del instrumento PIT-032701, por muy baja presión en la entrada a la estación.

V.2.3.1.7 Patín de regulación ER-032801

El gas natural proveniente de los filtros FS-032701/032702 se conducirá mediante la línea 20"-GN-032710-D0A1 hacia el patín de regulación ER-032701, el cual operará de manera unidireccional, conformado por dos trenes de regulación en arreglo 1+1 (10"-GN-032802/032803-D0A1), uno en operación y uno de relevo. El patín de regulación ER-032801 contará con los siguientes elementos:

- ⊕ Válvula de seccionamiento tipo bola, con actuador eléctrico, MOV-032801/032802/032803 ubicada en la entrada de cada tren de regulación.
- ⊕ Válvula reguladora, FV-032801/032802/032803
- ⊕ Indicador de presión local, PG-032801/032802/032803, aguas abajo de la válvula reguladora.
- ⊕ Válvula tipo bola de corte manual, a la salida del patín de control de flujo.
- ⊕ Transmisor indicador de presión PIT-032801.

La regulación de flujo del gas en el patín ER-032801 se llevará a cabo mediante la señal de flujo registrada en el patín EM- 032801; siendo la señal de flujo la variable de control primaria, mientras que la presión medida en el transmisor de presión PIT-032801 ubicadas aguas abajo de las válvulas FV-032801/032802/032803 será la variable de control secundaria. La acción de control efectiva que realizará la válvula reguladora se determinará por la salida menor de entre los dos lazos de control, de esta forma, el control modulante de la válvula actuará considerando la variable de control que requiera una menor apertura de la válvula, protegiendo así el sistema de un sobreflujo o una sobrepresión. Para el control de flujo se tomará en consideración el lazo cerrado usando la sumatoria de los medidores de flujo del patín de medición para controlar la variable de proceso efectivamente. El PIT-032801 mostrará en el SCADA, a través del FQI/SCADA, una indicación de presión, PI- 032801, para el monitoreo remoto de esta variable.

Para realizar el control de flujo o presión asociados a los lazos de control correspondiente, se indica las siguientes premisas de control:

- ⊕ La válvula de control regulará el paso de gas hasta un máximo de 37.69 m³/s (115 MMPCD).
- ⊕ Adicional también se contempla una alarma por baja presión configurada en el PIT-032801 configurada a 2,757.86 kPa (400 psig).

V.2.3.1.8 Patín de medición EM-032801

Posterior al patín de regulación, el gas natural se enviará hacia el patín de medición de gas EM-032801, mediante la línea 16"-GN-032805-D0A1, el patín está conformado por tres trenes de medición, en configuración 2+1, dos trenes en operación y uno en espera, el patín de medición será de operación unidireccional y cada uno de los trenes contará con los siguientes elementos:

- ⊕ Válvula tipo bola, de corte manual con indicador de posición, HV-032803/032804/032805.
- ⊕ Alineador de flujo, FX-032803/032804/032805.
- ⊕ Transmisor indicador de flujo del tipo ultrasónico, FE/FIT-032803/032804/032805.
- ⊕ Un transmisor indicador de presión, PIT-032803/032804/032805.
- ⊕ Un transmisor indicador de temperatura, TE/TIT-032803/032804/032805.
- ⊕ Indicador de presión local, PG-032803/032804/032805.

- ⊕ Indicador de temperatura local, TW/TG-032813/032814/032815.
- ⊕ transmisores indicadores de flujo, FE/FIT-032803/032804/032805.
- ⊕ Arreglo “Z” de tubería, para la comparación de medición entre trenes, con válvulas de aislamiento manual tipo bola.
- ⊕ Línea de venteo direccionada al cabezal de recolección y recuperación de venteos. Esta línea contará con bridas para su accesible desmonte en caso de algún mantenimiento para su respectivo tren.
- ⊕ Válvula de bola, corte con actuador eléctrico, MOV-032806/032807/032808, ubicadas en la salida del tren.

Los instrumentos transmisores mostrarán remotamente en el SCADA a través de la instalación de computadoras de flujo, una indicación de flujo, una indicación de temperatura y una indicación de presión, así mismo las señales de presión y temperatura de los transmisores ubicados aguas abajo del medidor de flujo, se utilizarán para hacer las correcciones correspondientes del flujo medido en la instalación de computadoras de flujo y visualizadas en el SCADA.

Los transmisores indicadores de flujo, FE/FIT-032803/032804/032805, enviarán una señal de flujo hacia la instalación de computadoras de flujo configurado con alarma por alto flujo con el propósito de cuantificar un alto caudal de gas natural.

Las válvulas con actuadores eléctricos (MOV) ubicadas en la salida de los trenes de medición, serán empleadas para realizar la alineación de los trenes que operaran, mientras que estas en conjunto con las válvulas manuales en la entrada de los patines (HV), se usarán para el seccionamiento total del tren en caso de mantenimiento o falla en alguno de sus componentes.

Inmediatamente después se tendrá el PIT-032802 y el TIT-032802, que enviarán señales de los parámetros medidos a través del FQI-032801 al SCADA para verificar las condiciones de salida de los patines de regulación y medición de flujo. Estos transmisores tendrán configuradas alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión, así como alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura.

Sobre la línea de descarga del patín de medición EM-032801, se direccionará al cabezal 16”-GN-032814-D0A1, se tendrá instalado un sistema de venteo por emergencia de 8”, con dirección a la columna de venteo, esta línea (8”-GN-032813-D0A1) contará con una válvula manual de tipo bola abierta con candado HV-032807, seguido de una válvula de venteo de emergencia BDV-032801 y una placa de restricción RO-032801, enseguida se dirigirá a la columna de venteo V-032401.

Posteriormente, sobre la línea 16”-GN-032814-D0A1, el gas pasará por una muestra a la unidad de análisis (tipo shelter) en sitio la cual consistirá en los siguientes componentes para el análisis de la calidad del gas:

- ⊕ Azufre total (St) y H₂S, AIT-032801/032802.
- ⊕ Humedad (H₂O), AIT-032803.
- ⊕ Composición del gas (cromatógrafo de gases de hasta C9+), AIT-032804.
- ⊕ Oxígeno (O₂), AIT-032805.

En los analizadores, se encuentran configuradas alarmas por alta (H) y alta-alta (HH) concentración de los componentes, conforme a lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.

El cromatógrafo de gases tendrá la capacidad de analizar la composición de gas desde C1 hasta C9+, poder calorífico, punto de rocío y gravedad específica de la corriente a través de columnas empacadas y detectores de conductividad térmica tipo termistor, el equipo incluye todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas patrón con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos con una repetitividad de $\pm 0,5$ BTU/1 000 ft³ estándar.

El analizador de humedad estará disponible para determinar la cantidad de humedad del gas de manera directa y cuantitativa, sin interferencia debido a la presencia de H₂S, CO₂ o NH₃ en la corriente de gas, con una repetitividad de 0,2 ppmv o 1% de la lectura (el mayor de los dos), el flujo de muestra de 750 ml/min a

103.4 kPa man (15 psi), el equipo tiene un acondicionador de muestra con filtro medidor y válvulas. El analizador cumple con el método de prueba establecido en la Norma ASTM-D- 5454-04 para celdas tipo laser que requiere un mínimo mantenimiento anual, tiene un rango de operación de 0-20 ppmv y una repetitividad de ± 500 ppb, con un sistema de muestreo con los accesorios necesarios para la correcta operación del equipo, fabricados en acero inoxidable 316.

El computador de flujo FQI-032801 enviará las señales de estas variables al sistema de control de proceso y posteriormente al SCADA, en donde se tendrá indicación de cada una de ellas.

En la línea de descarga 16"-GN-032814-D0A1, se tendrá instalada una válvula de corte HV-032401 con accionamiento remoto/manual con actuador de motor eléctrico, el cual contará con un sistema de prueba parcial, dicha válvula tendrá con una línea de by-pass, 4"-GN-032815-D0A1.

La presión diferencial de línea 4"-GN-032815-D0A1 será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT-032806, el cual estará comunicado con el SCP y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

En caso de un paro de emergencia por fuego o cualquier otra condición juzgada por el operador como insegura en la estación, esta sección contará con la línea de venteo la cual contará con su respectiva válvula de purga/venteo (BDV-032801) de 8 pulgadas, con su respectivo orificio de restricción, RO-032801, para reducir la presión aguas abajo y entrando al cabezal de venteo y posteriormente a la columna de venteo V-032401

La línea de descarga 16"-GN-032814-D0A1 se interconecta con el cabezal de succión 30"-GN-030214-D0A1, para posteriormente, el envío del gas natural hacia la etapa de succión de compresión al tren de compresión correspondiente.

V.2.3.1.9 Turbocompresores TC-030301/030402/030503

Posteriormente, el gas natural se enviará hacia los turbocompresores TC-030301/030402/030503 a través del cabezal de succión de baja presión 30"-GN-030214-D0A1. Instalada en el cabezal, se cuenta con una línea de venteo, que, en caso de requerirse, venteará mediante la apertura de la válvula de purga/venteo (BDV-030306) la cual contará con un orificio de restricción RO-030301 para reducir la presión aguas abajo del gas a ventear hacia la columna de venteo V-032401. La válvula la BDV cuenta con un actuador operado con aire de instrumentos como fluido motriz.

En caso de falla de la válvula BDV-030306, la posición de esta será de apertura, sin embargo, por apertura en falso se mandará a paro a la Estación de Compresión El Fuerte sin venteo general.

Del cabezal de gas combustible 6"-GN-030509-D0A1 se derivan las líneas para la distribución de gas combustible para paquetes de acondicionamiento de gas PA-031601/031702/031803/031904.

De igual manera desde el cabezal 30"-GN-030215-D0A1 se derivan las líneas de succión 20"-GN-030301/030401/030501-D0A1 de los compresores TC-030301/030402/030403. Para aislar los equipos de compresión se contará con las válvulas automáticas de corte MOV-030301/030401/030501. La apertura o cierre de estas válvulas se ejecutará mediante el SCP.

Aguas abajo de las MOV-030301/030401/030501, se cuenta con válvulas SDV-030301/030401/030501, asociadas al sistema de paro rápido y anti-surge controladas desde el SPE y SCP a través del PLC del turbocompresor.

Cada una de las válvulas SDV-030301/030401/030501 contará con un bypass, de 4 pulgadas, que funge como línea igualadora de presión, abriendo la válvula manual tipo bola de 4 pulgadas y posteriormente la SDV-030302/030402/030502. La presión diferencial de esta línea será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT- 30301/030401/030501, el cual estará comunicado con el PLC-TC y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

Cada uno de los turbocompresores contará con un panel de control (PLC-TC), ubicado a pie de equipo, que estará comunicado con el sistema de control de proceso y el sistema de paro de emergencia. La operación y control de cada turbocompresor, así como las protecciones, alarmas y secuencia de paro por emergencia, se realizará a través de los PLCs de cada unidad.

Instaladas en las líneas de succión de los turbocompresores, 24"-GN-020301/020401/020501-D0A1, se ubicarán indicadores locales de temperatura TG-030301/030401/030501 y de manera remota en el PLC-TC con el TIT-030302/030402/030502, con valores de alarma por baja, muy baja, alta y muy alta temperatura de succión, los valores de alarma de temperatura se comunicarán con el PLC-TC de cada unidad de compresión y éstos serán utilizados como permisivos para el control del sistema “anti-surge”.

También en las líneas de succión se monitoreará la presión de forma local mediante los PG-030301/030401/030501 y remota a través de los PIT-030302/030402/030501 con valores de alarma por alta, muy alta, baja y muy baja presión de succión del turbocompresor. Cada turbocompresor contará en las líneas de succión con un filtro en línea tipo cono de bruja, con transmisor indicador de presión diferencial PDIT-030302/030402/030502, directamente comunicado al PLC del turbocompresor correspondiente, los cuales en caso de impurezas enviarán una señal para alarmar por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial.

Como parte del equipo paquete del compresor, este contará con sus respectivos instrumentos, entre los que se encuentra a la succión un transmisor de presión (PT-44103/4/5), dos transmisores de presión diferencial (PDT-44003/4/5 y PDT-44013/4/5), y en la descarga un transmisor indicador de temperatura (TIT-44303/4/5) y un transmisor de presión (PT-44303/4/5).

Para el transmisor de presión PT-44103/4/5 se tienen configuradas alarmas por baja y muy baja presión y para el PT-44303/4/5 se tienen configuradas alarmas por alta y muy alta presión.

En las líneas de descarga de los turbocompresores 16"-GN-030303/030403/030503-E0A1-1"-PP, se monitoreará de manera local la presión y temperatura a través de los instrumentos PG-030302/030402/030502 y TG-030303/030401/030503, respectivamente; y de manera remota se colocarán los instrumentos TIT-030304/030404/030504, los cuales alertarán al operador al presentarse una alarma por alta temperatura y alta – alta temperatura en la descarga de los turbocompresores.

La presión máxima de descarga del compresor será de 9 900 kPa man (1 436 psig) y la temperatura máxima de descarga es de 122 °C (252 °F).

En la descarga de los turbocompresores se cuenta con una línea de recirculación “Hot-bypass” hacia la succión en donde se cuenta con una válvula “fast-stop”, SDV-030302/030402/030502, la cual a falla cerrará. El propósito de estas válvulas será asegurar la protección del compresor en caso de una condición de paro o arranque del equipo, permitiendo que no se presente bajo flujo o baja presión de gas a la succión y de esta manera evitar el fenómeno de “surge”. La lógica de control y operación de estas válvulas se define en acción conjunta con Solar turbines, quien es el proveedor de los equipos de compresión en la Estación de Compresión El Fuerte.

Las líneas de descarga de los turbocompresores contarán con las válvulas de seguridad, PSV030301/030401/030501 pilotadas, con punto de ajuste de 11 032 kPa man (1 600 psig), I, la cual permitirá proteger el sistema de una sobrepresión debido a un desbocamiento del compresor. El turbocompresor TC-030301 descargará a través de la línea 16"-GN-030303- E0A1-1"-PP hacia el enfriador de gas E-030601. El turbocompresor TC-030402 descargará a través de la línea de 16"-GN- 030403-E0A1-1"-PP hacia el enfriador de gas E-030702. El turbocompresor TC-030503 descargará a través de la línea de 16"-GN-030503-E0A1-1"-PP hacia el enfriador de gas E-020803.

Los turbocompresores estarán operando en configuración 2+1 (dos en operación y uno de relevo).

V.2.3.1.10 Enfriadores E-030601/030702/030803

Una vez que el gas se comprime por medio de los turbocompresores TC-030301/030402/030503, el gas natural se enviará a los soloaires E-030601/030702/030803 del tipo tiro forzado con una capacidad térmica que asegure que la temperatura de salida sea de 49 °C (120.2 °F). Aguas abajo de los aeroenfriadores, el gas es conducido a través de las líneas de 16"-GN- 030626/030726/030826D0A1 donde se tienen instaladas válvulas de bloqueo manual (HV-030601/030702/030802) para operación, así como también se tiene instalado un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT-020601/020701/020801 y PIT-020601/020701/020801, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta presión y baja presión.

Todas las bahías de enfriamiento cuentan con líneas de dren y venteo para mantenimiento, cada aeroenfriador contará con 8 bahías y 2 ventiladores por ventilador, la capacidad y diseño de los aeroenfriadores será definida en la Ingeniería de Detalle.

En línea con el sentido de flujo se dispondrá de un medidor de flujo tipo placa de orificio, FE-030602/030702/030802, el cual contará con un lazo de control a partir del TE-030602/030702/030802, PIT030602/030702/030802 y FIT-030602/030702/030802, los cuales envían la señal al PLC-TC del turbocompresor para medir el flujo de gas e indicar de manera remota mediante el flujo, FI-030602/030702/030802. En el sistema de control de proceso se mostrará una alarma por alto flujo y por bajo flujo.

De las líneas 16"-GN-030626/030726/030826-E0A1 se extraen las siguientes líneas de venteo con dirección a la columna de venteo: 8"-V-030601/030702/030802-E0A1, las cuales cuentan con la válvula BDV-030601/030702/030802.

De las líneas 8"-V-030601/030702/030802-E0A1, aguas arriba de la válvula BDV se extrae las líneas de venteo hacia el sistema de recuperación de venteos 3"-V-030660/030760/030860-D0A1, las cuales cuentan con doble válvula de bloqueo manual, la primera de ellas cerrada con candado y la segunda se encontrará normalmente cerrada, esto para evitar que haya un flujo sobre la línea cuando el compresor se encuentre encendido.

Aguas arriba de las líneas de venteo, se sustrae la línea de “anti-surge”, 16"-GN-030631/030731/030831-E0A1, que se conecta en la succión de los turbocompresores TC-030301/030402/030503.

Las líneas 16"-GN-030631/030731/030831-E0A1, contarán con una válvula de anti-surge de bola, ASV-030301/030401/030501, las cuales estarán gobernadas por el PLC del turbocompresor y su función principal será proteger el compresor del fenómeno de “surge” al aumentar el volumen y la presión del gas en la succión. La condición a fallo de la válvula ASV será su apertura, sin embargo, la filosofía de control de estas válvulas será alcance del proveedor de los turbocompresores.

Agua abajo de las líneas de venteo, se tienen las líneas de gas de sellos, 1"-GS-030656/030756/030856-E0A1, que se envía hacia los paquetes PA-032101/032202/032303.

Continuando con el flujo de gas se instalarán las válvulas SDV-030601/030701/030801 las cuales contarán con la línea de bypass 4"-GN-020628/020728/020828-D0A1, la cual cuenta con la válvula manual HV-030601/030701/030801 tipo bola de 4 pulgadas. La presión diferencial de esta línea será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT-030601/030701/030801, el cual estará comunicado con el SCP y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

Para aislar el tren de compresión y enfriamiento se contará con las válvulas automáticas de corte MOV-030602/030702/030802. La apertura o cierre de estas válvulas se ejecutará mediante el SCP y accionarán a su última posición en caso de falla.

Las válvulas MOV-030602/030702/030802 contarán con la línea de bypass 4"-GN-030629/030729/030829-D0A1, la cual cuenta con la válvula manual HV-030602/030702/030802 tipo bola de 4 pulgadas. La presión diferencial de esta línea será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT-030602/030702/030802, el cual estará comunicado con el SCP y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

Posteriormente, las salidas de los enfriadores se descargarán hacia el cabezal 30"-GN-032506-D0A1, donde gas pasará por una muestra a la unidad de análisis (tipo shelter) en sitio para analizar la calidad de la mezcla de gas, la cual consistirá en los siguientes componentes para el análisis de la calidad del gas:

- ⊕ Azufre total (St) y H₂S, AIT-032501/032502.
- ⊕ Humedad (H₂O), AIT-032503.
- ⊕ Composición del gas (cromatógrafo de gases de hasta C9+), AIT-032504.
- ⊕ Oxígeno (O₂), AIT-032505.

En los analizadores, se encuentran configuradas alarmas por alta (H) y alta-alta (HH) concentración de los componentes, conforme a lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.

El cromatógrafo de gases tendrá la capacidad de analizar la composición de gas desde C1 hasta C9+, poder calorífico, punto de rocío y gravedad específica de la corriente a través de columnas empacadas y detectores de conductividad térmica tipo termistor, el equipo incluye todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas patrón con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos con una repetitividad de $\pm 0,5$ BTU/1 000 ft³ estándar.

El analizador de humedad estará disponible para determinar la cantidad de humedad del gas de manera directa y cuantitativa, sin interferencia debido a la presencia de H₂S, CO₂ o NH₃ en la corriente de gas, con una repetitividad de 0.2 ppmv o 1% de la lectura (el mayor de los dos), el flujo de muestra de 750 ml/min a 103.4 kPa man (15 psi), el equipo tiene un acondicionador de muestra con filtro medidor y válvulas. El analizador cumple con el método de prueba establecido en la Norma ASTM-D- 5454-04 para celdas tipo laser que requiere un mínimo mantenimiento anual, tiene un rango de operación de 0-20 ppmv y una repetitividad de ± 500 ppb, con un sistema de muestreo con los accesorios necesarios para la correcta operación del equipo fabricados en acero inoxidable 316.

Se tomará una muestra mensual de gas natural se enviará a un laboratorio de prueba acreditado, con la finalidad de contar con un patrón de referencia y garantizar la precisión del análisis de composición de gas natural del cromatógrafo de gas instalado. Los procedimientos para el análisis del gas natural serán de conformidad con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.

El SCADA recibirá señales del equipo analizador y las alarmas configuradas por alta concentración de H₂O, H₂S, azufre total y O₂. En caso de presentarse un alto contenido de C9+ o de alguno de los parámetros de calidad en la corriente de gas, según lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010. El operador decidirá cuál será la acción para seguir en la aparición de dichas alarmas.

El computador de flujo FQI-030201 enviará las señales de estas variables al SCP y posteriormente al SCADA, en donde se tendrá indicación de cada una de ellas.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 30"-GN-032506-D0A1 se derivará una línea de venteo aguas abajo de la toma de muestra de analizadores de calidad, 8"- V-030658-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-032502 con su placa RO-032502 para ventear el gas hacia la columna de venteo V-032601 y así proteger la instalación.

Aguas abajo de la línea de venteo por emergencia se tiene instalada una válvula de seccionamiento tipo bola con actuador eléctrico, MOV-032501, con posición a falla del actuador en su última posición.

Así mismo, la MOV-032501 contará con una válvula manual de carga HV-032501 que enviará una señal de posición al SCADA. La válvula HV-032501 facilitará las operaciones de empacado, purgado y apertura

de la válvula MOV-032501. Contará además con un transmisor de presión diferencial PDIT-032501, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Posteriormente se monitoreará la presión por medio del PZIT-032501 y PZIT-032502, los cuales estarán configurados con alarmas por alta y alta-alta presión. La señal de alarma por alta-alta presión enviará una señal para cierre de la válvula ESDV-032501, garantizando así la seguridad de la instalación por condiciones inseguras de alta presión en el ducto, activando el sistema de paro por emergencia.

Así mismo, la ESDV-032501 contará con una válvula manual de carga HV-032502 que enviará una señal de posición al SCADA. La válvula HV-032502 para cargar el sistema durante el arranque, abriendo dicha válvula. Contará además con un transmisor de presión diferencial PDIT-032502, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

En sentido de flujo de corriente aguas abajo, se conectará la línea de bypass de la etapa de compresión (30"-GN-030217-D0A1) a la línea de descarga 30"-GN-032506-D0A1 en caso de que las condiciones de operación requieran aislar la etapa de compresión.

En la salida de la Estación de Compresión El Fuerte se tiene un monitoreo remoto en el sistema de control de proceso de la temperatura y presión mediante el TIT-032501 y PIT-032501, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por muy alta temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión.

En la salida de la estación se instalará una trampa de envío de diablos, TED-032501, para la limpieza e inspección del ducto. La trampa incluirá una válvula manual de bloqueo tipo bola de 30 pulgadas, dos sensores locales de paso de diablos, XS- 032501/032502, dos líneas de pateo conectadas a la línea 30"-GN-032501-D0A1, además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-032501, como en la línea de recibo, PG-032502. Aguas abajo de la trampa se instalará un junta monoblock, JAM-32501, para proveer un aislamiento de la protección catódica del ducto hacia los componentes de la Estación de Compresión El Fuerte.

V.2.3.1.11 Sistemas auxiliares

Sistema de condensados.

El sistema de condensados estará conformado por un tanque de condensados T-030901 que opera a presión atmosférica y un cabezal de condensados, 4"-CD-030902-A0A1. En este cabezal se recibirán todos los condensados de los equipos de la Estación de Compresión El Fuerte, los que corresponden a los listados a continuación:

- ⊕ Filtros coalescedores FS-032701/030102/030101/030102
- ⊕ Paquetes de acondicionamiento de gas combustible PA-031601/031702/031803.
- ⊕ Paquetes de gas de sellos PA-032001/032101/032301.
- ⊕ Turbinas de gas TG-031301/031402/031503.
- ⊕ Tanque Booster de gas de venteos R-032601.

Este tanque de condensados T-030901 contará con una capacidad requerida de 1 m³ un arrestador de flama, AF-030901, un vidrio de nivel, LG-030901, y un transmisor indicador de nivel, LIT-020901, el cual monitoreará el nivel desde el SCP. El transmisor LIT-030901 contará con alarmas configuradas por alto y muy alto nivel de condensados. Este tanque estará fabricado para una presión de diseño de 1,034 kPa man (150 psig) y una temperatura de diseño de 50 °C (122 °F).

Sistema de drenajes aceitosos.

El sistema de drenaje aceitoso estará integrado por un tanque de aceite residual, T-031001, bombas de aceite residual de doble diafragma/neumática actuadas con aire de planta, B-031001A/R, y un cárcamo seco T-031002.

Los condensados acumulados en el tanque de condensados se enviarán a un carro tanque para su disposición final, mediante una conexión rápida de manguera dispuesta para tal fin.

El sistema de drenaje aceitoso estará integrado por un tanque de aceite residual, T-031001, bombas de aceite residual de doble diafragma/neumática actuadas con aire de planta, B-031001A/B, y un cárcamo seco T-031002.

Los drenajes de aceite residual de las turbinas TG-031301/031402/031503 serán enviados por gravedad a través de las líneas 3"-ARS- 031309-A0A1, 3"-ARS- 031409-A0A1 y 3"-ARS- 031509-A0A1, hasta el cabezal 3"-ARS- 031001-A0A1, el cual enviará los drenajes aceitosos hasta el tanque de aceite residual T-031001.

En el tanque de aceite residual T-031001 cuenta con un LIT-031001, mediante el cual se monitorea el nivel del tanque en el sistema de control de proceso a través de la indicación LI-031001, donde se tienen configurada la alarma por alto nivel.

El tanque de aceite residual T-031001 se encuentra enterrado en el cárcamo seco T-031002. El aceite residual almacenado en el tanque T-031001, se enviará por medio de las bombas de aceite residual B-031001A/R a un carro tanque para su disposición final.

Sistema de aire de planta e instrumentos.

El sistema de aire de planta y de instrumentos, estará constituido por dos compresores de aire, C-031101/031102, uno normalmente en operación y el otro en modo disponible; dos secadoras de aire, SA-031101/031102, un equipo operando y otro disponible; prefiltros de aire, FS-031101A/031102A, uno operando y uno en espera, posfiltros de aire FS-031101B/031102B, uno operando y uno en espera; así como un tanque acumulador de aire de instrumentos, R-031101. El paquete de compresores y secadora de aire cuentan con controlador de equipo paquete para ejecutar toda la lógica de control.

El proceso inicia cuando uno de los compresores toma aire de la atmósfera y lo comprime hasta una presión máxima de 150 psig. Cada compresor contará con un panel de control comunicado con el SCP las principales señales de funcionamiento arranque y paro del compresor. Posteriormente el aire será enviado hacia el cabezal 3"-IA-031101-A1W5, en el cual se colocará un indicador de presión, PG-031101.

Posteriormente el aire se enviará hacia el prefiltros de aire FS-031101A/031102A, enseguida pasará a la secadora, SA-031101/031102, para remover la humedad hasta alcanzar un punto de rocío de -40 °C, después el aire fluirá hacia el posfiltro FS-031101B/031102B, donde a su salida se contará con un transmisor de humedad, el cual se configurará con alarma por alta humedad.

Enseguida, el aire fluirá hacia el tanque acumulador de aire de instrumentos, R-031101, a través de la línea 3"-AI-031106- A1W5. Este tanque contará con una válvula de seguridad, PSV-031101, la cual será calibrada a 16.5 psig, así mismo, se instalará un manómetro, PG-031103, un vidrio de nivel, LG -031101 y un transmisor indicador de presión, PIT-031101, el cual se conectará al sistema de control de proceso y se configurarán alarmas por alta presión y por baja presión de 696.37 kPa man (101 psig), así como interruptores configurados en el sistema de control de proceso (PSH-031101 / PSL-031101) para el paro y arranque del compresor respectivamente.

La salida de aire del recipiente R-031101 será a través de la línea principal 3"-AI-021108-A1W5, que se conectará con la línea 3"-AI-031111-A1W5 sobre la cual se localizará la PCV-031103, calibrada para reducir la presión del aire a 965.25 kPa man (140 psig). El aire continuará sobre la línea 3"-AI-031111-A1W5, donde se localizará un transmisor indicador de presión, PIT-031102 el cual mediante el PIC-031102, se tendrá comunicación con la válvula ON/OFF, XV-031101, ubicada en la línea 2"-AP-031109-A1W, para que esta válvula XV-031101 cierre en el caso que la presión alcance 100 psig en la línea 3"-AI- 031111-A1W5 y no haya problemas con la distribución de aire de instrumentos aguas abajo. Siguiendo este mismo criterio, la acción de la válvula en caso de falla del actuador es cerrar.

Posteriormente se tiene el PZIT-031102 donde se encuentran configuradas alarmas por alta presión, baja y baja-baja presión, conectado al SPE.

De la línea 3”-IA-031108-A1W5 parte la línea de aire de planta 2”-PA-031109-A1W5, en la cual se localizará la XV-031101 y más adelante la PCV-031102, calibrada a 689.5 kPa man (100 psig), posterior a la PCV se encontrará el manómetro PG- 031102. La línea 2”-PA-031109-A1W5 se interconectará al cabezal general de aire de planta para la distribución en la estación.

Sistema de agua de servicios.

El sistema de agua de servicio debe incluir un tanque de almacenamiento con número de identificación T-031201, construido en fibra de vidrio, con acabado antibacterial, con tapa semielíptica y fondo plano, que asegure las necesidades de agua de las tomas de servicio del taller y del área de campo, así como el volumen de agua requerido para la operación de las instalaciones dentro de los sanitarios y cuartos de aseo que están considerados en el arreglo arquitectónico. La demanda de agua se estimará con base al número de personas (personal de operación, personal de servicio externo y visitantes) que se encuentren dentro de la Estación de Compresión El Fuerte. El suministro de agua hacia la Estación de Compresión El Fuerte será por medio de autotanques tipo cisterna.

El sistema hidroneumático contará con dos bombas centrífugas P-031201/P-031202, una en operación y otra en espera, así como un tanque precargado con membrana R-0311201. Dentro del alcance se debe incluir el suministro, selección, interconexión, prueba y puesta en operación del equipo hidroneumático, el cual es tipo paquete.

El agua de servicios contará con un tanque de almacenamiento T-031201 con capacidad para almacenar 10,000 litros. El llenado de agua hacia el tanque será por medio de la tubería 3”-AS-031201-A1A7 por medio de pipas o autotanques de forma semanal (cada 7 días).

El arranque y paro de las bombas de agua de servicios B-031201/031202 estará en función de los interruptores por alta y baja presión, PSH-031203 y PSL-031203, instalados en la línea de salida del tanque hidroneumático R031201, 2”-AS-031227-A1A7, así mismo se contará con un permisivo para el arranque de estas bombas en función del nivel presente en el tanque de almacenamiento, estas alarmas.

Estarán configuradas en el transmisor indicador de nivel LIT-031201 contará con un enlace al sistema de control de proceso para monitorear los niveles (máximo y mínimo) en el tanque T-031201 y estará configurado con alarmas por muy bajo y bajo nivel, así como alto-alto y alto nivel.

El tanque hidroneumático a presión, R-031201, contará con instrumentación local para el monitoreo de presión mediante el PG-031203; adicional se tendrán instalados interruptores por alta/baja presión, PSH-031203 y PSL-031203, además de un transmisor indicador de presión, PIT-021303, con indicación de alarma por alta y baja presión en el cuarto de control en la línea de salida del tanque hidroneumático 2”-AS-031230-A1A7. El equipo paquete hidroneumático incluirá un controlador para ejecutar toda la lógica de control.

Sistema de acondicionamiento de gas combustible a TG-031301.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PA-031601 por la línea 3”-GN-030510-D0A1, sobre la cual se contará con la válvula ESDV-031601 y el transmisor indicador de presión PZIT-031601. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta presión y baja-baja presión, las cuales serán monitoreadas en el sistema de paro de emergencia.

Así mismo, la ESDV-031601 contará con la línea de igualación 1”-GN-031601-D0A1 con la válvula manual HV-021702, que contará además con un transmisor de presión diferencial PDIT-021703, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV-031601. El PDIT-031601 estará configurado con una alarma por alta presión diferencial.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-031601/031602, uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT031601/031611, enviando una señal para lectura remota, PDI-031601/0317611, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores PDIT-031601/031611 se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-031601/031611, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-031601/031611, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros FS-031601/031602 se localizarán las válvulas de seguridad PSV-031601A y PSV- 031611B, las cuales desfogarán a un cabezal de recolección para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 8,721.9 kPa man.

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-031601/031602, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura máxima de salida del gas en el paquete sea de 49 °C (120.2 °K). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por la turbina TG-031301, para ello se contará con transmisores indicadores de temperatura, TIT-031601E/031601Fy TIT-031602E/031602F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores contarán con válvulas de seguridad, PSV-031601A y PSV-031602B, las cuales estarán calibradas a 8,721.9 kPa man (1,265 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-031601/031603, con punto de ajuste de 3,102.59 kPa man (450 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor”, PCV-031602/031604, con punto de ajuste de 3254.27 kPa man (472 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3”-GC-031601-B0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-031603, la cual se calibrará a 3,447.4 kPa man (500 psig) y desfogará el gas hacia la atmósfera a lugar seguro.

Sobre la línea 3”-GC-031601-B0A1 se localizará el instrumento PZIT-031601, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al Sistema de Paro de Emergencia (SPE), que cuenta con alarmas por alta-alta presión y baja presión (Tabla 59 Alarmas de presión, Línea de descarga de PA-031601 y GN0621-PR-200-FO-001 Filosofía de Operación. Aguas abajo del PZIT-031601, la línea de salida contará con la válvula ESDV- 031602 y la válvula BDV-031601, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia.

La válvula BDV-031601 cuenta con posición de apertura a falla del actuador y por consecuencia a paro únicamente de los equipos relacionados a este paquete (PA-031601, TC-030301, PA-032001). Finalmente, el gas combustible se enviará hacia la turbina TG-031301 por la línea 3”-GC-031601-B0A1.

Sistema de turbina TG-031301/031402/031503.

Por cuestiones de mantenimiento de las turbinas TG-031301 / 031402 /031503, se drenará la carcasa del compresor (boquilla 130) y el sistema de gas de sello (boquilla 174), de cada uno de los equipos de compresión.

Para la realización del drenado de la carcasa del compresor y el sistema de sello, primero es necesario liberar la presión en los equipos citados, dicha maniobra a realizarse mediante la despresurización de todo el tren de compresión hacia el sistema de recuperación de venteos, esto mediante las líneas 3”-V-030659-D0A1 / 3”-V030759-D0A1 3”-V-030861-D0A1, una vez realizado esto, es posible realizar el drenado de las conexiones 130 y 174 de la turbina de Solar.

El resultado del dren realizado será recolectado mediante el uso de charolas, para su almacenamiento y posterior disposición por medio de una empresa autorizada.

Sistema de acondicionamiento de gas combustible a TG-031402.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PA-031702 por la línea 3"-GN-030511-D0A1, sobre la cual se contará con la válvula ESDV-031701 y el transmisor indicador de presión PZIT-031701. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta presión y baja-baja presión, las cuales serán monitoreadas en el sistema de paro de emergencia.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-031701/031702, uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT031701/031702, enviando una señal para lectura remota, PDI-031701031702, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores PDIT- 031701/031702 se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-031701/031702, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-031701/031702, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros FS-031701/031702 se localizarán las válvulas de seguridad PSV-031701A y PSV-031702A, las cuales desfogarán a un cabezal de recolección para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 8,721.9 kPa man (1,265 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-031701/031702, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura máxima de salida del gas en el paquete sea de 49 °C (120.2 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por la turbina TG-031402, para ello se contará con transmisores indicadores de temperatura, TIT-031701E/031701F y TIT-031702E/031702F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores contarán con válvulas de seguridad, PSV-031701A y PSV-031701B, las cuales estarán calibradas a 8,721.9 kPa man (1,265 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-031701/031703, con punto de ajuste de 3,102.59 kPa man (450 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor”, PCV-031702/031704, con punto de ajuste de 3,254.27 kPa man (472 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-GC-031702-B0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-031703, la cual se calibrará a 3,447.4 kPa man (500 psig) y desfogará el gas hacia la atmósfera a lugar seguro.

Sobre la línea 3"-GC-031702-B0A1 se localizará el PZIT-031702, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión y baja presión. Aguas abajo del PZIT-031702, la línea de salida contará con la válvula ESDV-031702 y la válvula BDV-031701, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia.

La válvula BDV-031703 cuenta con posición de apertura a falla del actuador y por consecuencia a paro únicamente de los equipos relacionados a este paquete (PA-031702, TC-030402, PA-032102) Finalmente, el gas combustible se enviará hacia la turbina TG-031402 por la línea 3"-GC-031702-B0A1.

Sistema de acondicionamiento de gas combustible a TG-031503.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PA-031803 por la línea 3"-GN-030512-D0A1, sobre la cual se contará con la válvula ESDV-031801 y el transmisor indicador de presión PZIT-031801. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta presión y baja-baja presión, las cuales serán monitoreadas en el sistema de paro de emergencia.

Así mismo, la DV-031801 contará con la línea de igualación 1"-GN-031801-D0A1 con la válvula manual HV031801, que contará además con un transmisor de presión diferencial PDIT-031803, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV-031801. El PDIT-031803 estará configurado con una alarma por alta presión diferencial.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-031801/031802, uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT031801/031802, enviando una señal para lectura remota, PDI-031801/031802, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores PDIT-031801/031802 se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-031801/031802, los cuales enviarán una señal al sistema de control de proceso, LI-031801/031802, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros FS-031801/031802 se localizarán las válvulas de seguridad PSV-031801 y PSV-031802, las cuales desfogarán a un cabezal de recolección para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 8,721.9 kPa man (1,265 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-031801/031802, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura máxima de salida del gas en el paquete sea de 49 °C (120.2 °K). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por la turbina TG-031503, para ello se contará con transmisores indicadores de temperatura, TIT-031801E/031801F y TIT-031802E/031802F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores contarán con válvulas de seguridad, PSV-031801B y PSV-031801B, las cuales estarán calibradas a 8,721.9 kPa man (1,265 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-031801/031803, con punto de ajuste de 3102.59 kPa man (450 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor”, PCV-031801/031904, con punto de ajuste de 3,254.27 kPa man (472 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3”-GC-031801-B0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-031803, la cual se calibrará a 3,447.4 kPa man (500 psig) y desfogará el gas hacia la atmósfera a lugar seguro.

Sobre la línea 3”-GC-031801-B0A1 se localizará el PZIT-031801, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión y baja presión. Aguas abajo del PZIT-031802, la línea de salida contará con la válvula ESDV-031802 y la válvula BDV-031801, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia.

La válvula BDV-031801 cuenta con posición de apertura a falla del actuador y por consecuencia a paro únicamente de los equipos relacionados a este paquete (PA-031803, TC-030503, PA-032203) Finalmente, el gas combustible se enviará hacia la turbina TG-031503 por la línea 3”-GC-031801-B0A1.

Sistema de acondicionamiento de gas combustible hacia moto generadores

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PA-031904 por la línea 3”-GN-030513-D0A1, sobre la cual se contará con la válvula ESDV-031901 y el transmisor indicador de presión PZIT-031901. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta presión y baja-baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Así mismo, la ESDV-031901 contará con la línea de igualación 1”-GN-031901-D0A1 con la válvula manual HV-031901, que contará además con un transmisor de presión diferencial PDIT-031903, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV-031904. El PDIT-031903 estará configurado con una alarma por alta presión diferencial.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-031901/031902, uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-031901/031902, enviando una señal para lectura remota, PDI-031901/031902, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores PDIT-031901/031902 se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial.

De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-031901/031902, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-031901/031902, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros FS-031901/031902 se localizarán las válvulas de seguridad PSV-031901A y PSV-031902A, las cuales desfogarán a un cabezal de recolección para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 8 721.9 kPa man (1265 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-031901/031902, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura máxima de salida del gas en el paquete sea de 49 °C (120.2 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por los moto generadores GE-032301/032302/032303, para ello se contará con transmisores indicadores de temperatura, TIT-031901A/031901B y TIT-031902A/031902B, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores contarán con válvulas de seguridad, PSV-031901B y PSV-031902B, las cuales estarán calibradas a 8,721.9 kPa man (1,265 psig) para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia la primera y segunda etapa de regulación de presión, ambos en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En la primera etapa de regulación se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-031901/031903, con punto de ajuste de 1723.7 kPa man (250 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor”, PCV-031902/031904, con punto de ajuste de 1,482.38 kPa man (215 psig). Aguas abajo de la primera etapa de regulación de presión, se localizará el transmisor indicador de presión PIT-031901, el cual será configurado con una alarma por alta presión y baja presión para monitorear esta variable en caso de falla de las válvulas de control de presión de la primera etapa. En la segunda etapa de regulación se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV031905/031907, con punto de ajuste de 299.92 kPa man (43.5 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor”, PCV-031906/031908, con punto de ajuste de 330.94 kPa man (48 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 4”-GC-031901-A0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-031903, la cual se calibrará a 599.84 kPa man (87 psig) y desfogará el gas a la atmósfera hacia un lugar seguro.

Sobre la línea 4”-GC-031901-E0A1 se localizará el PZIT-031901, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión y baja presión. Aguas abajo del PZIT-031901, la línea de salida contará con la válvula ESDV-031902 y la BDV-031901, los cuales se activarán desde el SPE en un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia los moto generadores GE-032301/302/303 por la línea 4”-GC-031902-A0A1.

Sistema de gas de sello a turbina TG-031301/ 031402/031503.

A turbina TG-031301.

En la línea de descarga del soloaire E-030601, 16”-GN-030626-D0A1, se derivará una línea de gas de sellos, 1”-GS-030656- E0A1, hacia el paquete de acondicionamiento de gas de sello PA-032001. El gas de sellos entrará a los filtros F-032001/032002, uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-032001/032002, enviando una señal para lectura remota, PDI-032001/032002, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores PDIT032001/032002 se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-032001/032002, los cuales enviarán una señal al sistema de control de proceso, LI032001/032002, y estarán configurados con alarmas de alto-alto y alto nivel y bajo nivel.

En los filtros FS-032001/032002 se localizarán las válvulas de seguridad PSV-032001A y PSV-032002A, las cuales desfogarán a un cabezal de recolección para ventear a la atmósfera hacia lugar seguro. El punto de ajuste será de 10,018.12 kPa man (1,453 psig).

En la siguiente sección, el gas de sellos ingresará a los calentadores de gas HE-032001/032002, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido a 358.15 °K (85 °C). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por la turbina TG-031301, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-032001E/032001F y TIT-032002E/032002F, con configuración de alarmas por alto-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores contarán con válvulas de seguridad, PSV-032001B/032002B, las cuales estarán calibradas a 10,018.12 kPa man (1,453 psig) para proteger el calentador de gas.

Posterior al paquete de acondicionamiento de gas de sellos PA-032001, sobre la línea 1"-GS-032001-E0G1-1"-PP se localizará el PZIT-032001, el cual enviará la señal de presión al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión. Enseguida, el gas de sellos se enviará a través de la línea 1"-GS-032001E0G1-1"- a la conexión de alimentación de la turbina TG-031301.

Los condensados que se recolecten en el paquete de acondicionamiento PA-032001 serán enviados a través de la línea 2"-CD-032001-A0A1 al tanque de condensados T-030901.

A turbina TG-031402.

En la línea de descarga del soloaire E-030702, 16"-GN-030726-D0A1, se derivará una línea de gas de sellos, 1"-GS-030756-E0A1, hacia el paquete de acondicionamiento de gas de sello PA-032101. El gas de sellos entrará a los filtros FS-032101/032102, uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-032101/032102, enviando una señal para lectura remota, PDI-032101/032102, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores PDIT032101/032102 se configurarán alarmas por muy alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-032101/032102, los cuales enviarán una señal al sistema de control de proceso, LI032101/032102, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros FS032101/032102 se localizarán las válvulas de seguridad PSV-032101A y PSV-032102A, las cuales desfogarán a un cabezal de recolección para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 10,018.12 kPa man (1,453 psig).

En la siguiente sección, el gas de sellos ingresará a los calentadores de gas HE-032101/032102, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido a 358.15 °K (85 °C). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por la turbina TG-031402, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-032101E/032101F y TIT-032102E/032102F, con configuración de alarmas por muy alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores contarán con válvulas de seguridad, PSV-032101B/032102B, las cuales estarán calibradas a 10,018.12 kPa man (1,453.0 psig.) para proteger el calentador de gas.

Posterior al paquete de acondicionamiento de gas de sellos PA-032101, sobre la línea 1"-GS-032101-E0G1-1"-PP se localizará el PZIT-032101, el cual enviará la señal de presión al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión. Enseguida, el gas de sellos se enviará a través de la línea 1"-GS-032101-E0G1-1"-PP a la conexión de alimentación de la turbina TG-031402.

Los condensados que se recolecten en el paquete de acondicionamiento PA-032101 serán enviados a través de la línea 2"-CD-032101-A0A1 al tanque de condensados T-030901.

Adicional, se tiene una línea de gas de sello 1"-GN-030501-D0A1, para el arranque en frío de los compresores compartida para todos los sistemas de sello, para posteriormente cerrarse y tomar el gas de sello como se describe anteriormente.

A turbina TG-031503.

En la línea de descarga del soloaire E-030803, 20"-GN-030826-E0A1, se derivará una línea de gas de sellos, 1"-GS-030856-E0A1, hacia el paquete de acondicionamiento de gas de sello PA-032203. El gas de

sellos entrará a los filtros FS-032201/2, uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-032201/032202, enviando una señal para mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-032201/032202, enviando una señal para lectura remota, PDI-032201/032202, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores PDIT032201/032202 se configurarán alarmas por muy alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-032201/032202, los cuales enviarán una señal al SCP, LI032201/032202, y estarán configurados con alarmas de muy alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros FS-032201/2 se localizarán las válvulas de seguridad PSV-032201A y PSV-032202A, las cuales desfogarán a un cabezal de recolección para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 10,018.12 kPa man (1,453 psig).

En la siguiente sección, el gas de sellos ingresará a los calentadores de gas HE-032201/2, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido a 358.15 °K (85 °C). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por la turbina TG-031503, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-032201E/032201F y TIT-032202E/032202F, con configuración de alarmas por muy alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores contarán con válvulas de seguridad, PSV-032201B/032202B, las cuales estarán calibradas a 10,018.12 kPa man (1,453 psig) para proteger el calentador de gas.

Posterior al paquete de acondicionamiento de gas de sellos PA-032203, sobre la línea 1"-GS-032201-E0G1-1"-PP se localizará el PZIT-032201, el cual enviará la señal de presión al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión. Enseguida, el gas de sellos se enviará a través de la línea 1"-GS-032201E0G1-1"-PP a la conexión de alimentación de la turbina TG-031503.

Los condensados que se recolecten en el paquete de acondicionamiento PA-032203 serán enviados a través de la línea 2"- CD-032201-A0A1 al tanque de condensados T-030901.

Sistema de generación a gas.

La Estación de Compresión El Fuerte contará con un suministro eléctrico principal con la finalidad de que la estación pueda operar continuamente, sin interrupciones, mediante el sistema de generación eléctrico principal será por medio de tres (3) generadores a gas en servicio continuo, servicio prime de 1 429/1,786 kVA kW, 480 Volts, 3 fases, 60 Hz, de acuerdo con el estándar de diseño NEMA MG-1, en arreglo 2+1. GE-032301/032302/032303. Los generadores operarán mediante gas combustible proveniente del paquete de acondicionamiento PA-031904. Adicionalmente, la estación contará con un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS, por sus siglas en inglés) con su respectivo banco de baterías para respaldar la carga crítica durante un tiempo de 4 horas (esta información será confirmada en la Ingeniería de Detalle).

Los generadores de energía eléctrica GE-032301/032302/032303, serán alimentados por gas combustible proveniente del paquete de acondicionamiento PA-031904, a través de la línea 4"-GC-031901-A0A1. Sobre esta línea se encuentra el medidor de flujo FE/FIT-032304, el cual cuenta con un elemento de temperatura, TE-032304, y un indicador de presión, PI-032304, para el cálculo de corrección en el flujo volumétrico. El TE-032304 se configurará con valores de alarma por baja- baja temperatura, baja temperatura y alta-alta temperatura. El PI-032304 se configurará con valores de alarma por alta-alta presión, alta presión y baja-baja presión. El FIT-032304 contará con alarmas por alto flujo y por bajo flujo. Estos instrumentos transmisores enviarán una señal al SCP para monitorear de manera remota, TI-032304, PI-032304 y FQI-032304, la temperatura, presión y flujo enviado hacia los generadores.

Del cabezal de suministro de gas combustible a los generadores, 4"-GC-031901-A0A1, se deriva el sub-cabezal 4"-GC- 032303-A0A1 y de él, las líneas 3"-GC-032304-A0A1, 3"-GC-032305-A0A1 y 3"-GC-032306-A0A1 que alimentarán hacia los generadores GE-032301/032302/032303.

Sobre la línea 3"-GC-032304-A0A1 de alimentación al GE-032301, se cuenta con el PG-032301 para monitoreo local de la presión, así como el TIT-032301, el cual enviará el monitoreo de la temperatura del gas combustible hacia el tablero de control local y hacia el SCP.

Sobre la línea 3"-GC-032305-A0A1 de alimentación al GE-032302, se contará con el PG-032302 para monitoreo local de la presión, así como el TIT-032302, el cual enviará el monitoreo de la temperatura del gas combustible hacia el tablero de control local y hacia el SCP.

Sobre la línea 3"-GC-032306-A0A1 de alimentación al GE-032303, se contará con el PG-032303 para monitoreo local de la presión, así como el TIT-032303, el cual enviará el monitoreo de la temperatura del gas combustible hacia el tablero de control local y hacia el SCP.

Como servicio auxiliar, los generadores utilizan aceite lubricante, para lo cual se contará con el tanque de almacenamiento T-032301. Este tanque es atmosférico y contará con una toma de conexión para el llenado a través de pipas, un venteo tipo cuello de ganso, así como un vidrio de nivel, LG-032301, para monitorear el nivel del aceite lubricante en el tanque.

El suministro de aceite lubricante se hace por gravedad hacia los generadores, para lo cual se cuenta con las líneas 1"-AL- 032301-A0G5, 1"-AL-032302-A0G5 y 1"-AL-032303-A0G5 que envían el aceite al GE-032301/032302/032303 respectivamente.

Los generadores contarán con una válvula de 1" pulgada para el drenado del aceite de lubricación usado, la disposición final del aceite se llevará a cabo de forma manual en tambores.

Sistema de venteo general.

El sistema de venteo general estará integrado por dos cabezales, uno de baja presión, que se divide en los siguientes tramos: 16"-V-032401-A0A1 y 16"-V-032402-A0A1.. Y un cabezal de alta presión que se divide en los siguientes tramos: 10"-V-032403-A0A1 y 10"-V-032504-A0A1, los cuales concurren en la columna de venteo V032401.

Los venteos de baja presión de la BDV-030306 del cabezal de succión de baja presión, así como de las BDV031601, BDV-31701, BDV-031801, BDV-031901, BDV-032801, se recibirán en el cabezal de baja presión.

En el cabezal de alta presión se recibirán los venteos de las BDV-030601, BDV-030702, BDV-030803 y BDV-03250.

La columna de venteo V-032401 opera a presión atmosférica.

Sistema de recuperación de venteos.

Al sistema de recuperación de gas de venteos llegan por medio del cabezal 4"-V-032601-D0A1 los venteos por mantenimiento de los filtros separadores FS-030101/0301102, patín de regulación ER-030201, patín de medición EM-030201, enfriadores de gas E-030601/030702/030803, trampa de diablos, TED-032501, filtros separadores FS- 032701/032702, patín de regulación ER-032801 y patín de medición EM-032801.

El gas de venteo de sello primario y secundario primario y secundario de TG-031301/031402/031503 será enviado hacia el tanque “Booster” (R-032601), por el cabezal de venteos continuos de 4"-V-032601-D0A1.

En el cabezal 4"-V-032601-D0A1 se contará con un transmisor indicador de presión, PIT-032601, con indicación de presión en el SCP, PI-032601, en el cual se configurarán una alarma por baja presión en el SCP. Así mismo, sobre este cabezal se instalará un transmisor indicador de flujo, FIT-032601, tipo multivariable y un termopar, TE022701, para hacer el ajuste por temperatura en la medición de flujo. En el SCP se tendrá una indicación de flujo, FI-032601, temperatura, TI-032601, y presión, PI-032601.

El tanque booster tipo knock-out R-032601 contará con un vidrio de nivel, LG-032601, un indicador de presión, PG-032601, y un indicador de temperatura, TW/TG-032601. Así mismo, se instalará una válvula de seguridad, PSV-032601, la cual desfogue hacia la atmósfera. El punto de ajuste será de 10,018.12 kPa

man (1,453 psig). En el fondo del tanque se recolectarán los condensados que se separan a través del demister, para posteriormente disponer de los condensados a través de la línea 2”-CD-032607-D0A1 donde se tendrá una placa de restricción RO-032601 la cual reducirá la presión, para que el fluido se pueda conducir hasta el tanque T-030901.

A la salida del tanque R-032601 se podrá enviar el gas hacia el sistema de recuperación de gas venteos PA-032601 o hacia el sistema de acondicionamiento de gas combustible a moto generadores PA-031904.

El proveedor del sistema de recuperación de gas venteos PA-032601 entregará la filosofía de operación del paquete. Este paquete tiene la función de reinyectar el gas natural a través de un motocompresor hacia el gasoducto. Así mismo, el paquete PA-032601 contará con una línea de bypass con válvula manual tipo bola y válvula check, la cual se utilizará cuando la presión sea suficiente para la reinyección del gas sin requerir la operación del PA-032601.

V.2.3.1.12 Sistemas de control en Estación de Compresión El Fuerte

a) Sistema de Control de Proceso (SCP)

La Estación de Compresión El Fuerte contará con un Sistema de Control de Proceso (SCP), el cual estará localizado en el Cuarto de Control Principal (CCP). El CCP tendrá comunicación con el Cuarto de Control Alterno (CCA) ubicado en las oficinas de Monterrey, Nuevo León, de GCN. Su funcionamiento está basado en una arquitectura de controlador maestro para enlazar las variables de operación, supervisión y control de los sistemas de proceso y servicios auxiliares.

El sistema de control de proceso tendrá la capacidad de recibir y configurar las señales de los instrumentos inteligentes de manera confiable, y poder monitorear el estado de la instrumentación en campo, la configuración de parámetros y estrategias de control.

El monitoreo y control de las variables de proceso será en tiempo real y el SCP tendrá la facultad de manejar datos históricos para efectos de análisis y reportes.

Así mismo, el SCP contará con redundancia en redes de comunicación para la integración al sistema SCADA a fin de monitorear las variables operativas desde este sistema.

b) Sistema de Paro por Emergencia (SPE).

La Estación de Compresión El Fuerte contará con un sistema de paro por emergencia localizado en el Cuarto de Control Principal (CCP), así mismo podrá ser visualizado desde el Cuarto de Control Alterno (CCA) ubicado en las oficinas de GCN. El sistema de paro por emergencia contará con una interfaz de comunicación “Ethernet” con el sistema de control de proceso para monitorear el estado de las variables de proceso.

La función principal del sistema de paro por emergencia es monitorear las variables relacionadas con las funciones de seguridad y en caso de presentarse alguna condición no segura, activar los elementos finales de control para mantener el área de compresión segura y salvaguardar la integridad del personal operativo y de las instalaciones.

El sistema de paro por emergencia estará en comunicación con el sistema de control de proceso, diseñado de acuerdo con la arquitectura del sistema de paro por emergencia. Así mismo tendrá comunicación con el sistema de fuego y gas.

El sistema de paro por emergencia de la estación contará con los siguientes niveles de paro:

- ⊕ Nivel 1 (con venteo): paro de turbocompresores, se activa el aislamiento de la Estación de Compresión.
- ⊕ Nivel 2 (sin venteo): paro de turbocompresores con recirculación, se activa el aislamiento mediante el cierre de las válvulas de cierre (SDV) en la succión y descarga de los turbocompresores y apertura de las válvulas de hot-bypass y anti-surge para asegurar un paro seguro.

El gabinete de control del sistema de paro por emergencia enviará señales con cableado físico al panel de control de turbocompresores (TCP), cerrando las válvulas de bloqueo (SDV) de succión y descarga durante un paro de emergencia y abriendo las válvulas de venteo (BVD) automáticas para desfogar de la Estación de Compresión El Fuerte, dependiendo del nivel de paro.

El sistema de paro por emergencia será capaz de, al menos, llevar a cabo las siguientes acciones básicas dependiendo de la combinación de las siguientes causas:

- ⊕ La activación de las estaciones manuales del sistema de paro por emergencia (SPE) y/o sistema de fuego y gas (SFG) en el Cuarto de Control.
- ⊕ La activación de la estación manual en salidas de emergencia y puertas de acceso.
- ⊕ La activación de la estación manual del área del turbocompresor del SPE y/o SFG.
- ⊕ Pérdida de estado “abierto” de las válvulas ESDV de corte de paro por emergencia.
- ⊕ Pérdida de estado “cerrado” de las válvulas de venteo BDV.
- ⊕ Alta-alta presión a la salida de la estación.
- ⊕ Baja-baja presión a la entrada de la estación.
- ⊕ Activación de un botón de emergencia asociado al sistema de paro por emergencia.
- ⊕ Baja-baja presión en el sistema de aire de instrumentos.
- ⊕ Después de la confirmación de al menos dos detectores de fuego y/o gas.
- ⊕ Alto-alto nivel de líquido de condensados en los filtros separadores.

c) Sistema de Fuego y Gas (SFG).

La Estación de Compresión El Fuerte contará con un sistema de detección de fuego y gas, el cual estará localizado en el sistema de control de proceso. El sistema de fuego y gas contará con una interfaz de comunicación con el sistema de control de proceso para monitorear el estado y las condiciones del sistema.

El sistema de fuego y gas estará conformado por detectores de gas combustible, detectores de flama, alarmas audibles y visibles en exteriores e interiores, estaciones manuales y de abandono. Todos los dispositivos serán cableados físicamente al sistema de fuego y gas ubicado en el cuarto de control de la estación.

El equipo y la operación del sistema de fuego y gas serán totalmente independientes en hardware y software del sistema de control de proceso.

Todas las señales entre del sistema de fuego y gas y el sistema de control de proceso estarán cableadas físicamente, para asegurar la comunicación entre ambos sistemas. En caso de confirmación de fuego y/o presencia de gas (al menos 2 detectores) dentro de la zona de proceso, de acuerdo con la matriz de causa efecto del sistema de control de presión (GN0621-IC-200-MZ-001), se notificará al sistema de control de proceso para llevar a la estación a una condición segura.

d) Sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).

La Estación de Compresión El Fuerte contará con un sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV), integrado con cámaras de CCTV, para visualizar la totalidad de la instalación y las áreas de proceso, reduciendo al mínimo los puntos ciegos dentro y fuera de la Estación de Compresión El Fuerte. Se ubicará una estación de trabajo de CCTV en la consola del operador dentro del Cuarto de Control de Proceso (CCP). El CCTV interactúa con el sistema de fuego y gas.

El sistema de CCTV generará reportes, mandando mensajes de alerta a las estaciones de trabajo. El CCTV enviará correos y mensajes telefónicos en caso de alguna detección de intrusos.

e) Sistema de Detección de Intrusos.

La estación contará con un sistema de detección de intrusos a base de fibra óptica, sensores de movimiento e interacción con el sistema de fuego y gas y CCTV para protección del perímetro de la Estación de Compresión El Fuerte.

f) Sistema de Voz y Datos.

En la Estación de Compresión El Fuerte se contará con un sistema de voz y datos, y una red de cableado estructurado, la cual tiene como finalidad proporcionar los servicios integrales de voz y datos que cubrirán todas las necesidades de comunicación requeridas actualmente y a futuro.

Se diseñará un sistema de voz y datos mediante la filosofía de una red de cableado estructurado con topología en estrella, la cual se localizará en el área de comunicaciones ubicado en el interior del cuarto de control, a partir del cual se distribuirá el cableado a los diferentes nodos o salidas de comunicaciones, conforme a los servicios requeridos en los siguientes sistemas:

Red industrial o de proceso:

- ⊕ Sistema de control de proceso (SCP).
- ⊕ Sistema de paro por emergencia (SPE).
- ⊕ Sistema de fuego y gas (SFG).
- ⊕ Sistema control de turbinas.

Red corporativa:

- ⊕ Circuito cerrado de televisión (CCTV).
- ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral.
- ⊕ Servicio de Aplicaciones Corporativas de Gasoducto Corredor Norte, S.A.P.I. de C.V.
- ⊕ Telefonía.

Se considerará el sobredimensionamiento de 30% del número de salidas de comunicaciones, por lo que se dejarán puertos de voz y datos, que en el futuro se pudieran requerir e integrarse a la red de cableado estructurado.

En cada edificio se contará con un gabinete de comunicaciones el cual se comunicará por medio de fibra óptica al cuarto de control.

La red de datos estará formada por cableado horizontal de cables de cobre UTP.

g) Sistema de espuma contra incendio.

Las válvulas del sistema de paro por emergencia ESDV incluyendo su actuador, serán protegidas con un sistema de aspersion a base de solución espumante.

Se utilizarán sistemas fijos de solución espumante premezclada conectados a un sistema de tuberías para protección mediante un sistema de aspersion a las válvulas de corte. Cada sistema incluirá una válvula solenoide la cual se activará por medio de la señal confirmada de los detectores de fuego.

El sistema tiene la intención de proporcionar una respuesta inmediata ante la presencia de un incendio. La activación de los paquetes de espuma se debe realizar de manera automática al enviarse una señal por fuego confirmado a la válvula solenoide localizada en cada uno de los paquetes de espuma, desde el Controlador del sistema de fuego y gas y por la activación de los detectores de fuego localizados en la instalación.

h) Sistema de detección, alarma y supresión en edificios.

Los sistemas de detección, alarma y supresión cumplirán con los requisitos especificados en la NFPA 72, serán del tipo inteligente y direccionable, y estarán integrados por un tablero ubicado en el Cuarto de Control.

El tablero será conectado al sistema de fuego y gas a través de protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, a fin de supervisar el estado y las condiciones de los sistemas de detección, alarma y supresión de todos los dispositivos del sistema de detección, alarma y supresión de los edificios a proteger.

El Cuarto de Control Principal, Cuarto de Gabinetes y Cuarto Eléctrico y SFI contará con un sistema de supresión de fuego a base de agente limpio en cumplimiento con la NFPA 2001.

Los sistemas de supresión de fuego a base de agente limpio FK-5-1-12 (NOVEC) serán por inundación total, con una concentración de diseño del 5% (dependiendo del tipo de instalación), tal que se alcance dicha concentración de diseño en un tiempo máximo de 10s. Después que la concentración de diseño ha sido alcanzada, esta debe mantenerse por un periodo de tiempo no menor a 10 minutos.

Sistema SCADA del Gasoducto Corredor Norte.

La operación, control y monitoreo del Sistema se llevará a cabo tanto en el cuarto de control principal ubicado en la Estación de Compresión El Fuerte y en el cuarto de control alterno localizado en las instalaciones de Monterrey, Nuevo León.

La Estación de Compresión El Fuerte tendrá considerado un cuarto de control denominado cuarto de control principal, el cual contará con un sistema de comunicación vía fibra óptica, con respaldo vía satelital, el cual tiene la función de transmitir las señales de los diferentes instrumentos provenientes del Sistema de Control de Proceso, SPE, SFG y UTR de MLV e instalación del Punto de Interconexión en Estación Limitadora de Presión (PLS), hacia el SCADA.

El sistema SCADA cumplirá al menos con las siguientes características:

- ⊕ Alta disponibilidad y confiabilidad.
- ⊕ Tolerancia a falla, sin punto único de falla.
- ⊕ Excelente rendimiento incluso bajo condiciones de carga extrema.
- ⊕ Ambiente amigable en la HMI (Interfaz Hombre – Máquina).
- ⊕ Almacenamiento de datos históricos para elaboración de tendencias y reportes.
- ⊕ Capacidad de almacenamiento.
- ⊕ Acceso seguro a datos y funciones de control.
- ⊕ Envío de datos de estado de variables a SCADA en tiempo real.
- ⊕ Sistema abierto estandarizado para protocolos e interfaces de terceros.
- ⊕ Capacidades de expansión para los 25 años de ciclo de vida del Proyecto.
- ⊕ Facilidad de mantenimiento y soporte.

El Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) consistirá en un sistema modular que integra la adquisición de datos, control, supervisión, gestión de la información en un entorno operativo multitarea en tiempo real y de manera gráfica.

Gestión de alarmas.

El sistema de alarmas será funcional para señales analógicas, digitales o puntos derivados de estas señales. Las alarmas analógicas tendrán 4 niveles de alarma: alto, bajo, alto-alto y bajo-bajo.

El sistema clasificará las alarmas por niveles de prioridad que se indicarán por la variación del color.

El sistema de alarmas supervisará la prioridad para determinar si la alarma debe sonar, ser impresa en algún dispositivo periférico o solo ser desplegadas en la Interfaz Hombre Maquina (HMI). Se tendrá la capacidad de activar, desactivar o hacer el reconocimiento de las alarmas.

El operador será capaz de ver las alarmas ordenadas por área. El sistema será capaz de mostrar alarmas reconocidas sólo de las áreas designadas a cada operador.

V.2.3.2 Línea regular (gasoducto)

El Proyecto tiene por objeto transportar gas natural mediante un gasoducto de 30” de diámetro con una capacidad de diseño de hasta 700 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD), que iniciará en la interconexión con la existente Estación de Medición Regulación y Control El Oro (EMRyC El Oro) la cual forma parte del Sistema de Transporte Guaymas - El Oro propiedad de Gasoducto de Aguaprieta, S. de R.L. de C.V. El Proyecto tendrá una longitud estimada de 81.045 km. Se compondrá de un Ducto terrestre⁹ de aproximadamente 75.442 km, así como de una Línea sumergida¹⁰ con una longitud estimada de 5.603 km, además de la infraestructura requerida para el funcionamiento de un sistema de esta naturaleza (válvulas de seccionamiento, estación de compresión, trampas de diablos, entre otros). Se prevé que la mayor parte del trazo de la Línea sumergida sea instalado fuera y en paralelo al canal de navegación secundario de la Administración del Sistema Portuario Nacional en Topolobampo (ASIPONA Topolobampo), su tramo final, de aproximadamente 1.3 km, se insertará en áreas que conforman el recinto portuario de Topolobampo, cuya administración se encuentra a cargo de la ASIPONA.

El gasoducto iniciará en la salida de la Estación de Compresión El Fuerte. A lo largo del Ducto terrestre se localizarán las válvulas de seccionamiento MLV-010101/010102/010203, las cuales estarán espaciadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

Las válvulas de seccionamiento MLV-010101/010102/010203 estarán conformadas con los siguientes elementos:

- ⊕ Botón pulsador para apertura local ubicado en la caja del actuador, HSO-010101 al HSO-010203.
- ⊕ Botón pulsador para cierre local ubicado en la caja del actuador, HSC-010101 al HSC-010203.
- ⊕ Selector de operación local/fuera/remoto, HOA-010101 al HOA-010203, ubicado en la caja del actuador.
- ⊕ Solenoide para apertura, SOV-010101 al SOV-010203, de la válvula.
- ⊕ Solenoide para cierre, SCV-010101 al SCV-010203, de la válvula.
- ⊕ Mecanismo de ruptura de línea (line break), LB, ubicado en la caja del actuador, con indicación en sistema SCADA a través de la UTR.
- ⊕ Palanca de restablecimiento local del sistema de monitoreo de ruptura de tubería, HS-010101 al HS-010203, ubicado en la caja del actuador.
- ⊕ Interruptor de posición de apertura en actuador, ZSO-010101 al ZSO-010203, con indicación en sistema SCADA a través de la UTR.
- ⊕ Interruptor de posición de cierre en actuador, ZSC-010101 al ZSC-010203, con indicación en sistema SCADA a través de la UTR.
- ⊕ Dos transmisores de presión ubicados aguas arriba y aguas abajo de cada válvula, PIT-010101A/B al PIT-010203A/B, configurados con alarmas por alta y baja presión.
- ⊕ Un transmisor indicador de temperatura, TIT-010101 al TIT-010203, aguas abajo de la válvula, configurado con alarmas por baja y alta temperatura.
- ⊕ Interruptor para activación de prueba parcial, ZSP-010101 al ZSP-010203.
- ⊕ Tanque de nitrógeno, así como dos indicadores de presión, PG-010101B/C al PG-010203B/C, una válvula de control de presión, PCV-010101/010203, un transmisor indicador de presión, PIT-010101C al PIT-010203C, configurado con alarma de baja presión. y un interruptor de baja presión, PSL-010101 al PSL-010203, en el circuito neumático para accionamiento del actuador de la válvula, configurado con alarmas por baja y muy baja presión y PSL-010101 al PSL-010203, en el circuito de aceite para el tramo de gas de potencia, configurado con una alarma por bajo nivel.

⁹ En los documentos técnicos se puede encontrar como Tramo o sección terrestre.

¹⁰ En los documentos técnicos se puede encontrar como Ducto Marino, Tramo Marino o sección marina.

El personal de operación tendrá la capacidad de controlar localmente las válvulas de seccionamiento, colocando el selector de modo de operación en posición local, bloqueando la operación desde cuarto de control, y pulsando los botones de apertura o cierre en la caja del actuador. Las válvulas de seccionamiento sólo podrán ser abiertas localmente por lo que la operación remota será únicamente para cierre. Las válvulas de seccionamiento no contarán con secuencias de control, permisivos ni lógicas de enclavamiento. Cada una de ellas contará con indicación de posición abierta, ZIO-010101 al ZIO-010203, indicación de posición cerrada, ZIC-010101 al ZIC-010203, un comando para cierre remoto, HSC-010101 al HSC-010203, indicación de selector local/fuera/remoto, HI-010101 al HI-010203, indicación de posición de prueba parcial, ZIP-010101 al ZIP-010203, así mismo una indicación de temperatura, TI010101 al TI-010203, una indicación de presión, PG-010101A/B/C al PI-010203A/B/C, e interruptores configurados por baja presión y baja-baja presión, PSL-010101 al PSL-010203 y PSL-010101 al PSL-010203 en el SCADA.

La MLV-010203 contará con los arreglos necesarios para operar con una trampa de recibo de diablos TED010201, proveniente de la Estación de Compresión El Fuerte y una preparación para trampa de envío y recibo de diablos, TED/TRD-010202 en dirección a la Estación Topolobampo, en esta estación se instalará una sola trampa intermedia.

El sistema de generación eléctrica de las válvulas de seccionamiento (MLV-010101/010102/010203) será a través de equipos de generación eléctrica a base de combustible de gas natural libres de mantenimientos, (generadores Stirling), las dimensiones y la capacidad del equipo paquete de generador serán definidas durante la Ingeniería de Detalle.

La Tabla V.17 y V.18 muestra las condiciones normales de presión y temperatura estimadas, para cada válvula de seccionamiento desde la salida de la Estación de Compresión El Fuerte, en la localidad El Oro, Sinaloa, y hasta la localidad conocida como Topolobampo, Sinaloa, mar adentro donde se ubicará la Estación Topolobampo.

Tabla V.17 Presiones y temperaturas de operación normal en MLV

Descripción	Nombre	Ubicación (km)	Diámetro (pulg)	Temperatura (°C)	Presión normal de operación (psig)	Tipo de especificación	Sistema de control
Válvula de seccionamiento	MLV-010101	26+150	30	45.3	1375	Tipo bola con actuador tipo pistón	Automática SCADA
Válvula de seccionamiento	MLV-010102	48+470	30	42.5	1334	Tipo bola con actuador tipo pistón	Automática SCADA
Válvula de seccionamiento	MLV-010203	73+260	30	39.5	1284	Tipo bola con actuador tipo pistón	Válvula de seccionamiento

Fuente: Elaboración propia.

Tabla V.18 Datos de presión y flujo en la Estación de Compresión El Fuerte y Estación Topolobampo

Nombre	Ubicación (UTM)	Presión de entrada de diseño y operación kPa (psig)			Presión de salida de diseño y operación kPa (psig)			Flujo de diseño y operación MMPCD (m³/hr)		
		Mín.	Normal	Máx.	Mín.	Normal	Máx.	Mín.	Normal	Máx.
Estación de Compresión El Fuerte		Diseño: ND	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: ND	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: ND	Diseño: ND	Diseño: 650 (213)
		Operación: ND	Operación: 4274.77 (620)	Operación: 4274.77 (620)	Operación: ND	Operación: 9823 (1425)	Operación: 9823 (1425)	Operación: ND	Operación: ND	Operación: 650 (213)
Estación Topolobampo		Diseño: ND	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: ND	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: 10,018 (1453)	Diseño: ND	Diseño: ND	Diseño: 700 (229)
		Operación: ND	Operación: 4274.77 (620)	Operación: 8756 (1270)	Operación: ND	Operación: 8501 (1233)	Operación: 8501(1233)	Operación: ND	Operación: ND	Operación: 650 (213)

ND. No disponible.

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Coordenadas del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

V.2.3.2.1 Sistema de Detección de Fugas

La detección de fugas será por método algorítmico. Este sistema empleará un método basado en programas informáticos que utilizan la medición de presión, temperatura, flujo y posición de las válvulas de seccionamiento que serán concentrados en el sistema SCADA a través de las UTR correspondientes de las válvulas de seccionamiento.

Este sistema tendrá la capacidad de detectar la presencia de fugas a lo largo de todo el ducto y mediante un análisis computacional alertará a través de estaciones de operación al personal operativo en el cuarto de control principal y cuarto de control alterno.

V.2.3.3 Estación Topolobampo

La Estación Topolobampo incluirá como mínimo los siguientes sistemas:

- a. Entrada Estación Topolobampo.
- b. Trampa de diablos
- c. Sistema de filtración por filtros FS-040201/040202.
- d. Patín de medición EM-040301.
- e. Patín de regulación por ER-040301.
- f. Sistemas auxiliares (sistema de venteo por mantenimiento y quemador PA-040501, QP-040501)
- g. Sistema de generación eléctrica.

V.2.3.3.1 Entrada Estación Topolobampo

Para la recepción del gas natural en la Estación Topolobampo, se instalará una trampa de recibo y envío de diablos, TED/TRD-040101. La trampa incluirá una válvula manual de bloqueo tipo bola de 30 pulgadas, dos sensores locales de paso de diablos, XS-040101/040102, además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-040102, como en la línea de recibo, PG-040101. La válvula HV-040102 y la válvula de bola aguas abajo, facilitarán las operaciones de empacado, purgado y apertura de la válvula MOV-040101, tomando en consideración el transmisor de presión diferencial PDIT-040101, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV-040101. Aguas arriba de la trampa se instalará un junta monoblock, JAM-040101, para proveer un aislamiento de la protección catódica del ducto hacia los componentes en la Estación Topolobampo.

Posteriormente, se tiene un monitoreo remoto, en el SCADA a través de la UTR, de la temperatura y presión mediante el TIT-040101 y PIT-040101, respectivamente. El PIT-040101 contará con las alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión.

Para aislar la Estación Topolobampo se instalará una válvula automática tipo bola, MOV-040101, que a falla en el actuador quedará en su última posición.

Siguiendo con el proceso, el gas fluye a través de la línea 30"-GN-040101-D0A1. Esta línea contará con dos indicadores transmisores de presión, PZIT-040101/040102, con el fin de otorgar redundancia, los cuales se encuentran comunicados al sistema de paro de emergencia. Ambos configurados con alarmas de baja presión y baja-baja presión.

Adicional a lo anterior la línea 30"-GN-040101-D0A1 contará con una válvula ESDV-040101, asociada al sistema de paro de emergencia la cual cerrará cuando se disparen las alarmas de los transmisores PZIT-040101/040102 configuradas por baja-baja presión o en cualquier evento de fuego declarado o paro asociado a la matriz del sistema de paro de emergencia.

La válvula ESDV-040101 contará con un bypass, 4"-GN-040111-D0A1, que funge como línea igualadora de presión, abriendo la válvula manual HV-040102 tipo bola de 4 pulgadas. La presión diferencial de esta

línea será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT-040102, el cual estará comunicado con el SCP y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

V.2.3.3.2 Sistema de filtración por filtros FS-040201/040202

Continuando con el proceso 30"-GN-040201-D0A1, el gas natural se envía hacia los filtros separadores FS-040201/040202, en configuración 1+1, es decir, un filtro en operación y el otro en espera o relevo, por las líneas 16"-GN-040202/040203-D0A1, respectivamente, a una presión de operación mínima de 8744 kPa man (1268 psig) y la presión de diseño de 10,018 kPa man (1,453 psig), temperatura mínima de 283.15 °K (10 °C) y máxima de 323.15 °K (50 °C). La operación del filtrado de gas se realizará con un filtro en operación y el otro de relevo, donde cada equipo contará con una capacidad máxima operativa de 213.03 m³/s (650 MMPCD) a Condiciones Estándar y 229.42 m³/s (700 MMPCD) como capacidad de diseño.

La caída de presión de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, PDIT-040203/040204, los cuales tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 68.94 kPa (10.0 psi). Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4-20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDIT-040203/040204 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y muy alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión temperatura a través de los instrumentos TG-040201/040202 y PG-040201/040202.

En caso de que salga de operación uno de los filtros se abrirá o cerrará las válvulas manuales HV-040203B/040204B ubicadas en la salida de los filtros según sea el filtro que esté operando.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel de cada y será monitoreado desde el UTR/SCADA mediante transmisores indicador de nivel, LIT-040210/040211/040220/040221 e indicadores de nivel local, LG-040210/040211/040220/040221, los transmisores indicadores de nivel contarán con alarmas por alto nivel y bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable a la UTR por medio de un lazo de 4-20 mA HART, adicional se cuenta con interruptores por bajo nivel LSL-040210/040211/040220/040221 y por alto nivel LSH-040210/040211/040220/040221 que serán los encargados de enviar las señales de cierre y apertura de las válvulas LV-040210/040211/040220/040221.

El condensado proveniente del filtro FS-040201 será enviado a través de las líneas 2"-CD-040215/040217-D0A1 y por las líneas 2"-CD-040225/040227-D0A1 desde el filtro FS-040202, agua abajo de dichas líneas, se ubicarán medidores de flujo de placa de orificio, FE-040201/040202 respectivamente, con su transmisor indicador de flujo, FIT-040201/040202 el cual enviará una señal a la UTR de alarma por alto-alto flujo y alto flujo.

Así mismo, aguas abajo del FIT-040201/040202 se tendrán placas de restricción, RO-040201/040202, la cual reducirá la presión en el límite del alcance del equipo paquete de filtros, para su envío mediante la línea 2"-CD-040219/040229-A0A1, hasta el cabezal, 3"-CD-040219-A0A1, de descarga al tanque T-040401.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off de 2", LV-040210/040211/040220/040221. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, SV-040210/040211/040220/040221, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-040210/040211/040220/040221. Las válvulas LV abrirán cuando se reciban la señal del interruptor por alto nivel (LSH) configurada en el UTR y cerrarán con la señal del interruptor por bajo nivel (LSL) igualmente configurada en éste.

Las válvulas LV, tendrán configurada su posición segura a falla, como FC (a falla cierra), dicha posición se podrá monitorear desde la UTR. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2” pulgadas, en posición normalmente cerradas.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad, PSV-040201/040202, las cuales tendrán una presión de ajuste de 10 018 kPa man (1453 psig).. Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2”-V-040212/040222-A0A1.

El gas filtrado en los filtros FS-040201/040202 será enviado a través de la línea 20”-GN-040210-D0A1 hacia el patín de Medición EM-040301.

V.2.3.3.3 Patín de medición EM-040301

Posterior a la etapa de filtración, el gas natural se enviará hacia el patín de medición de gas EM-040301, mediante la línea 20”-GN-040210-D0A1, el patín está conformado por tres trenes de medición, con una capacidad máxima operativa por tren de 106.52 m³/s (325 MMPCD) y una capacidad de diseño por tren de 114.71 m³/s (350 MMPCD), en configuración 2+1 dos trenes en operación y uno en espera, el patín de medición será de operación unidireccional y cada uno de los trenes contará con los siguientes elementos:

- ⊕ Válvula tipo bola, de corte manual con indicador de posición, HV-040301/040302/040303.
- ⊕ Alineador de flujo, FX-040301/040302/040303.
- ⊕ Transmisor indicador de flujo del tipo ultrasónico, FE/FIT-040301/040302/040303.
- ⊕ Un transmisor indicador de presión, PIT-040301/040302/040303.
- ⊕ Un transmisor indicador de temperatura, TE/TIT-040301/040302/040303.
- ⊕ Indicador de presión local, PG-040301/040302/040303.
- ⊕ Indicador de temperatura local, TW/TG-040301/040302/040303.
- ⊕ transmisores indicadores de flujo, FE/FIT-040301/040302/040303.
- ⊕ Arreglo “Z” de tubería, para la comparación de medición entre trenes, con válvulas de aislamiento manual tipo bola.
- ⊕ Línea de venteo direccionada al cabezal de recolección y recuperación de venteos. Esta línea contará con bridas para su accesible desmonte en caso de algún mantenimiento para su respectivo tren.
- ⊕ Válvula de bola, corte con actuador eléctrico, MOV-040304/040305/040306, ubicadas en la salida del tren.

Los instrumentos transmisores mostrarán remotamente en el SCADA a través del FQI, una indicación de flujo, una indicación de temperatura y una indicación de presión, así mismo las señales de presión y temperatura de los transmisores ubicados aguas abajo del medidor de flujo, se utilizarán para hacer las correcciones correspondientes del flujo medido en el FQI y visualizadas en el SCADA.

Los transmisores indicadores de flujo, FE/FIT-040301/040302/040303, enviarán una señal de flujo hacia el FQI configurado con alarma por alto flujo con el propósito de cuantificar un alto caudal de gas natural.

Las válvulas con actuadores eléctricos (MOV) ubicadas en la salida de los trenes de medición, serán empleadas para realizar la alineación de los trenes que operaran, mientras que estas en conjunto con las válvulas manuales en la entrada de los patines (HV), se usarán para el seccionamiento total del tren en caso de mantenimiento o falla en alguno de sus componentes.

Sobre la línea de descarga del patín de medición EM-040301, 20”-GN-040306-D0A1, se tendrá instalado un sistema de venteo por emergencia de 4”, con dirección a la columna de venteo, esta línea (4”-GN-040339-D0A1) contará con una válvula manual de tipo bola abierta con candado HV-040309, seguido de una válvula de venteo de emergencia BDV-040301 y una placa de restricción RO-040301, enseguida se dirigirá al cabezal de venteo de emergencia.

El gas medido será enviado a través de la línea 20”-GN-040306-D0A1 hacia el patín de Regulación ER-040301.

V.2.3.3.4 Patín de regulación ER-040301

El gas natural proveniente del patín de medición EM-040301/040302 se conducirá hacia el cabezal de 20”-GN-040305-D0A1 hacia el patín de regulación ER-040301, el cual operará de manera unidireccional, conformado por dos trenes de regulación en arreglo 1+1 (16”-GN-040308/040309-D0A1), uno en operación y uno de relevo con una capacidad máxima operativa de 213.03 m³/s (650 MMPCD) y una capacidad de diseño de 229.42 m³/s (700 MMPCD).

El patín de regulación ER-040301 contará con los siguientes elementos:

- ⊕ Válvula de seccionamiento tipo bola, con actuador eléctrico, MOV-040307/040308 ubicada en la entrada de cada tren de regulación.
- ⊕ Válvula reguladora, PV-040304/040305.
- ⊕ Indicador de presión local, PG-040304/040305, aguas abajo de la válvula reguladora.
- ⊕ Válvula tipo bola de corte manual, a la salida del patín de control de flujo.
- ⊕ Transmisor indicador de presión PIT-040304/040305.

La regulación de flujo del gas en el patín ER-040301 se llevará a cabo mediante la señal de flujo registrada en el patín EM-040301 siendo la señal de presión la variable de control primaria. La acción de control efectiva que realizará la válvula reguladora se determinará por la salida menor de entre los dos lazos de control, de esta forma, el control modulante de la válvula actuará considerando la variable de control que requiera una menor apertura de la válvula, protegiendo así el sistema de un sobreflujo o una sobrepresión. Para el control de flujo se tomará en consideración el lazo cerrado usando la sumatoria de los medidores de flujo del patín de medición para controlar la variable de proceso efectivamente. El PIT-040304/040305 mostrará en el SCADA, a través del FQI/SCADA, una indicación de presión, PI-040304/040305, para el monitoreo remoto de esta variable.

Para realizar el control de flujo o presión asociados a los lazos de control correspondiente, se indica las siguientes premisas de control:

- ⊕ La válvula de control regulará el paso de gas hasta un máximo de 213 m³/s (650 MMPCD).
- ⊕ La presión de entrada a la estación se regulará hasta un máximo de 8,501.24 kPa (1,233 psig), cuando dicha presión sea sobrepasada, la válvula de control actuará regulando la presión para conservar las condiciones de operación fijadas.
- ⊕ Adicional también se contempla una alarma por baja presión configurada en el PIT-040306 configurada a 7377 kPa man (1070 psig), a definir en Ingeniería de Detalle.

Sobre la línea de descarga del patín de regulación ER-040301, 20”-GN-040311-D0A1, se tendrá instalado un sistema de venteo por emergencia de 4 pulgadas, con dirección a la columna de venteo, esta línea (4”-GN-040341-D0A1) contará con una válvula manual de tipo bola abierta con candado HV-040310, seguido de una válvula de venteo de emergencia BDV-040302 y una placa de restricción RO-040302, enseguida se dirigirá al cabezal de venteo de emergencia.

Posteriormente, sobre la línea 20”-GN-040311-D0A1, el gas pasará por una muestra a la unidad de análisis (tipo shelter) en sitio la cual consistirá en los siguientes componentes para el análisis de la calidad del gas:

- ⊕ Azufre total (St) y H₂S, AIT-040301/040302.
- ⊕ Humedad (H₂O), AIT-040303.
- ⊕ Composición del gas (cromatógrafo de gases de hasta C9+), AIT-040304.
- ⊕ Oxígeno (O₂), AIT-040305.

En los analizadores, se encuentran configuradas alarmas por alta (H) y alta-alta (HH) concentración de los componentes, conforme a lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010, a continuación, se indican los valores de las alarmas para los analizadores.

El cromatógrafo de gases tendrá la capacidad de analizar la composición de gas desde C1 hasta C9+, poder calorífico, punto de rocío y gravedad específica de la corriente a través de columnas empacadas y detectores de conductividad térmica tipo termistor, el equipo incluye todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas patrón con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos con una repetitividad de $\pm 0,5$ BTU/1 000 ft³ estándar.

El analizador de humedad estará disponible para determinar la cantidad de humedad del gas de manera directa y cuantitativa, sin interferencia debido a la presencia de H₂S, CO₂ o NH₃ en la corriente de gas, con una repetitividad de 0.2 ppmv o 1% de la lectura (el mayor de los dos), el flujo de muestra de 750 ml/min a 103.4 kPa man (15 psi), el equipo tiene un acondicionador de muestra con filtro medidor y válvulas. El analizador cumple con el método de prueba establecido en la Norma ASTM-D-5454-04 para celdas tipo laser que requiere un mínimo mantenimiento anual, tiene un rango de operación de 0-20 ppmv y una repetitividad de ± 500 ppb, con un sistema de muestreo con los accesorios necesarios para la correcta operación del equipo fabricados en acero inoxidable 316.

Para la toma de muestras para los analizadores se utilizará una probeta tipo welker que toma la muestra del centro de la corriente de flujo.

Se tomará una muestra mensual de gas natural y se enviará a un laboratorio de prueba acreditado, con la finalidad de contar con un patrón de referencia y garantizar la precisión del análisis de composición de gas natural del cromatógrafo de gas instalado. Los procedimientos para el análisis del gas natural serán de conformidad con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.

El SCADA recibirá señales del equipo analizador y las alarmas configuradas por alta concentración de H₂O, H₂S, azufre total y O₂. En caso de presentarse un alto contenido de nonano C9+ o de alguno de los parámetros de calidad en la corriente de gas, según lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010. El operador decidirá cuál será la acción para seguir en la aparición de dichas alarmas.

Continuando con el proceso 20"-GN-040311-D0A1, para aislar la Estación Topolobampo se instalará una válvula automática tipo bola, MOV-040109, que a falla en el actuador quedará en su última posición.

Adicional a lo anterior la línea 20"-GN-040311-D0A1 contará con una válvula ESDV-040302, asociada al sistema instrumentado de seguridad (SIS) la cual cerrará en cualquier evento de fuego declarado o paro asociado a la matriz del sistema de paro de emergencia.

La válvula ESDV-040302 contará con un bypass, 4"-GN-040313-D0A1, que funge como línea igualadora de presión, abriendo la válvula manual HV-040306 tipo bola de 4 pulgadas. La presión diferencial de esta línea será monitoreada por el transmisor indicador de presión diferencial, PDIT- 040306, el cual estará comunicado con el SCP y será configurado con alarma por alta presión diferencial.

V.2.3.3.5 Sistemas auxiliares

Sistema de Condensados

El sistema de condensados estará conformado por un tanque de condensados T-040401 que opera a presión atmosférica y un cabezal de condensados, 3"-CD-040219-A0A1. En este cabezal se recibirán los condensados de los Filtros coalescedores FS-040201/040202.

Este tanque de condensados contará con una capacidad requerida de 1 m³ (35.3 ft³), un manómetro un arrestador de flama, AF-040401, un vidrio de nivel, LG-040401, y un transmisor indicador de nivel, LIT-040401, el cual monitoreará el nivel desde la UTR. El transmisor LIT-040401 contará con alarmas configuradas por alto y muy alto nivel de condensados. Este tanque estará fabricado para una presión de diseño de 1034 kPa man (150 psig) y una temperatura de diseño de 50 °C (122 °F).

V.2.3.3.6

Sistema de venteo por mantenimiento y quemador PA-040501, QP-040501.

La Estación Topolobampo contará con un sistema de venteos programados por mantenimiento, el cual contará con un cabezal de desfogue, una trampa de líquidos TL-040501, un equipo paquete de quemador de gas y un quemador portátil con una altura de 15 metros (a definir en etapa de detalle). El cabezal de venteos recibirá gas de venteo por mantenimiento proveniente de los filtros FS-040201/040202, el patín de medición y regulación EM-040301/ER-040301 y la trampa de envío y recibo de diablos, TED/TRD-040101. Las dimensiones y la capacidad del equipo paquete de quemador de gas serán definidas durante la Ingeniería de Detalle.

Sistema de generación eléctrica.

El sistema de generación eléctrico de la Estación Topolobampo, ubicada al final de la línea regular del Gasoducto Corredor Norte, aproximadamente en el km 81+045 sobre una plataforma tipo Jetty en la zona marítima de ASIPONA Topolobampo, contará con un suministro eléctrico principal mediante un sistema de generación a gas natural libre de mantenimiento, adicionalmente se contará con una UPS para respaldo de cargas de control críticas de 12 hrs.

V.2.3.1 Paro del Sistema

Paro normal del mantenimiento.

La Estación de Compresión El Fuerte, así como las estaciones de las válvulas de seccionamiento del gasoducto tendrán un paro programado para trabajos de inspección y mantenimiento. Tales paros normales serán de rutina, planeados y calendarizados considerando la disponibilidad de los equipos necesarios y utilizados durante el mantenimiento.

Los objetivos de un paro normal son:

- ⊕ Suspensión segura de operación.
- ⊕ Purgado de aquellas áreas de la estación donde son necesarios los trabajos de mantenimiento.

Para proceder al paro de la estación se procede a:

- ⊕ Notificar a todas las unidades de proceso afectadas acerca del tiempo programado de paro.

Paro del suministro de gas natural.

El paro del suministro de gas natural a los diferentes usuarios podría obedecer a las siguientes diferentes situaciones de emergencia:

- ⊕ Gas natural fuera de especificación.
- ⊕ Alta concentración de H₂S y azufre total (ST).
- ⊕ Alta concentración de H₂O.
- ⊕ Poder calorífico superior fuera de Norma.
- ⊕ Ruptura de línea.
- ⊕ Corrosión externa.
- ⊕ Daño por terceros (movimiento de terreno, excavaciones, construcción, fuego externo, accidentes carreteros).
- ⊕ Derrumbe o deslave por causas naturales.
- ⊕ Cierre en falso de alguna ESDV.

La operación del gasoducto, en cada una de las situaciones antes mencionadas, alterará este sistema y por ello se requerirá tener procedimientos con anticipación para identificar las maniobras por efectuar para cada caso en particular.

Gas natural fuera de especificación.

Cuando se detecte que el gas natural recibido no se ajusta a los parámetros de calidad estipulados en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010, no existe la obligación de recibirlo; sin embargo, se puede llegar a un acuerdo entre las partes para no detener el suministro.

Por alta concentración de ácido sulfhídrico (H₂S) y/o por agua (H₂O) en la recepción del gas natural, el operador no recibirá el gas natural y se notificará de inmediato al Proveedor de gas natural comprimido de la suspensión de suministro de gas natural. El aumento de ácido sulfhídrico y/o de humedad podría causar una corrosión interna y la formación de hidratos de carbono a lo largo del ducto de transporte, generando un desgaste acelerado del ducto y limitaciones operacionales de presión.

En este caso, el operador podrá tomar la decisión de bloquear la línea regular, es decir, cerrar la válvula de corte de suministro de gas natural, MOV-030101. Se esperará a que el proveedor del gas natural modifique los parámetros de calidad del gas natural para iniciar nuevamente el transporte.

Secuencia cronológica en caso de que el gas natural esté fuera de especificación:

- ⊕ Los analizadores ubicados en la Estación de Compresión El Fuerte enviarán su alarma a la UTR.
- ⊕ La UTR enviará la señal al Centro de Control Principal de Sempra Infraestructura.
- ⊕ El operador en turno en el Centro de Control recibirá una alarma relacionada con la calidad de gas natural y avisará al técnico en el campo o de guardia.
- ⊕ El técnico llegará a la estación donde se haya generado la alarma y verificará si la alarma es real o falsa y avisará al operador en el Centro de Control el estatus actual o real.
- ⊕ El operador tomará la decisión de avisar a su supervisor y/o a GCN (dependiendo de los detalles en los acuerdos de interconexión).
- ⊕ Los diferentes clientes y/o GCN notificarán si ellos aceptan el gas natural fuera de especificaciones o no.
- ⊕ Gasoducto Corredor Norte tomará las acciones necesarias para cumplir con la decisión y/o los procedimientos internos relacionados con el manejo de gas natural fuera de especificaciones que podría ser:
 - ✓ Cerrar la válvula en la entrada de la Estación de Compresión El Fuerte, MOV-030101, no aceptando el gas natural fuera de especificación.
 - ✓ Dar un tiempo determinado al operador del Sistema de Transporte de Gas Natural aguas arriba para entrega gas natural dentro de especificación
 - ✓ Avisar a GCN el estatus y las condiciones del gas natural.

V.3 Descripción del entorno

Delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR).

De la Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA-R) del Proyecto, se retomó información desarrollada en el capítulo IV de la misma, y a continuación, se hace una breve descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR), y con la finalidad de llevar a cabo su delimitación se seleccionaron y analizaron los siguientes elementos para determinar dicha área geográfica y proceder con su caracterización.

1. Proyecto.

En los siguientes apartados se describen la secuencia que se siguió para cada uno de los elementos considerados para la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), iniciando por la localización del Proyecto en el Estado de Sinaloa, municipios de Ahome y El Fuerte como se muestra en la Figura V.1.

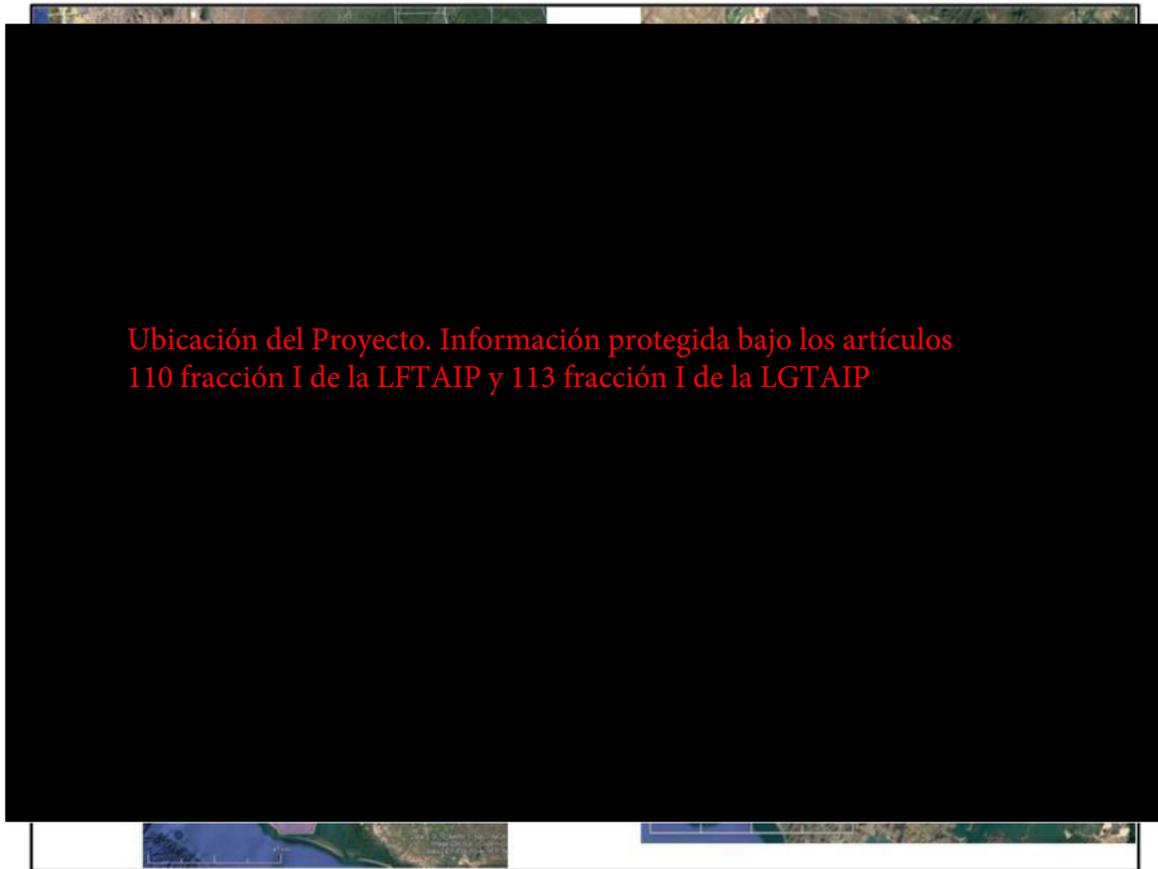


Figura V.1 Localización del Proyecto en el Estado de Sinaloa, municipios de Ahome y El Fuerte

Los componentes temporales y permanentes del Proyecto y su distribución fueron descritos en el Capítulo V.1.1 del presente documento.

2. Área del Proyecto (AP).

Se tomaron en cuenta los siguientes elementos para su delimitación: i) Ubicación, ii) Ducto terrestre, iii) Línea sumergida, iv) Cadenamientos del Ducto terrestre y la Línea sumergida, v) Derecho de Vía permanente del Ducto terrestre y Línea sumergida, vi) Derecho de Vía temporal del Ducto terrestre y Línea sumergida vii) Estación de Compresión El Fuerte y Estación Topolobampo, viii) Instalaciones temporales, ix) Cruces, x) Vialidad nueva, xi) Áreas adicionales para cruces.

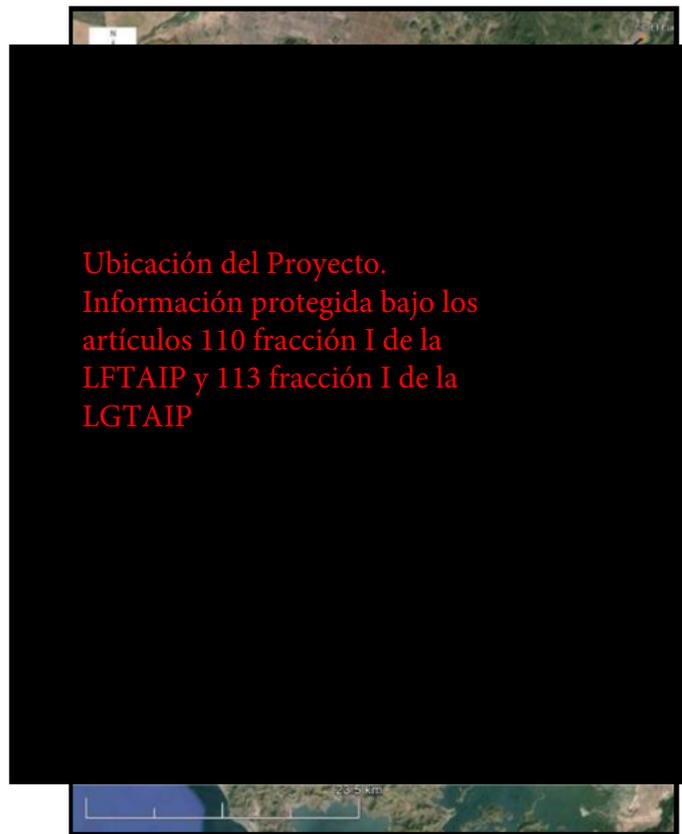


Figura V.2 Área del Proyecto.

La superficie del Área del Proyecto es de **2,918,066.64 m² (291.81 ha)** y se ubica en las coordenadas UTM (WGS84, zona 12 R).

3. Área de Influencia del Proyecto (AI).

Se llevó a cabo su delimitación considerando las eventuales variaciones que pudiera tener el Proyecto como los micro-ruteos u otros cambios de ubicación de instalaciones por dificultades no previstas tal como la adquisición de predios o la complejidad de actividades constructivas en sitios específicos, la magnitud de los impactos ambientales generados por el desarrollo del Proyecto, así como, los posibles radios de afección generados por eventos de riesgo. Debido a lo anterior también se considera como Franja de Caracterización

El Área de Influencia está constituida por el Área del Proyecto; para los fines de la MIA-R el Área de Influencia se determina para facilitar la evaluación y alternativas para la ubicación del Área del Proyecto, considerando criterios ambientales y técnicos. El Área de Influencia es un área con capacidad de respuesta uniforme a estímulos y comportamientos, por lo que se prevé que los impactos derivados del Área del Proyecto tendrán una afectación de igual magnitud dentro del Área de Influencia. Su objetivo es contar con la información precisa para que en caso de eventuales variaciones que pudiera tener como los micro-ruteos u otros cambios de ubicación de instalaciones en virtud de obstáculos como la adquisición de predios o la complejidad en la construcción en sitios específicos, se haga sobre un área previamente evaluada, reiterando que obedece básicamente a las variaciones que pudieran presentarse dentro de la misma. De igual forma, esta Área de Influencia, abarca más de 500 metros de cada lado del Proyecto; por lo que, se considera lo requerido en la Guía-ARSH.

La superficie del Área de Influencia es de **382,935,749.82 m² (38,293.57 ha)** y su ubicación se muestra en la Figura V.3.

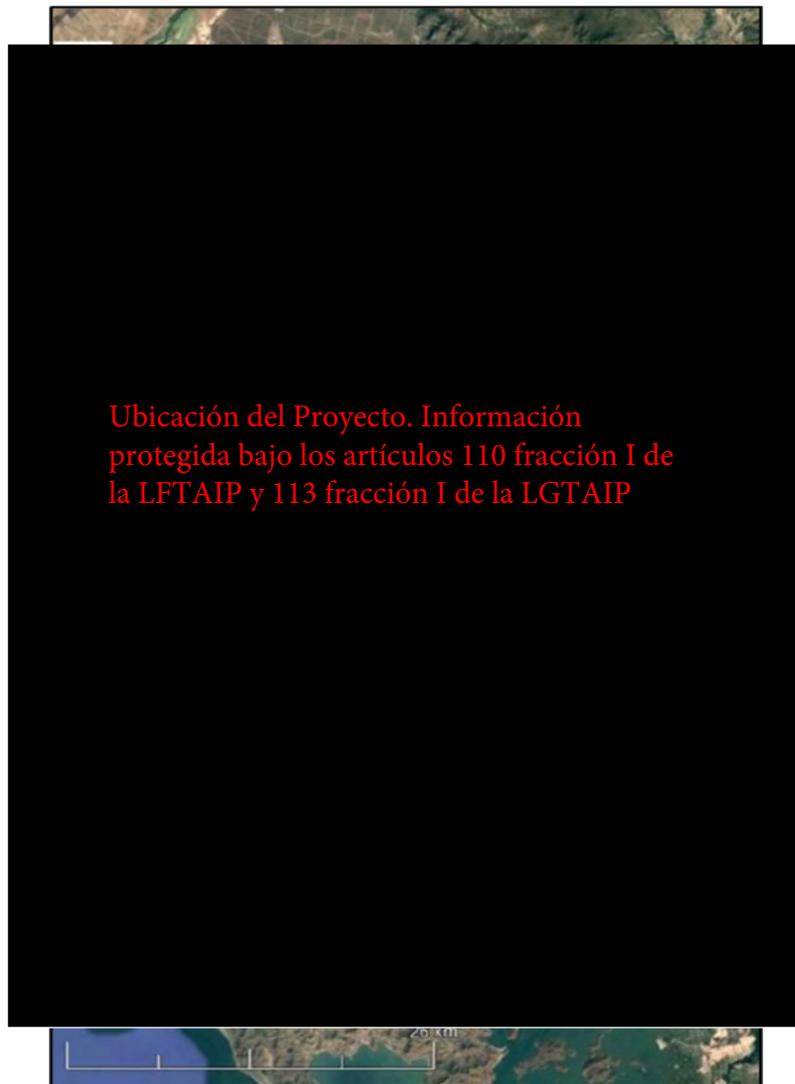


Figura V.3 Área de Influencia.

4. Ecosistema Costero.

Empleado para la delimitación del Ecosistema Terrestre del SAR y el Ecosistema Marino del SAR para conformar el SAR, se basa en la definición de Ecosistema Costero conforme lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Artículo 3, fracción XIII Bis. *“Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 metros de elevación.”*

5. Ecosistema Terrestre del SAR (ET-SAR).

El Área del Proyecto y el Área de Influencia se encuentran en el estado de Sinaloa, en los municipios de Ahome y El Fuerte y debido a que se interna en la bahía de Topolobampo (dentro del sistema lagunar

Santa María – Topolobampo – Ohuira¹¹), forma parte del Ecosistema Costero, definido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente¹². En la Figura V.4 se muestra la ubicación del Área del Proyecto y el sistema lagunar Santa María-Topolobampo-Ohuira.

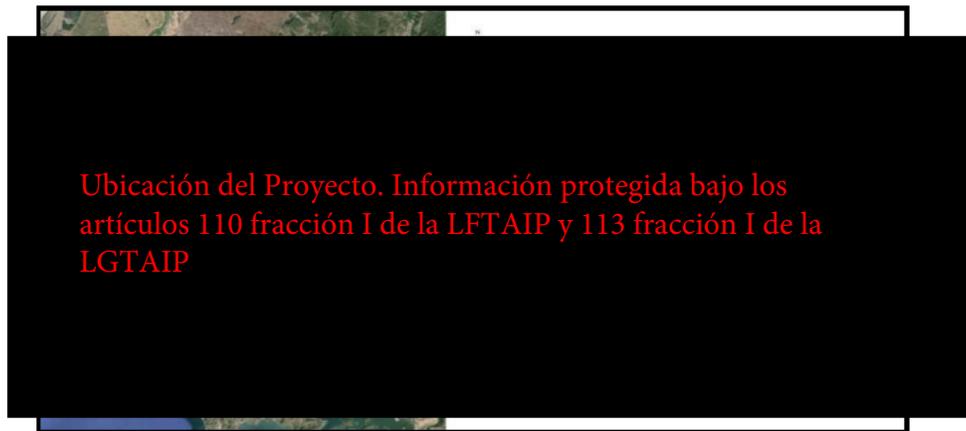


Figura V.4 Ubicación del Área del Proyecto y el sistema lagunar Santa María – Topolobampo - Ohuira.

En la Figura V.5 se muestra la delimitación del Ecosistema Costero (en su porción continental) que abarca 100 km tierra adentro e incluye el Área del Proyecto, Área de Influencia, el sistema lagunar Santa María – Topolobampo - Ohuira y el litoral costero.

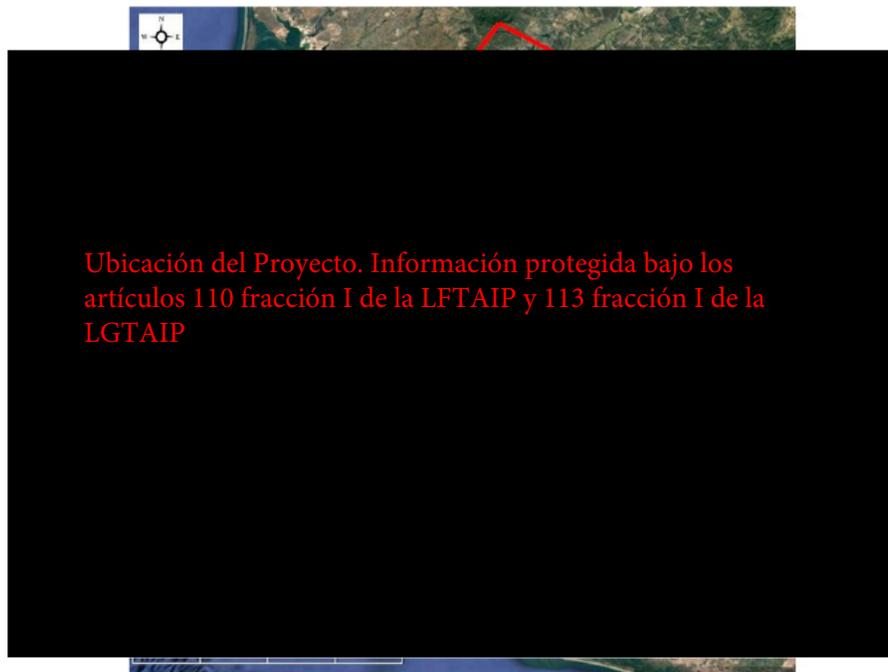


Figura V.5 Ecosistema Costero (línea naranja) que se proyecta tierra dentro a partir del litoral costero.

¹¹ Escobedo Urias, D.C. Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Tesis doctoral, junio 2010.

¹² Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Artículo 3, fracción XIII Bis, el cual indica: Ecosistemas costeros: Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o Bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación.

El Ecosistema Costero (en su porción continental) se encuentra en la Cuenca hidrológica Río Fuerte¹³ por lo que, al ser un área muy extensa en relación al Área del Proyecto, se procedió a identificar las Subcuencas hidrológicas que inciden total o parcialmente en el Ecosistema Costero, las cuales son: Río Fuerte, Río Sinaloa, Arroyo Agiabampo, Bahía Ohuira, Estero La Inicial, Estero Rielecito, Estero El Guachapore y Estero El Colorado.

Debido a que la extensión geográfica de las Subcuencas hidrológicas que inciden en el Ecosistema Costero también son áreas muy extensas en relación al Área del Proyecto, se procedió a identificar las Microcuencas hidrológicas¹⁴.

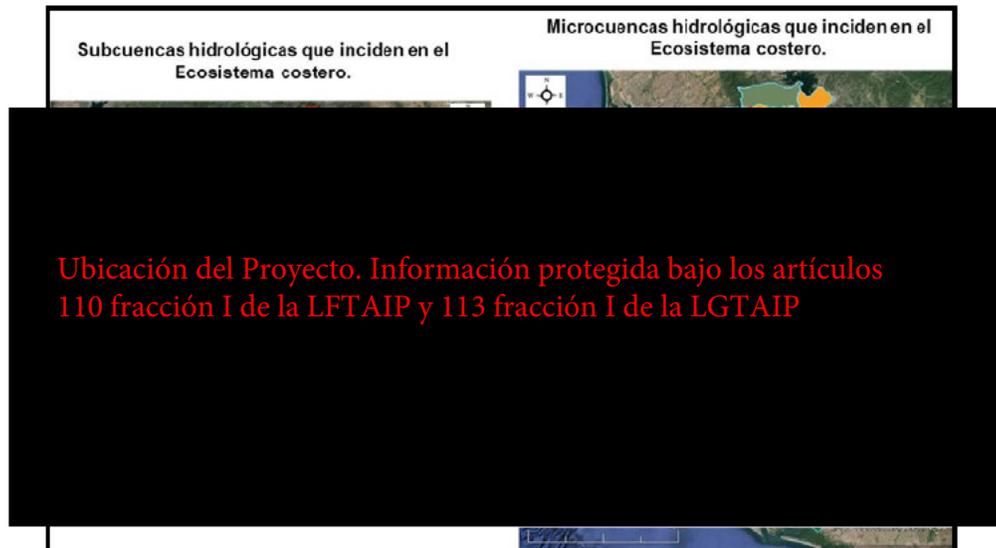


Figura V.6 Delimitación de las Subcuencas y Microcuencas hidrológicas que inciden en el Ecosistema costero (en su porción continental).

El área resultante de las 62 microcuencas hidrológicas tampoco pudo ser empleada debido a su extensión, por lo que se procedió a su poligonización mediante la aplicación del Modelo de Elevación terrestre.

Modelo de elevación.

A las Microcuencas hidrológicas identificadas y, a través del ArcGis Desktop 10.4.1, se aplicó el Modelo de Elevación (cada 10 m) empleando las cartas topográficas del INEGI: G12B76, G12B77, G12B78, G12B85, G12B86, G12B87, G12B88, G12D15, G12D16, G12D17, G12D18, G12D26, G12D27, G12D28, G12D37 y G12D38 (escala 1:50000 cada una). Se definieron los parteaguas de las mayores elevaciones (equivalentes a nanocuenas) y se seleccionaron únicamente las aledañas al Área de Influencia y los polígonos que inciden en el Área de Influencia.

¹³ ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Subregión Hidrológica Río Fuerte de la Región Hidrológica número 10 Sinaloa. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 11 de marzo de 2015.

¹⁴ Programa Nacional de Microcuencas: una estrategia de desarrollo integral. SAGARPA y FIRCO. 2010. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/528/programa.pdf>

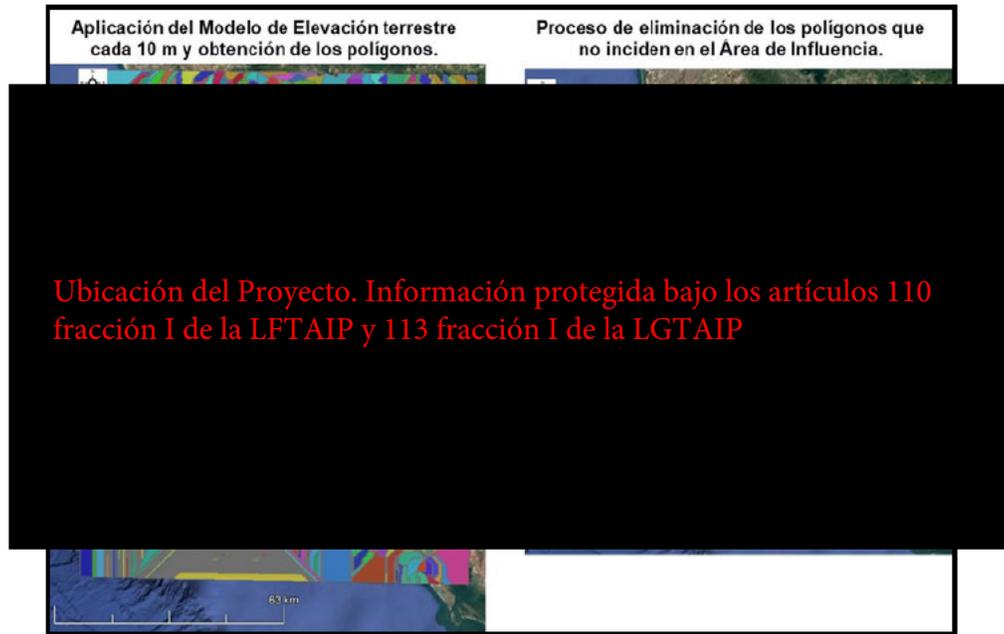


Figura V.7 Selección de los parteaguas de las mayores elevaciones aledañas al Área del Proyecto.

Se verificó que el área seleccionada incluyera las zonas de Manglar y el sitio RAMSAR clave 2025 Lagunas Santa María – Topolobampo – Ohuira. Con Google Earth Pro, manualmente se ajustaron las áreas a los accidentes topográficos y se obtuvo el Ecosistema Terrestre del SAR que será intersectado con el Ecosistema Marino del SAR. Se seleccionaron los polígonos que inciden en el Área de Influencia como se muestra a continuación.

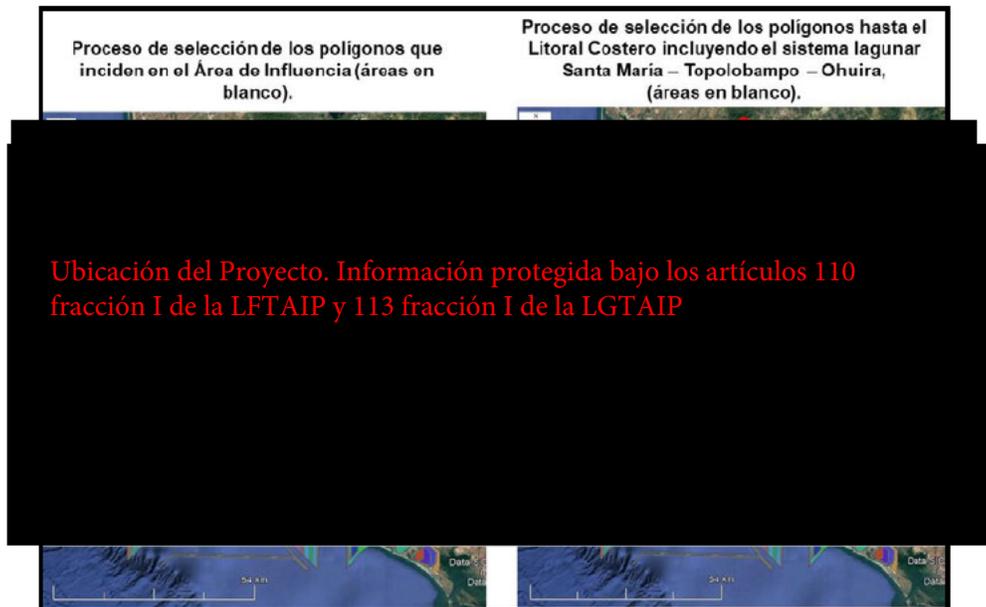
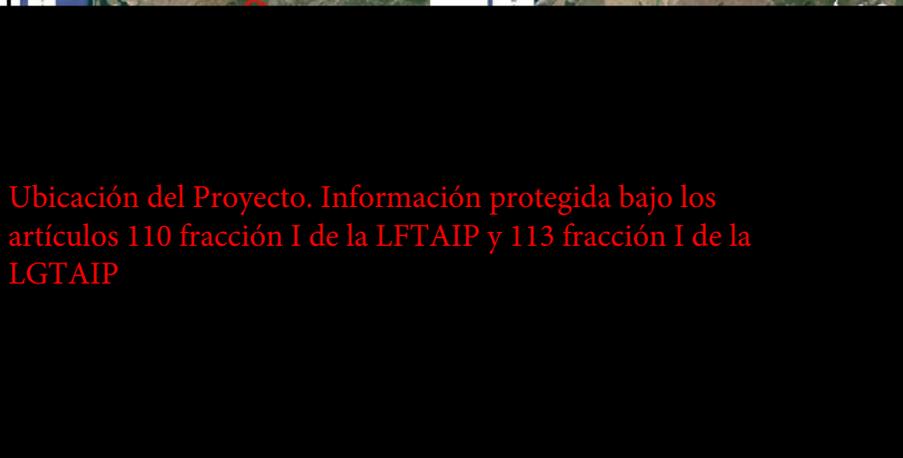


Figura V.8 Selección de los polígonos que inciden en el Área de Influencia.

Se verificó que el área seleccionada incluyera las zonas de Manglar y el sitio RAMSAR clave 2025 Lagunas Santa María – Topolobampo – Ohuira. Con Google Earth Pro, manualmente se ajustaron las áreas a los accidentes topográficos y se obtuvo el Ecosistema Terrestre del SAR que será intersectado con el Ecosistema Marino del SAR (el cual se explica en el siguiente apartado). Lo anteriormente indicado se muestra en las siguientes figuras.

El área seleccionada (color blanco) incluye el Manglar (áreas moradas).

El área seleccionada (color blanco) incluirán el RAMSAR (línea anaranjada) en su parte terrestre.



Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP



Figura V.9 Zonas de Manglar y sitio RAMSAR clave 2025 dentro del área resultante.

Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

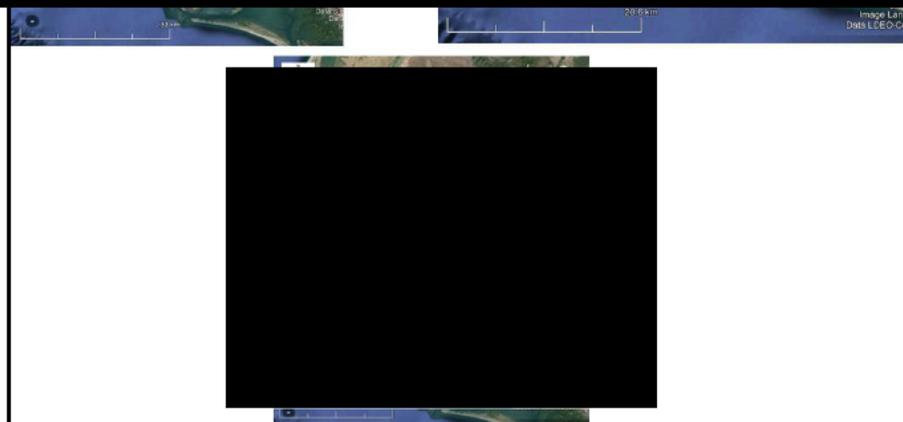


Figura V.10 Ecosistema Terrestre del SAR.

La superficie total del Ecosistema Terrestre del SAR es de 1,352,105,287.62 m² (135,210.53 ha).

6. Ecosistema Marino del SAR (EM-SAR).

Delimitación considerando la definición del Ecosistema Costero, los factores y subfactores ambientales seleccionados. Para la delimitación del Ecosistema Marino del SAR se identificó el litoral costero de la zona

frente al Área del Proyecto, empleado la malla geográfica nacional del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y rectificando manualmente las incidencias con tierra continental.

7. Ecosistema costero y la celda litoral.

Tanto el Área del Proyecto y el Área de Influencia por su inserción en el sistema lagunar Santa María – Topolobampo – Ohuira, interactuará con el Ecosistema Costero¹², por lo que se describe el proceso de delimitación a partir de la Celda litoral¹⁵.

La Celda litoral se define básicamente en términos geomorfológicos y a partir de los procesos oceanográficos físicos y geológicos que caracterizan a una región. De manera general, el oleaje en combinación con la morfología costera, permite definir celdas, por el aporte y distribución del sedimento hacia el mar. El sistema bidireccional “aporte - pérdida” de transporte de sedimento resulta en sistemas encapsulados, donde solo en eventos extraordinarios el sedimento pasa de una celda a otra.

Generalmente los extremos de una Celda litoral están delimitados por salientes rocosas, cuencas submarinas, estructuras artificiales como espigones para los puertos o zonas de muelles, bocas de lagunas costeras y desembocaduras de ríos. Para los casos de playas arenosas largas, los límites de las celdas litorales ocasionalmente pueden ser móviles, dependientes de la orientación de incidencia del oleaje y de la temporada del año.

Existen varias fuentes de aporte de material sedimentario en la zona como son la Laguna Lechuguilla, el sistema lagunar Santa María – Topolobampo – Ohuira y el sistema lagunar San Ignacio – Navachiste; cada uno de ellos cuenta con una boca de salida hacia el Golfo de California y tiene un área de dispersión de sedimentos que permitieron identificar la Celda litoral.

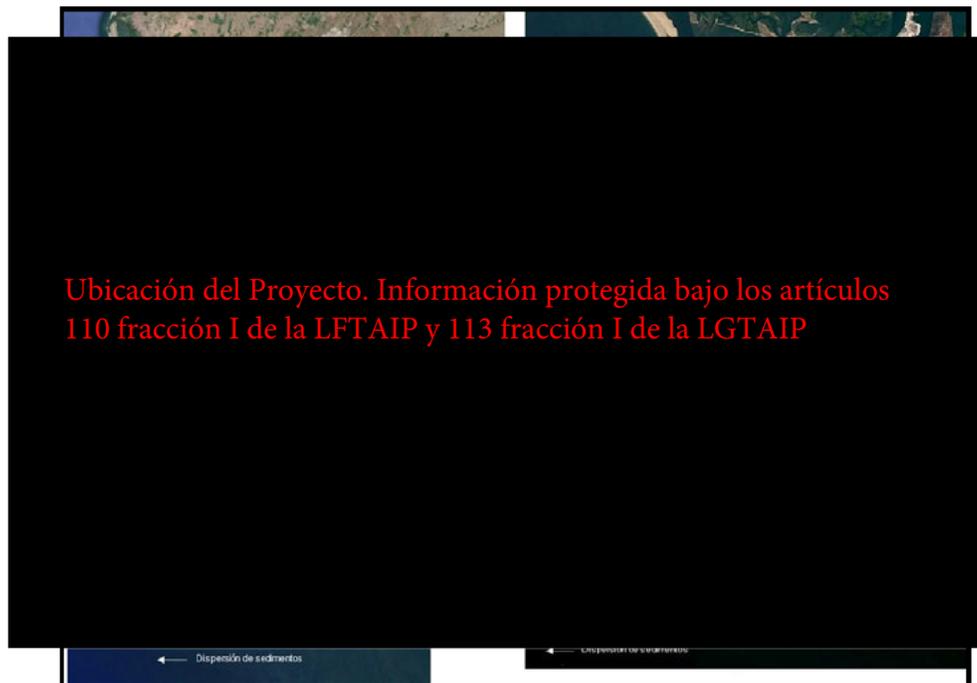


Figura V.11 Fuentes de aporte de material sedimentario y sentido de la dispersión del sedimento.

El área que abarca la Celda litoral identificada incluye los aportes del sistema lagunar San Ignacio – Navachiste, como en este sistema el Área del Proyecto y el Área de Influencia no tendrá ninguna interacción, para los fines de la presente MIA-R se excluyó dicha área.

¹⁵ Caracterización geológica de la zona costera de los municipios de La Paz y los Cabos Baja California Sur. Proyecto SIP:20060904. Consultado en: https://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20060904_3363.pdf

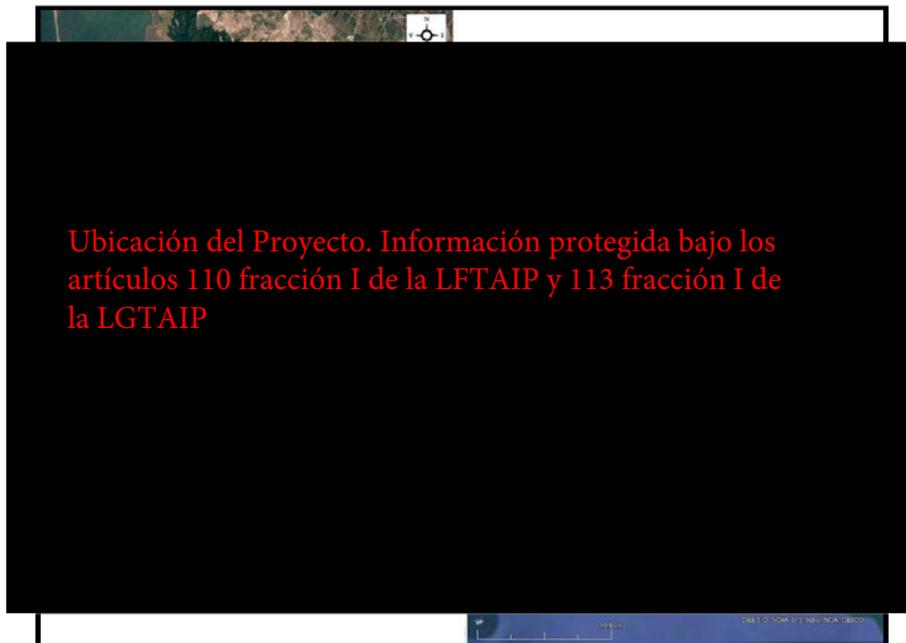


Figura V.12 Celda litoral.

Ya con la Celda litoral y su litoral costero definido, se proyectó el trazó del Ecosistema costero hacia el Golfo de California y hasta la cota batimétrica de -200 metros (conforme lo establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente); como el área resultante es muy grande en relación a la interacción que tendrá el Área del Proyecto y el Área de Influencia con la parte marina, se acotó a la línea batimétrica de -10 metros (ampliada a fin que abarque el área de dispersión de sedimentos).

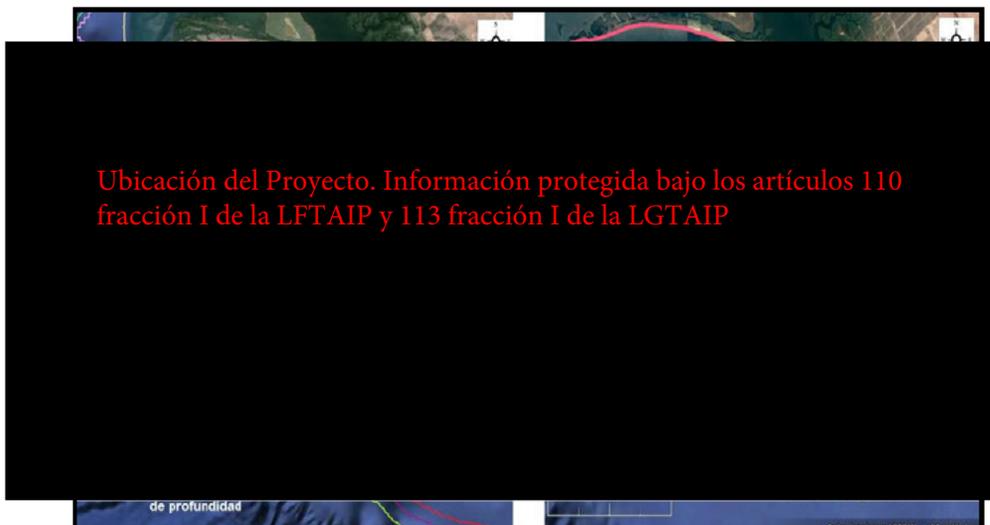


Figura V.13 Ecosistema costero y su proyección a la cota batimétrica -10 m.

Como ya se indicó anteriormente, el Área del Proyecto cuenta con una zona costera ya que esta se define como *“la franja en la cual el medio marino y el terrestre adyacente se constituyen en un sistema cuyos elementos interactúan entre sí y considerando que esta zona tiene una gran variabilidad de fronteras temporales y espaciales, así como a las diferentes perspectivas que se tienen de la tierra y el océano.”*¹⁶

¹⁶ Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable. 2015. UNAM/SEMARNAT, México.

Para los fines de la MIA-R, se acepta que la "zona costera es la zona de transición entre el ambiente marino y terrestre, directamente bajo la influencia de los procesos hidrodinámicos marinos o lagunares, extendiéndose desde la plataforma continental en el límite oceánico, hasta el primer cambio topográfico importante (cuya altura es definida arbitrariamente en cada país) por encima del alcance del máximo oleaje de tormenta".¹⁷

El Ecosistema Costero (en su parte marina) incluye el área de dispersión del sedimento que fluye de la Laguna Lechuguilla, sistema lagunar Santa María – Topolobampo - Ohuira y el sistema lagunar San Ignacio – Navachiste.

Por lo anterior y dentro del Ecosistema Costero (desde el litoral costero y hasta la cota batimétrica -10 metros) se considera un área ambientalmente homogénea por las corrientes marinas, el transporte de sedimentos y por su unión con el sistema lagunar Santa María – Topolobampo – Ohuira, se obtiene un área bajo la influencia de los procesos hidrodinámicos marinos o lagunares de tipo homogéneo y representativo del ecosistema marino.

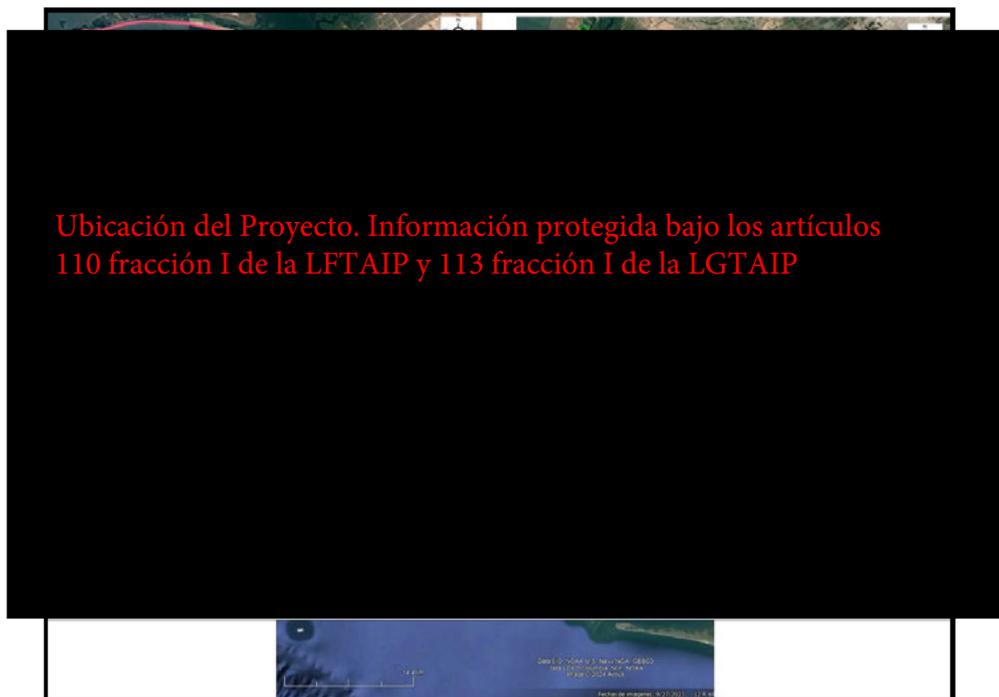


Figura V.14 Ecosistema Marino del SAR.

La superficie total del Ecosistema Marino del SAR es de 372,504,695.21 m² (37,250.47 ha).

8. Sistema Ambiental Regional (SAR).

De la unión del Ecosistema Terrestre del SAR y el Ecosistema Marino del SAR se obtuvo el SAR (La superficie total del SAR es de 1,724,609,982.83 m² (172,461.00 ha) como un área ambientalmente homogénea que albergará al Área del Proyecto y el Área de Influencia, como se muestra en la Figura V.15. En el Mapa V.1 se visualiza la inserción del Proyecto dentro del SAR.

¹⁷ CERC, 2000. Coastal engineering manual. US Army Corps of Engineers, Virginia, MA.

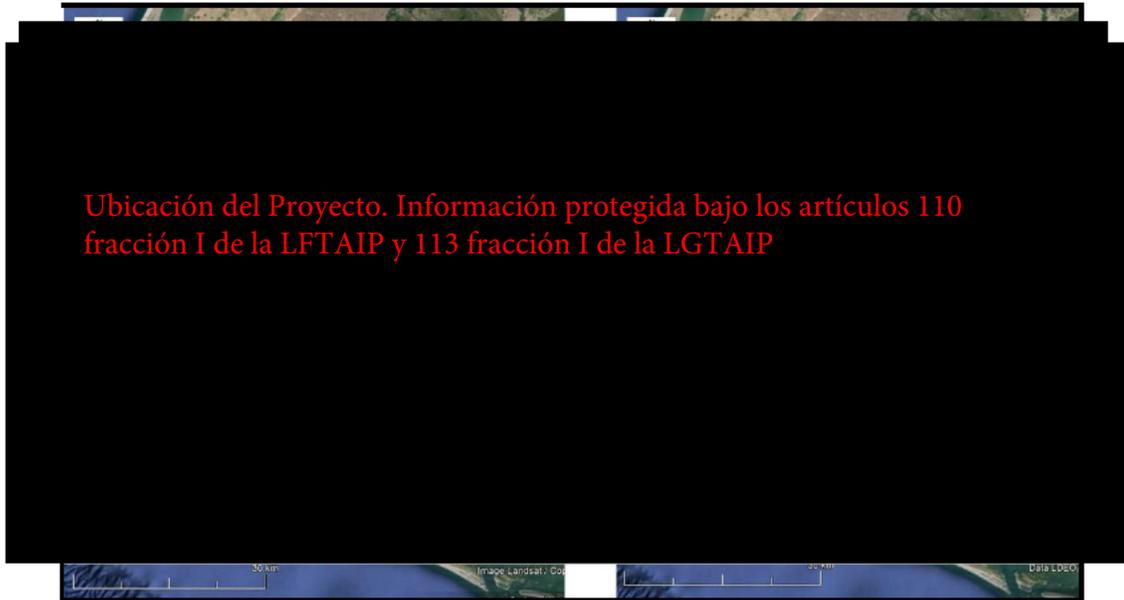
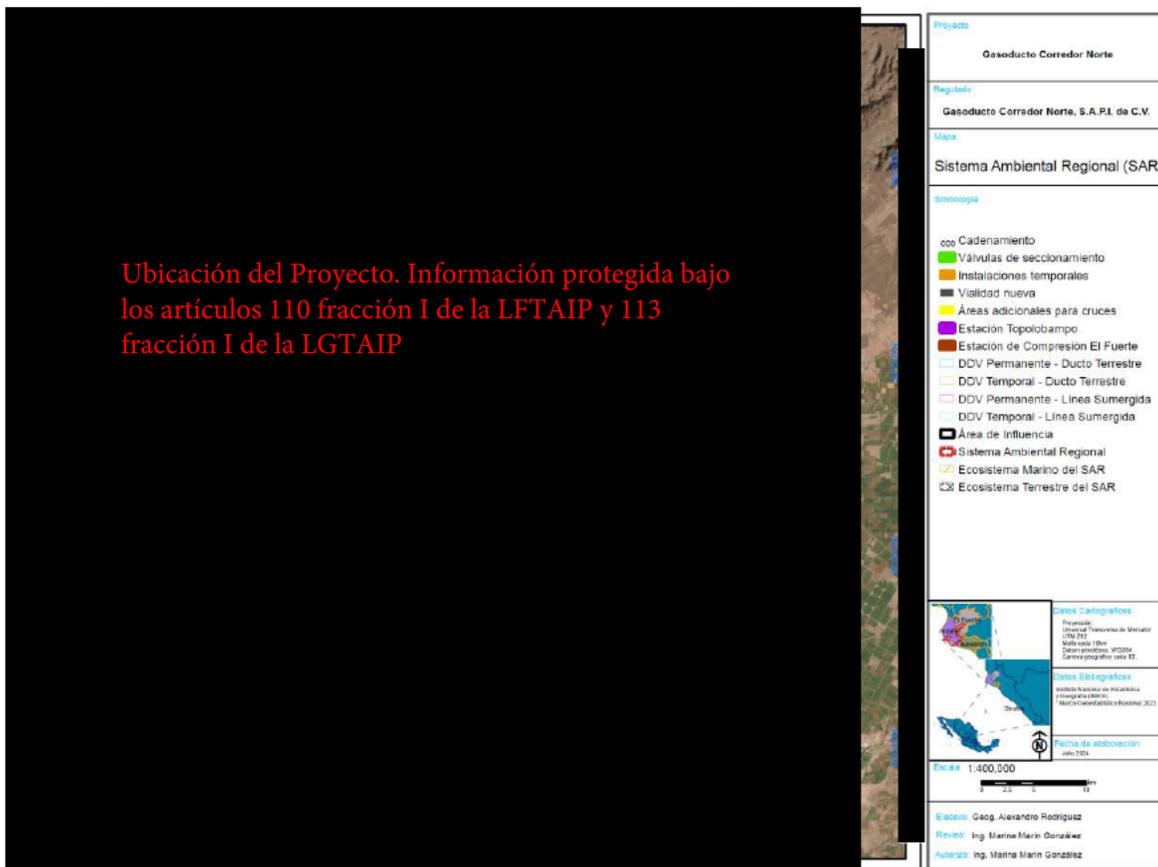


Figura V.15 Sistema Ambiental Regional.



Mapa V.1 Inserción del Proyecto dentro del SAR.

V.3.1 Componente abiótico

Una vez, delimitado el SAR; es importante mencionar que para fines del presente Estudio de Riesgo (ER) la descripción del entorno, se hará a nivel del Área de Influencia, que es donde recaen los 500 metros a ambos lados del DDV del Proyecto.

V.3.1.1 Clima

El 48% del Estado de Sinaloa presenta clima cálido subhúmedo localizado en una franja noreste-sureste que abarca desde Choix hasta los límites con Nayarit, el 40% es clima seco y semiseco presentes en una franja que va desde El Fuerte hasta Mazatlán, el 10% es muy seco y se localiza en la zona de Los Mochis, el restante 2% es clima templado subhúmedo localizado en las partes altas de la Sierra Madre Occidental.

La temperatura media anual del estado es alrededor de 25 °C, las temperaturas mínimas promedio son alrededor de 10.5 °C en el mes de enero y las máximas promedio pueden ser mayores a 36 °C durante los meses de mayo a julio. Las lluvias se presentan en el verano durante los meses de julio a septiembre, la precipitación media del estado es de 790 mm anuales.

El clima en El Fuerte es considerado seco-semiseco con una temperatura media anual de 18 °C, pero alcanza temperaturas de más de 30 °C en temporadas cálidas (primavera y verano) y 10 °C en temporadas frías (otoño e invierno). La vegetación en este clima es una mezcla entre xerófilas, pastizal y bosque mixto, esto debido a las condiciones de temperatura y humedad en el transcurso del año.

En el Municipio de Ahome se presenta el clima muy seco a muy cálido con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 23 °C; los meses de diciembre y enero son los más fríos con temperaturas medias de 16 °C y mínimas extremas de 8 °C promedio. Los meses más cálidos son de junio a agosto con temperatura media promedio de 29 °C, máximas extremas de 37 °C. La precipitación media anual es de 270 mm, la cual se concentra durante los meses de julio a octubre.

Para la ubicación del Proyecto se identifican dos tipos de climas, en la Tabla V.19 se indican los climas predominantes.

Tabla V.19 Principales climas

Cadenamiento	Clima	Descripción
0+000 al 14+000	BS0(h')hw	Seco cálido: Corresponde al Cálido, temperaturas medias, anual > 22 °C y del mes más frío < 18 °C. Régimen de lluvia de verano.
14+000 al 81+045	BW(h')hw	Muy seco cálido: Cálido, temperaturas medias, anual > 22 °C y del mes más frío < 18°C. Régimen de lluvia de verano.

Fuente: INEGI. Mapa de climas.

Temperatura.

En la Tabla V.20 se presentan los datos de temperaturas para la Estación de Compresión El Fuerte en el municipio El Fuerte y la Estación Topolobampo en el municipio de Ahome.

Tabla V.20 Temperaturas promedio

Año	Estación de Compresión El Fuerte	Estación Topolobampo
	Mínima Media Máxima	Mínima Media Máxima
2013	12.1 °C 18.8 °C 27.3 °C	14.0 °C 24.8 °C 33.5 °C
2014	12.8 °C 19.9 °C 28.7 °C	15.3 °C 26.5 °C 34.1 °C
2015	14.5 °C 22.2 °C 31.4 °C	15.6 °C 26.4 °C 33.8 °C
2016	17.1 °C 25.2 °C 34.4 °C	13.4 °C 24.9 °C 32.9 °C
2017	19.9 °C 28.3 °C 37.4 °C	15.9 °C 26.8 °C 33.3 °C
2018	24.5 °C 30.9 °C 38.5 °C	14.8 °C 25.8 °C 33.8 °C

Año	Estación de Compresión El Fuerte	Estación Topolobampo
	Mínima Media Máxima	Mínima Media Máxima
2019	25.4 °C 29.0 °C 34.2 °C	15.8 °C 25.6 °C 33.3 °C
2020	24.7 °C 28.6 °C 33.9 °C	15.2 °C 26.2 °C 34.3 °C
2021	21.5 °C 27.2 °C 34.2 °C	15.3 °C 25.7 °C 33.9 °C
2022	16.5 °C 23.0 °C 30.9 °C	15.4 °C 26.0 °C 33.5 °C
2023	12.6 °C 18.9 °C 26.9 °C	17.1 °C 26.9 °C 34.4 °C
Promedio	18.3 °C 24.8 °C 32.5 °C	15.3 °C 26.0 °C 33.7 °C

Fuente: Datos del período 2013 – 2023
<https://es.climate-data.org/americas-del-norte/mexico/sinaloa/el-fuerte-57940/#climate-table> y <https://www.meteored.mx/ahome/historico>

Vientos.

En la Tabla V.21 se indican los datos de velocidad del viento para la Estación de Compresión El Fuerte en el municipio El Fuerte y la Estación Topolobampo en el municipio de Ahome y en la Figura V.16 se presenta la rosa de vientos del municipio El Fuerte, Sinaloa y municipio Ahome, Sinaloa.

Tabla V.21 Velocidad del viento promedio

Año	Estación de Compresión El Fuerte	Estación Topolobampo
	Mínima Media Máxima	Mínima Media Máxima
2013	6.0 km/h 11.9 km/h 16.0 km/h	10.1 km/h 12.9 km/h 15.8 km/h
2014	7.0 km/h 10.2 km/h 17.0 km/h	10.1 km/h 13.0 km/h 17.3 km/h
2015	5.0 km/h 11.5 km/h 18.0 km/h	10.9 km/h 13.8 km/h 17.2 km/h
2016	6.0 km/h 12.2 km/h 18.5 km/h	11.7 km/h 14.3 km/h 18.5 km/h
2017	8.0 km/h 12.1 km/h 17.2 km/h	12.0 km/h 16.5 km/h 25.6 km/h
2018	7.0 km/h 13.0 km/h 19.0 km/h	13.3 km/h 17.0 km/h 20.5 km/h
2019	6.0 km/h 12.7 km/h 19.4 km/h	14.6 km/h 16.8 km/h 19.4 km/h
2020	7.0 km/h 12.5 km/h 18.0 km/h	12.0 km/h 15.8 km/h 20.4 km/h
2021	8.0 km/h 13.4 km/h 19.0 km/h	11.5 km/h 15.5 km/h 19.7 km/h
2022	7.0 km/h 13.2 km/h 19.0 km/h	14.4 km/h 17.1 km/h 19.8 km/h
2023	8.0 km/h 13.4 km/h 19.0 km/h	15.3 km/h 15.5 km/h 19.5 km/h
Promedio	6.8 km/h 12.4 km/h 18.2 km/h	12.4 km/h 15.5 km/h 19.5 km/h

Fuente: Datos del período 2013 – 2023
https://www.meteored.mx/clima_ElFuerte-America+Norte-Mexico-Sinaloa-1-21416.html y <https://www.meteored.mx/ahome/historico>

Para el caso de la Estación de Compresión El Fuerte, el viento con más frecuencia viene del este durante 2.1 semanas, del 2 de enero al 17 de enero, con un porcentaje máximo del 30% en 16 de enero. El viento con más frecuencia viene del oeste durante 11 meses, del 17 de enero al 11 de diciembre, con un porcentaje máximo del 49% en 13 de junio. El viento con más frecuencia viene del norte durante 3.1 semanas, del 11 de diciembre al 2 de enero, con un porcentaje máximo del 30% en 1 de enero (Figura V.6).

Para la Estación Topolobampo, el viento con más frecuencia viene del oeste durante 3.8 meses, del 25 de febrero al 18 de junio y durante 2.2 meses, del 11 de agosto al 17 de octubre, con un porcentaje máximo del 57% en 27 de mayo. El viento con más frecuencia viene del sur durante 1.8 meses, del 18 de junio al 11 de agosto, con un porcentaje máximo del 51% en 4 de julio. El viento con más frecuencia viene del norte durante 4.3 meses, del 17 de octubre al 25 de febrero, con un porcentaje máximo del 56% en 1 de enero (Figura V.16).



Figura V.16 Rosa de vientos de los municipios de El Fuerte y Ahome en el estado de Sinaloa
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/el-fuerte-de-montes-claros_m%c3%a9xico_4009788 y
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/ahome_m%c3%a9xico_4019098

Humedad relativa.

En la Tabla V.22 se presentan los datos de humedad relativa para la ubicación de la Estación de Compresión El Fuerte, ubicado en el municipio El Fuerte, Sinaloa y la Estación Topolobampo, ubicado en el municipio de Ahome, Sinaloa.

Tabla V.22 Humedad relativa media

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Estación de Compresión El Fuerte (El Fuerte, Sinaloa)												
54%	50%	44%	37%	34%	46%	67%	76%	74%	60%	54%	58%	55%
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Estación Topolobampo (Ahome, Sinaloa)												
64%	62%	60%	58%	58%	64%	67%	73%	75%	66%	63%	65%	65%

Fuente: Datos del período 2013 – 2023

<https://es.climate-data.org/americas-del-norte/mexico/sinaloa/el-fuerte-57940/> y <https://es.climate-data.org/americas-del-norte/mexico/sinaloa/topolobampo-5864/>

Presión atmosférica.

En la Tabla V.23 se presentan los datos de presión atmosférica para la ubicación de la Estación de Compresión El Fuerte, ubicado en el municipio El Fuerte, Sinaloa y la Estación Topolobampo, ubicado en el municipio de Ahome, Sinaloa.

Tabla V.23 Presión atmosférica

Año	Estación de Compresión El Fuerte	Estación Topolobampo
	Mínima Media Máxima	Mínima Media Máxima
2013	1,007.0 hPa 1,014.0 hPa 1,016.0 hPa	1,006.7 hPa 1,012.3 hPa 1,016.3 hPa
2014	1,006.0 hPa 1,014.9 hPa 1,016.4 hPa	1,008.9 hPa 1,012.2 hPa 1,015.7 hPa
2015	1,006.0 hPa 1,013.7 hPa 1,016.3 hPa	1,009.4 hPa 1,012.2 hPa 1,016.3 hPa
2016	1,010.0 hPa 1,012.0 hPa 1,014.2 hPa	1,010.7 hPa 1,013.3 hPa 1,016.2 hPa

Año	Estación de Compresión El Fuerte	Estación Topolobampo
	Mínima Media Máxima	Mínima Media Máxima
2017	1,008.0 hPa 1,010.9 hPa 1,011.6 hPa	1,009.6 hPa 1,012.5 hPa 1,016.4 hPa
2018	1,009.0 hPa 1,009.8 hPa 1,010.9 hPa	1,009.9 hPa 1,012.9 hPa 1,016.4 hPa
2019	1,010.0 hPa 1,010.9 hPa 1,012.2 hPa	1,010.8 hPa 1,012.8 hPa 1,016.2 hPa
2020	1,009.0 hPa 1,010.3 hPa 1,013.3 hPa	1,009.7 hPa 1,012.9 hPa 1,016.3 hPa
2021	1,008.0 hPa 1,006.7 hPa 1,011.9 hPa	1,009.5 hPa 1,012.8 hPa 1,016.4 hPa
2022	1,008.0 hPa 1,009.9 hPa 1,010.9 hPa	1,009.6 hPa 1,012.7 hPa 1,016.5 hPa
2023	1,009.0 hPa 1,012.9 hPa 1,015.4 hPa	1,009.4 hPa 1,012.0 hPa 1,016.3 hPa
Promedio	1,008.2 hPa 1,011.5 hPa 1,013.6 hPa	1,009.5 hPa 1,012.6 hPa 1,016.3 hPa

Fuente: Datos del período 2013 – 2023

<https://www.meteored.mx/clima/ElFuerte-America+Norte-Mexico-Sinaloa-1-21416.html> y <https://www.meteored.mx/ahome/historico>

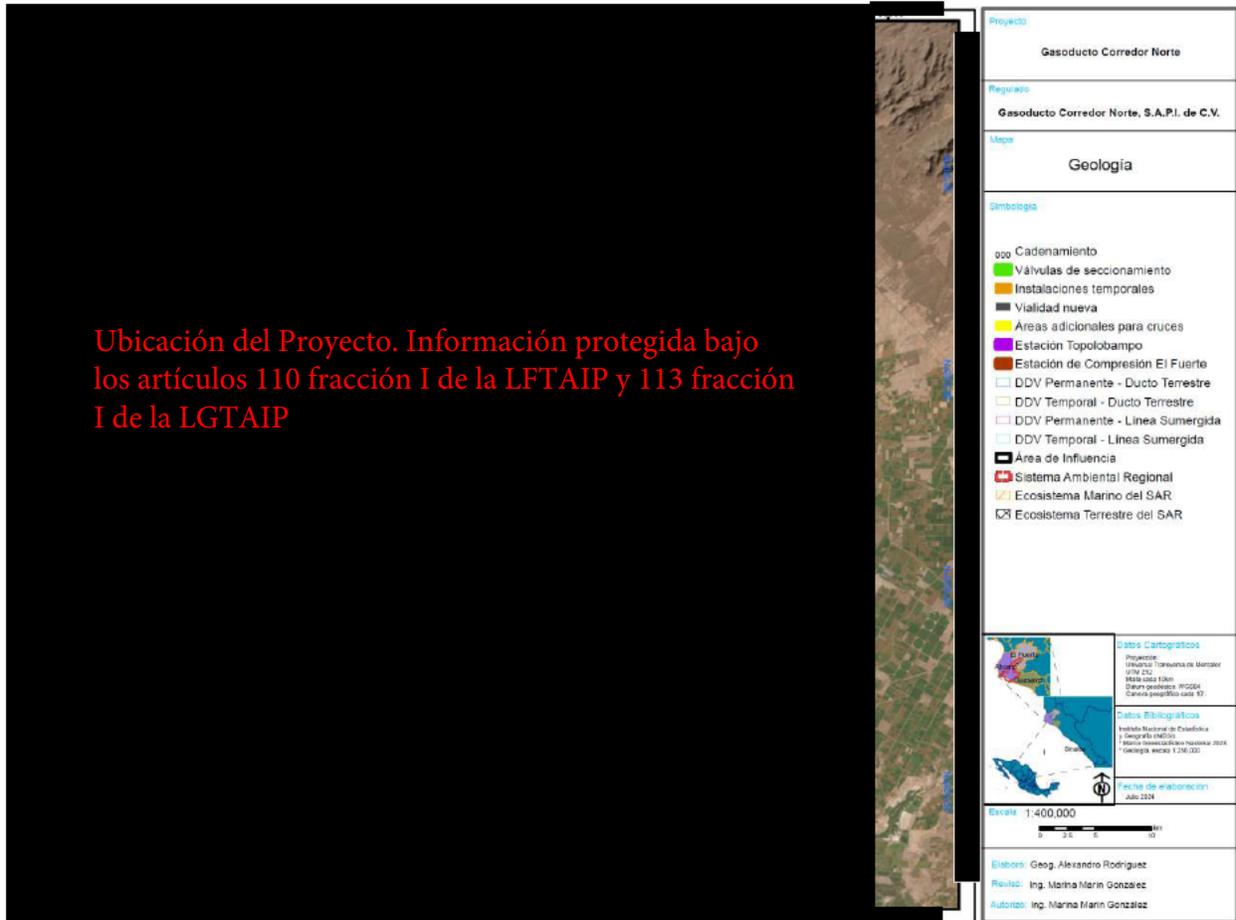
V.3.1.2 Geología

El Área de Influencia se encuentra en la Provincia Geológica Deltaica de Sonora-Sinaloa¹⁸, la cual se localiza en la costa de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit, se extiende costa afuera hasta la plataforma continental del Golfo de California. Está formada por rocas sedimentarias marinas y continentales del Terciario, presenta algunas fallas extensionales. Los tipos geológicos existentes en el Área de Influencia se muestran en la Tabla V.24 y se ilustran en el Mapa V.2.

Tabla V.24 Tipos geológicos existentes en el Área de Influencia.

Tipo	Clave	Era geológica	Clase	Serie	Sistema	Área de Influencia (ha)
Cuerpo de agua	H ₂ O	---	---	---	---	3,206.44
Andesita-Brecha volcánica intermedia	K(A-Bvi)	Mesozoico	Ígnea extrusiva	---	Cretácico	2,853.13
Aluvial	Q(al)	Cenozoico	---	---	Cuaternario	23,673.97
Basalto-Brecha volcánica básica	Q(B-Bvb)	Cenozoico	Ígnea extrusiva	---	Cuaternario	676.44
Conglomerado	Q(cg)	Cenozoico	Sedimentaria	---	Cuaternario	1,327.42
Eólico	Q(eo)	Cenozoico	---	---	Cuaternario	21.82
Lacustre	Q(la)	Cenozoico	---	---	Cuaternario	2,072.15
Litoral	Q(li)	Cenozoico	---	---	Cuaternario	11.26
Sin información temática	S/lt	---	---	---	---	124.94
Andesita	Ti(A)	Cenozoico	Ígnea extrusiva	---	Paleógeno	1,474.43
Brecha volcánica intermedia	Ti(Bvi)	Cenozoico	Ígnea extrusiva	---	Paleógeno	518.56
Riolita-Toba ácida	Tom(R-Ta)	Cenozoico	Ígnea extrusiva	---	Terciario	29.66
Toba ácida-Brecha volcánica ácida	Tom(Ta-Bva)	Cenozoico	Ígnea extrusiva	---	Terciario	426.84
Volcanoclástico	Tom(Vc)	Cenozoico	Ígnea extrusiva	---	Terciario	58.09
Conglomerado	Tpl(cg)	Cenozoico	Sedimentaria	Plioceno	Neógeno	1,818.43
Total						38,293.57

¹⁸ Provincias Geológicas de México. 2010. PEMEX Exploración y Producción. Consultado en https://www.academia.edu/9818021/Provincias_Geol%C3%B3gicas_de_M%C3%A9xico



Mapa V.2 Geología del Área de Influencia.

A continuación, se caracterizan los tipos geológicos ya indicados.

Cuerpo de agua, clave H₂O. No es un tipo geológico, sin embargo, el software ArqGis Desktop 10.4.1 lo cuantifica como parte del polígono del Ecosistema Terrestre del SAR y de la capa geológica empleada, por lo que la cuantifica.

Andesita-Brecha volcánica intermedia, clave K(A-Bvi). Compuesta fundamentalmente por plagioclasa cálcica, (labradorita - andesina) y piroxenos, que puede presentar vidrio volcánico, biotita, cristales de cuarzo, andalucita, anfíboles (hornblenda), etc. Suele tener tonos grisáceos o blanco sucio, a veces pardos o rojizos por alteración. A simple vista es casi imposible distinguirla de la dacita y de algunos basaltos alterados, proceden de magmas profundos básicos que experimentan un rápido enfriamiento y que han sufrido procesos de diferenciación magmática o que han sufrido procesos de contaminación por materiales continentales en zonas de subducción. Las andesitas son rocas aptas para su uso como áridos, algunas de ellas se utilizan para la obtención de adoquines.

Aluvial, clave Q(al). Depósitos sedimentarios formados por corrientes fluviales en el cauce y llanura de inundación de los valles fluviales, se caracterizan por tener una menor clasificación de sedimentos arenolimosos.

Basalto-Brecha volcánica básica, clave Q(B-Bvb). El basalto es una roca volcánica de grano fino y color verde oscuro a negro, compuesta fundamentalmente por piroxeno y plagioclasa rica en calcio con cantidades menores olivino y anfíbol. Una brecha es una roca constituida por fragmentos líticos que se mantienen ligados por una matriz y cuyo cemento en el caso de las asociadas a mineralización que

involucran en su transporte y agregación materiales clásticos o piroclásticos. El término volcánica indica que el origen de la matriz es plutónico.

Conglomerado, clave Q(cg) y Tpl(cg). Presentan las características del grupo de las rocas sedimentarias y difieren por la era geológica de su formación. El conglomerado consiste fundamentalmente en grava. La grava se acumula en los diversos ambientes y normalmente indica la existencia de pendientes acusadas o corrientes muy turbulentas. En un conglomerado, los granos gruesos y quizá reflejan la acción de corrientes montañosas energéticas o son consecuencia de una fuerte actividad de olas a lo largo de una costa en rápida erosión. Algunos depósitos glaciares y de avalanchas también contienen gran cantidad de grava.

Eólico, clave Q(eo). Son suelos transportados por el viento. El viento transporta sus materiales de tres maneras, por suspensión, saltación, y rodamiento, según sea el tamaño de material y la velocidad del viento. Para que se produzca deposición vasta que el viento disminuya su velocidad hasta que las partículas de limo o los granos de arena no puedan mantenerse en el aire.

Lacustre, clave Q(la). Materiales no consolidados, conformados tanto por sedimentos erosionados provenientes de las partes altas de la cuenca, como materiales volcánicos de caída, que se depositan bajo cuerpos de agua. Este tipo de suelo son del Mioceno al Plioceno.

Litoral clave Q(li). Son depósitos clásticos recientes de playa, bien clasificado originados por la acción de las olas y corrientes marinas. Los detritos son de cuarzo, micas, fierro, titanio, zircón y fragmentos subredondeados y redondeados de rocas y conchas, con granulometría de la arena, de color negro. Su distribución se localiza en las playas, tiene un ambiente litoral, por lo que presentan arenas de grano grueso, con fragmentos de conchas de bivalvos, gasterópodos y equinodermos.

Andesita, clave Ti(A). Pertenece a la familia de las rocas ígneas de composición intermedia, color oscuro, compuesta de cristales de plagioclasas intermedias, minerales máficos y frecuentemente vidrio volcánico. Junto con el basalto forma las masas principales de rocas efusivas en las regiones de volcanismo joven y actual. Su enfriamiento fue rápido a nivel de la superficie.

Brecha volcánica intermedia, clave Ti(Bvi). Constituida por clastos con tamaños que varían desde lapilli hasta bloques inmersos en una matriz tobácea. Frecuentemente las brechas están medianamente consolidadas. Entre los clastos los hay densos y escoriáceos, estos últimos son los que conforman los conos cineríticos. Aparece cubierta por la unidad volcano-sedimentaria.

Riolita-Toba ácida, clave Tom(R-Ta). Roca volcánica ácida de grano fino a vítreo. Mineralógicamente son similares a los granitos y microgranitos, aunque desde el punto de vista químico parecen ser algo más ricas en SiO₂. A veces en las riolitas se reemplaza el cuarzo por formas beta de alta temperatura y muy raramente por tridimita o cristobalita (grupo de minerales silíceos). La presencia de minerales ferromagnesianos está menos clara que en las rocas plutónicas correspondientes. En sentido estricto, las riolitas se dividen en dos tipos, sódicas y potásicas, de acuerdo con el tipo de feldespato presente.

Toba ácida-Brecha volcánica ácida, clave Tom(Ta-Bva). Constituida por materiales piroclásticos relativamente suaves y asociados a bancos de riolita endurecida. Si la riolita tiene una reacción netamente ácida por causa de su riqueza en cuarzo, la toba por sí misma es mucho más heterogénea, tanto en endurecimiento del material, como de su reacción química, algunas veces alcalina por causa de la presencia de plagioclasas sódicas.

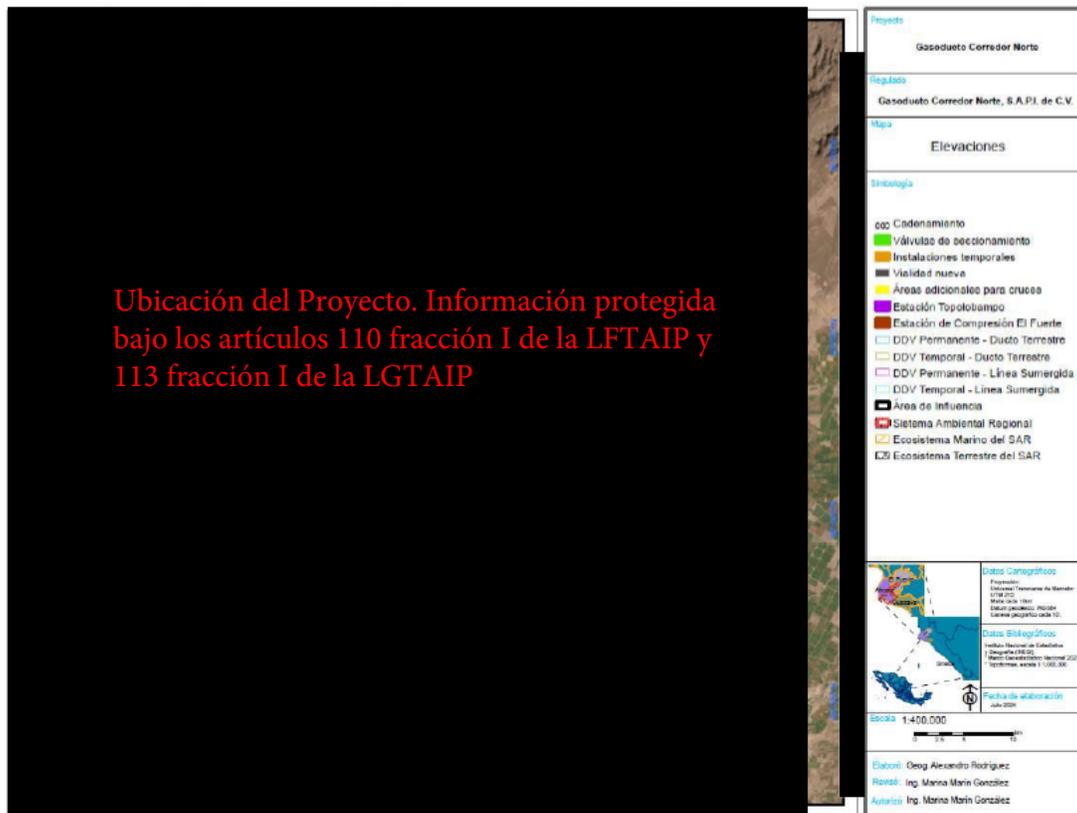
La Brecha volcánica ácida está constituida por fragmentos de lava expulsado al aire por la erupción de un volcán, solidificándose en su caída, y adoptando forma de huso, cordada o espiral. Su tamaño es superior a diez centímetros y aparece individualizado dentro de las acumulaciones de piroclastos o ceniza. Conforman fragmentos angulosos que varían de 1 a 15 cm y el color es rojo claro. Se desarrollan en mesetas altas de laderas escarpadas.

Volcanoclástico, clave Tom(Vc). Las rocas volcanoclásticas son aquellas con textura clástica causada por procesos volcánicos. Las erupciones volcánicas explosivas por ejemplo producen volúmenes grandes de material detrítico (de detritus) volcanoclástico. La palabra "clasto" significa trozo o partícula y principalmente se usa en la sedimentología entonces en conjunto de rocas sedimentarias.

Bloques se llama los clastos angulares producidos por la fragmentación de rocas sólidas. Las bombas originan de pedazos de magma (normalmente de composición básica o intermedia) expulsados, transportados por el viento y modelados mediante su solidificación en el aire resultando en cuerpos aerodinámicos.

V.3.1.3 Geomorfología o elevaciones

La Geomorfología o Elevaciones existentes en el Área de Influencia se indican en el Mapa V.3 y la Tabla V.25.



Mapa V.3 Geomorfología o Elevaciones en el Área de Influencia.

Tabla V.25 Geomorfología o Elevaciones en el Área de Influencia.

Elevaciones	Clave en el Mapa	Área de Influencia (ha)
Sierra baja de laderas escarpadas	100-0/01	492.47
Lomerío típico	200-0/01	78.05
Lomerío con llanuras	205-0/01	187.21
Llanura deltaica	500-0/02	4,534.44
Llanura aluvial	500-0/04	2,283.62
Llanura deltaica salina	500-4/02	3,192.48
Llanura costera con lomerío	502-0/01	7,777.54

Elevaciones	Clave en el Mapa	Área de Influencia (ha)
Llanura costera con ciénagas salina	521-4/01	3,124.20
Cuerpo de agua	H ₂ O	3,325.29
Sin información temática	S/lt	49.36
	Total	38,293.57

Las principales características de la Geomorfología o Elevaciones ya indicadas son:

Sierra baja de laderas escarpadas. Línea de montañas con altitud menores de 600 msnm cuya ladera escarpada es abrupta (mayor a 35°) en contra de la pendiente del terreno, es alargada y más o menos continua, que tuvo su origen por erosión o fallamiento.

Lomerío típico. Compuesta por un conjunto de lomas, con cumbres a alturas aproximadamente al mismo nivel, separadas por una red hidrográfica moderadamente densa y vaguadas coluvio-aluviales.

Llanura deltaica. Porción subaérea de una delta, consistente en una superficie próxima al nivel del mar, inclinada hacia el mismo. En su relieve se presentan acumulaciones fluviales y numerosos cauces de brazos del río principal. Son comunes los lagos y pantanos. No cuenta con elevaciones con la diferencia que el material que lo conforma son sedimentos transportados por las corrientes superficiales que se encuentra a las orillas de un río.

Llanura Aluvial. Zona resultante de la sedimentación de un río. Las llanuras aluviales son amplias franjas de topografía llana y dimensiones que pueden ser de varios kilómetros, que se desarrollan sobre los aluviones depositados por cursos fluviales. Prácticamente siempre ocupan zonas que están o han estado relacionadas con episodios de subsidencia, por lo que es difícil distinguir las capas del suelo. La topografía es generalmente llana, pero también se encuentran ondulaciones con remanentes irregulares de la corriente de agua que las cruza y van de un sentido al opuesto, así como pequeñas cañadas. Estos suelos suelen ser muy fértiles.

Llanura deltaica salina. Porción subaérea de una delta, consistente en una superficie próxima al nivel del mar, inclinada hacia el mismo. En su relieve se presentan acumulaciones fluviales y numerosos cauces de brazos del río principal. Son comunes los lagos y pantanos. No cuenta con elevaciones con la diferencia que el material que lo conforma son sedimentos transportados por las corrientes superficiales que se encuentra a las orillas de un río y se caracteriza por ser terrenos con pendientes muy suaves, suelos profundos pero salinizados debido a su cercanía con el mar.

Llanura costera con lomeríos. Cuando un río desemboca al mar, forma una llanura que se encuentra dispuesta en forma de conos, esto recibe el nombre de cono de deyección, lo cual quiere decir que es posible que se desplace fácilmente el lecho del río, causando inundaciones en áreas que se encuentran ubicadas en lugares distintos de su ubicación original. También por efecto de las mareas se crean depósitos de agua de mar.

Llanura costera con ciénagas salina. Franja que se extiende, algunas veces con gran anchura, a lo largo del litoral marino y que tuvo su formación durante el levantamiento del fondo marino o el descenso del nivel del mar, cuando afloran las superficies abrasivo-acumulativas de la plataforma y que se inunda periódicamente con agua salada lo que origina un terreno fangoso salino.

Cuerpo de agua. No es un tipo de elevación, sin embargo, el software ArcGIS Desktop 10.4.1 lo cuantifica como parte del polígono de medición y de la capa empleada.

V.3.1.4 Tipos de suelo

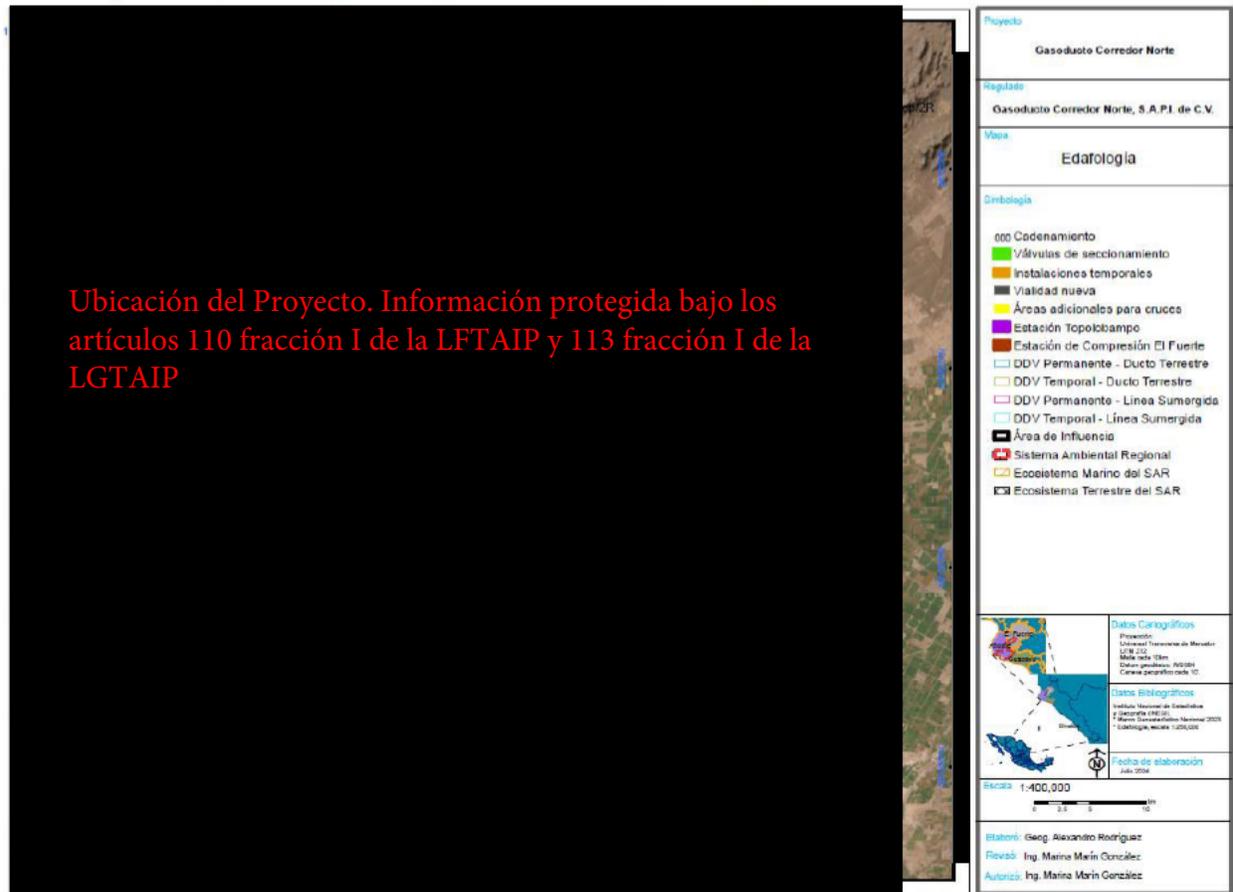
Las unidades edafológicas existentes en el Área de Influencia, conforme a la clasificación de la FAO¹⁹, se indican en la Tabla V.26 y se ilustran en el Mapa V.4.

Tabla V.26 Unidades edafológicas existentes en el Área de Influencia.

Clave WRB FAO 2014	Unidad Primaria	Clase Textural	Area de Influencia (ha)
CMca+VRmzcr/2	Cambisol	Media	1579.38
CMslca+FLeu+VRcr/2	Cambisol	Media	6240.23
CMszwso+SCsow+PHszwca/2	Cambisol	Media	503.29
CMvrlep+LPeu+VRlen/3	Cambisol	Fina	1344.41
CMvrlep+VRlen/3	Cambisol	Fina	967.04
CMvrlep+VRlen+PHlven/3	Cambisol	Fina	1544.01
FLeu/2	Fluvisol	Media	265.97
FLeu+FLmo/2	Fluvisol	Media	58.27
FLeu+FLmo+PHha/2	Fluvisol	Media	623.11
FLeu+PHha/2	Fluvisol	Media	953.48
FLmo+PHha/2	Fluvisol	Media	752.41
LPeusk/2R	Leptosol	Media	361.11
LPeusk+PHsklep/2R	Leptosol	Media	371.26
LPeusk+SCglso/2R	Leptosol	Media	132.21
LPmosk+PHlvlep+RGeulep/2R	Leptosol	Media	165.1
PHha/2	Phaeozem	Media	120.77
PHha+FLeu/2	Phaeozem	Media	26.78
PHha+FLmo+VRcr/2	Phaeozem	Media	1103.28
PHha+VRcr+FLmo/2	Phaeozem	Media	190.73
PHlen+RGeulen/2	Phaeozem	Media	0.01
PHsklep+LPeusk/2r	Phaeozem	Media	7.48
PHskp+RGeuskp+LVha/2r	Phaeozem	Media	0.56
RGeulep+LPeusk+PHlen/2	Regosol	Media	36.28
RGeuskp+LPeusk/2r	Regosol	Media	254.58
RGsklep/3R	Regosol	Fina	94.02
RGsklep+CMvrlep/3R	Regosol	Fina	1246.07
SCarsoh+RGszwso/2	Solonchak	Media	5011.09
SCglso/1	Solonchak	Gruesa	288.34
SCglso+GLszwso/1	Solonchak	Gruesa	628.31
SCszhsoh+SCglso+RGszwso/2	Solonchak	Media	579.04
VRccrw+PHcrr/3	Vertisol	Fina	6189
VRmzlep+PHvrlep/3	Vertisol	Fina	347.88
VRsklen+PHlvlep/2	Vertisol	Media	2518.2
VRsklep+CMcrlep/3R	Vertisol	Fina	27.78

¹⁹ Base referencial mundial del recurso suelo 2014. FAO. Consultada en: <https://www.fao.org/3/i3794es/i3794es.pdf>

Clave WRB FAO 2014	Unidad Primaria	Clase Textural	Área de Influencia (ha)
ZU	Localidad	No aplica	477.23
H2O	Cuerpo de agua	No aplica	3284.87
Total			38293.57



Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Mapa V.4 Unidades edafológicas existentes en el Área de Influencia.

Las principales características de las unidades edafológicas^{19, 20}, se indican a continuación.

Grupo Phaeozem (clave PH) también denominados Feozem. Son un grupo muy variado que puede integrar suelos de praderas relativamente húmedos hasta regiones de bosque con clima moderado. Tienen un horizonte superficial oscuro, rico en humus; se encuentran libres de carbonatos secundarios o los tienen sólo a mayores profundidades. Todos ellos tienen una alta saturación de bases en su primer metro superior.

Si se forman sobre materiales no consolidados de reacción alcalina, son suelos más o menos profundos, aunque en la mayoría se encuentra la fase lítica como limitante a menos de 100 cm de profundidad; en algunas áreas existe alto contenido de arcillas. Sin capa orgánica aparente.

En condiciones naturales, pueden ser susceptibles a la erosión según el relieve particular en que se presenten.

²⁰ Universidad de Extremadura, España. Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra. Caracterización del suelo. Consultado en: <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/>

Phaeozem háplico (clave PHha). Presenta las características del grupo y la principal característica de este tipo de suelo es una capa superficial rica en materia orgánica y nutrientes en el horizonte A de 0-18 cm. por lo que es un suelo con gran fertilidad, derivada del nivel de madurez de los horizontes.

Phaeozem léptico (clave PHlen). Presenta las características del grupo y en su fase tiene una capa de roca dura continua entre 25 y 100 cm desde la superficie del suelo. Sin capa orgánica aparente.

Phaeozem esquelético (clave PHsk). Presenta las características del grupo y en su fase esquelético tiene un 40 a un 90% (en peso) de gravas u otros fragmentos gruesos hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo. Sin capa orgánica aparente.

Grupo Regosol (clave RG). Son de origen residual y coluvio-aluvial a partir de material materno constituido por rocas ígneas ácidas y básicas. Tienen poco desarrollo y colores claros amarillentos, pardo amarillento y pardo rojizo, muy semejantes a la roca de la cual se formaron; su pH es ligeramente alcalino. Por lo general son poco profundos, con menos de 50 cm, pues presentan fase lítica; se parecen bastante a las rocas que los subyacen, cuando no son profundos. Se encuentran en playas o dunas, y en laderas de las sierras, muchas veces acompañados de litosoles y de afloramientos de rocas o tepetate.

Suelos profundos, bien drenados que se forman a partir de materiales no consolidados. Las características que los diferencian de otros suelos es que aún no se desarrollan y pueden convertirse, al paso del tiempo, en otros tipos de suelo.

Son muy pobres en materia orgánica, sus texturas van de arena a migajón arenoso y su capacidad de intercambio catiónico total (CICT) es baja o muy baja (de 3 a 12 meq/100 g). Son ligeramente ácidos.

El perfil es de tipo AC. No existe horizonte de diagnóstico alguno excepto un ócrico superficial. La evolución del perfil es mínima como consecuencia de su juventud, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad.

Algunos regosoles muestran efervescencia de carácter fuerte a muy fuerte cuando se les agrega ácido clorhídrico diluido debido a la presencia de carbonatos dentro de los 50 cm superficiales del suelo (Regosol calcárico) y otros no presentan ninguna otra característica diagnóstica excepto que tienen un buen contenido de nutrientes minerales (Regosol éutrico). Se encuentran asociados con rendzinas, litosoles y, menos frecuente, con Feozem y vertisoles.

Son suelos susceptibles a la erosión.

Regosol éutrico (clave RGeu). Presenta las características del grupo y una saturación de bases intercambiables compuestas por calcio, magnesio, potasio y sodio. Son suelos susceptibles a la erosión. Sin capa orgánica aparente.

Regosol esquelético (clave RGsk). Presenta las características del grupo y $\geq 40\%$ (en volumen) de fragmentos gruesos promediados en una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta la roca continua o material duro o una capa cementada o endurecida. Son suelos susceptibles a la erosión. Sin capa orgánica aparente.

Grupo Solonchak (clave SC). Estos suelos de alta concentración de sales solubles (por lo menos en algún momento del año) se localizan principalmente en zonas costeras, áridas y semiáridas. Son suelos jóvenes de origen litoral y aluvial, que han desarrollado un horizonte A ócrico, el cual sobreyace a un horizonte B cámbico. Presentan color pardo o gris con tinte rojizo, su textura va de migajones arenosos a arcillosos.

Aunque en términos de superficie pueden llegar a considerarse poco significativos, los Solonchak o suelos salinos son la manifestación de una fuerte degradación de suelos y localmente, pueden representar serios problemas ya que tienen una fuerte acumulación de sales solubles que inutilizan el recurso agua, proceso favorecido por un clima árido o semiárido, aunque no es exclusivo de los mismos.

Pueden estar presentes donde hay algo de agua superficial, con vegetación de pastos y/o hierbas halófitas, y en áreas de riego con manejo inadecuado. Los Solonchak en áreas costeras ocurren en todos los climas.

Gran parte del complejo de intercambio se encuentra saturado con sodio, motivo por el que son extremadamente alcalinos, con pH hasta de 10.3. Su salinidad varía de 10 a 300 mmhos/cm, es decir son de moderada a fuertemente salinos, los iones más comunes son cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, sodio y fósforo. También se puede presentar en zonas con drenaje deficiente y aporte externo de sales, en donde el nivel de agua del suelo queda muy cercano a la superficie y, debido a la evaporación, las sales migran paulatinamente acumulándose en la superficie. A veces este problema se agrava, cuando las sales dominantes son de sodio.

La acumulación excesiva de sales en suelos afecta el crecimiento de las plantas de dos maneras:

- Las sales agravan el stress hídrico porque los electrolitos disueltos crean un potencial osmótico que afecta la absorción de agua por las plantas. Antes de tomar algo de agua, las plantas deben compensar las fuerzas combinadas del potencial mátrico del suelo, por ejemplo, la fuerza con que la matriz del suelo retiene agua, y el potencial osmótico. Como regla básica, el potencial osmótico de una solución del suelo (en hecto Pascal) alcanza unos $650 \times EC(dS/m)$. El potencial total que puede ser compensado por las plantas (conocido como el potencial agua crítico en la hoja) varía fuertemente entre especies vegetales. Las especies de plantas que vienen de los trópicos húmedos tienen comparativamente un bajo potencial agua crítico en la hoja.

- Las sales trastornan el balance de iones de la solución del suelo porque los nutrientes están proporcionalmente menos disponibles. Se sabe que existen efectos antagonísticos, por ejemplo, entre Sodio (Na) y Potasio (K), entre Sodio (Na) y Calcio (Ca), y entre Magnesio (Mg) y Potasio (K). En mayores concentraciones las sales pueden directamente ser tóxicas para las plantas. En este respecto, los iones Sodio (Na) y cloruro son muy dañinos (perturban el metabolismo de nitrógeno).

Se usan para pastoreo extensivo de ovejas, cabras y ganado o permanecen ociosos.

Sólo después que las sales se han lavado del suelo (el cual entonces deja de ser un Solonchak) pueden esperarse buenos rendimientos.

Presentan un horizonte B nátrico, más arcilloso que el horizonte A, con una estructura prismática-columnar muy duro y compacto cuando seco y con un contenido de sodio cambiables igual o mayor de 15% de la CIC del suelo. Sin capa orgánica aparente.

Solonchak árido (clave SCar). Presenta las características del grupo y propiedades áridas, pero sin tener un horizonte taquírico. Está condicionados por la sequedad del clima que solo es capaz de generar los horizontes estériles que los caracterizan. Sin capa orgánica aparente.

Solonchak gléyico (SCgl). Presenta las características del Grupo Solonchak y además se localizan de forma dominante en las marismas y esteros; su propiedad más relevante es el elevado contenido de sales, con una conductividad eléctrica del extracto de saturación mayor de 16 mmhos/cm; debido al medio anaeróbico en que se desarrollan (continuo exceso de agua), presentan hidromorfismo, manifestado por cierta reducción del hierro y la formación de un patrón de moteaduras o manchas al quedar en contacto con el aire; poseen además un porcentaje de saturación de sodio mayor de 15 (fase sódica). No existe un horizonte con materia orgánica.

Solonchak hipersálico (clave SCsz). Presenta las características del grupo y su conductividad eléctrica, en el extracto de saturación, es superior a 30 dS/m a 25° C, en algún subhorizonte dentro del primer metro. No existe un horizonte con materia orgánica.

Grupo Vertisol (clave VR). Son suelos que se presentan en climas cálidos, en donde hay una marcada estación seca y de lluvia. Generalmente se originan de material volcánico rico en minerales de hierro y

magnesio, que han dado lugar a arcillas que se expanden con la humedad y a suelos masivos de mal drenaje, de color negro hasta una profundidad de aproximadamente 1 m.

Es usual que su contenido en arcilla sea superior al 30 %, al menos en los primeros 50 cm. Se trata de arcillas hinchables, que sufren grandes cambios de volumen con las variaciones de humedad, lo que propicia que aparezcan en el suelo grietas verticales durante la estación seca, grietas que deben llegar hasta 50 cm de profundidad y tener al menos uno de espesor.

Son suelos arcillosos, de color café rojizos en la zona norte del país. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. A veces llegan a ser salinos. Además, los vertisoles o bien presentan una estructura prismática muy fuerte, con las bases de los prismas inclinadas respecto de la horizontal, o bien recubrimientos de arcilla brillantes (slickensides), producidos por la fricción de los agregados.

Pese a que son difíciles de labrar por su dureza, tienen alta fertilidad y, sometidos en general a riego, rinden cosechas abundantes de diversos productos. Su vegetación va desde las selvas bajas hasta los pastizales y matorrales de climas semisecos. Se emplean también en la agricultura para producir cereales, caña de azúcar y también pueden sembrarse cítricos, maíz, algodón, granos, son suelos muy adecuados para uso pecuario, sobre todo cuando hay zonas de pastizales. Sin capa orgánica aparente.

Vertisol crómico (clave VRcr). Presenta las características del grupo y la mayor parte del horizonte B tiene un matiz de 7.5 YR y una pureza en húmedo mayor de 4, o un matiz más rojo que 7.5 YR. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. A veces son salinos. Un promedio ponderado de 30% o más de arcilla en la fracción de tierra-fina entre la superficie del suelo mineral y una profundidad de 18 cm o en un horizonte Ap, cualquiera que sea más espeso; y 30 por ciento o más de arcilla en la fracción de tierra-fina de todos los horizontes entre una profundidad de 18 cm y una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, duripán o un horizonte petrocálcico si están más someros. Sin capa orgánica aparente.

Vertisol mázico (clave VRmz). Presenta las características del grupo y su horizonte superficial es muy duro. Baja susceptibilidad a la erosión. Sin capa orgánica aparente.

Vertisol esquelético (clave VRsk). Presenta las características del grupo y con un 40 a un 90% (en peso) de gravas u otros fragmentos gruesos hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo. Sin capa orgánica aparente.

V.3.1.5 Hidrología.

Hidrología superficial.

En México, la disponibilidad de agua en el territorio nacional se organiza en regiones hidrológicas, las cuales prácticamente, son delimitadas con base en sus diferentes niveles de precipitación. El estado de Sinaloa posee 221.600 hectáreas de lagunas litorales y 57.000 hectáreas de aguas continentales, un considerable número de presas cuenta únicamente con dos regiones hidrográficas: Región Sinaloa, es la de mayor representatividad por el número de cuencas que comprende, así como por la superficie estatal que ocupan, el 84.76%; y la Región Presidio-San Pedro con tres cuencas que cubren el 15,24% del sureste de la entidad y presentan varios cuerpos de agua.

El municipio El Fuerte se ubica en su totalidad dentro de la Región Hidrológica Sinaloa (100%), abarca las cuencas: R. Fuerte (74.41%), Estero Bacorehuis (12.06%), Bahía Lechuguilla-Chuira-Navachiste (7.67%), R. Sinaloa (5.86%); y subcuencas: R. Fuerte-San Miguel (58.97%), Estero de Bacorehuis (12.06%), R. Fuerte-P. Miguel Hidalgo (7.77%), R. Álamos (7.67%), B. Ohuira (7.67%), A. Ocoroni (5.86%).

Entre las principales corrientes de agua en el municipio El Fuerte, se encuentran las corrientes intermitentes: Abolillos, Arrayanal, Bacamocho, Bacorehuis, Cabanillas, Cerco de Elvira, Conicari, Chapotillo, El Carrizo, El Escorpión, El Mezquite, El Rayo, El Saucillo, El Sibiral, El Tempisque, El Toro, El Zapote, Guamuchil, Guasimas, Jaibochi, Jambiolabampo, Jecolua, La Higuera, La Higuera, La Laguna,

La Noria, Las Cañadas, Las Cruces, Las Chicuras, Las Palmas, Los Cerros, Los Mezquillos, Los Ojitos, Los Papaches, Palo Parado; Pedregoso, Pie de la Cuesta, Rancho Viejo, Santa Ana, Santa Rosalía, Sayabampo, A. Seco, Sibajahui, Tecache, Utatave, R. Yecorato; corrientes perennes: Babujaqui, Baimena, El Sabino, R. Fuerte, Guirocoba y canales: Alto Norte, Alto Sur, Balacachic, Batequis, Buenaventura, Cahuinahua, Campo Nuevo, Cerro Prieto, El Carrizo, Fuerte Mayo, Jaguara, Juárez, Lateral 18, Selvabampo, Sicae, Taxtes y Valle del Fuerte.

Los cuerpos de agua representativos del municipio El Fuerte son: P. Miguel Hidalgo y Costilla (El Mahone), P. Josefa Ortiz de Domínguez (El Sabino), Laguna El Metate, Presa Jecolua, R. Fuerte, Dique Número Uno, Dique Número Dos, Dique Número Tres, Dique Número Cuatro, Dique Número Cinco, Dique Número Seis y Dique Número Siete (2.44%).

El municipio de Ahome dispone de uno de los recursos hidrológicos más importantes de la vertiente del Pacífico Norte, el Río Fuerte, cuyo origen se localiza en las estribaciones de la Sierra Tarahumara en el municipio de Guadalupe y Calvo del estado de Chihuahua. El Río Fuerte penetra al municipio por su parte oriental en las cercanías de la Localidad de San Miguel Zapotitlán; continúa su recorrido orientándose de este a oeste hasta llegar a las inmediaciones de Higuera de Zaragoza donde cambia su rumbo hacia el suroeste para descargar sus aguas en el Golfo de California. Anualmente, el Río Fuerte escurre un volumen promedio de 4,838 millones de metros cúbicos, desarrolla un máximo de 9,200 y un mínimo de 1,550 millones de metros cúbicos. Su área de cuenca es de 33,590 kilómetros cuadrados, contados de su origen, a la estación hidrométrica en San Blas, municipio de El Fuerte.

Otras Corrientes de agua en el municipio son: Bacorehuis y Jahuara localizados al norte del municipio, Zaragoza al sureste y sur de la Localidad de Higuera de Zaragoza, Sevelampo al sur de San Miguel Zapotitlán, Buenaventura al oeste de la Ciudad de Los Mochis, así como Babujaqui y Batequis al sureste del municipio colindando con los municipios de Sinaloa y Guasave.

El municipio de Ahome se asienta en la Región Hidrológica Sinaloa, que es la de mayor representatividad en el estado de Sinaloa por el número de cuencas que comprende, así como por la superficie estatal que cubren (84.76%). En la Región Sinaloa, se concentran la mayor cantidad de presas de la entidad. La Cuenca Bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste se localiza al norte del municipio y se subdivide en las subcuencas B. Navachiste, B. Ohuira y B. Lechuguilla; la Cuenca R. Fuerte se ubica al centro del municipio y presenta la subcuenca R. Fuerte- San Miguel en la que se encuentran las Presas Josefa Ortiz de Domínguez y Miguel Hidalgo; finalmente se tiene la Cuenca Estero de Bacorehuis al sur, donde encontramos la subcuenca con el mismo nombre.

El Proyecto se ubica en la Región Hidrológica (RH) 10 – Sinaloa, abarcando la: i) Cuenca Río Fuerte, subcuenca Río Fuerte - San Miguel y ii) Cuenca Bahía Lechuguilla – Chuirá - Navachiste.

Hidrología subterránea.

El Proyecto se ubica en el acuífero 2501 Río Fuerte el cual se localiza en el extremo noroccidental del estado de Sinaloa, en el límite con los estados de Sonora y Chihuahua, entre los paralelos 25° 25' 49" y 28° 14' 44" de Latitud Norte y 106° 20' 14" y 109° 24' 10" de Longitud Oeste, cubriendo una superficie aproximada de 34,946 km², que comprende en su mayor parte una extensa superficie de la zona serrana suroccidental del estado de Chihuahua.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, vigente para el año 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3. El uso principal del agua subterránea es el agrícola. En el territorio del acuífero se localiza el Distrito de Riego 075 “Río Fuerte”. El acuífero cuenta con los siguientes datos de disponibilidad de aguas subterráneas:

- ⊕ Recarga media anual (R) de 400.5 hm³ anuales.
- ⊕ Descarga natural comprometida (DNC) 140.4 hm³ anuales.
- ⊕ Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 199,193,847 m³ anuales.

- ⊕ Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 60,906,153 m³ para otorgar nuevas concesiones.

El área de ubicación del Proyecto, presenta características hidrogeológicas que corresponden a la época del Pleistoceno y reciente, terrazas marinas, gravas, arenas y limos, depósitos aluviales y lacustres, permeabilidad media a alta (generalizada).

V.3.2 Componente biótico del Ecosistema Terrestre del SAR

Los ecosistemas son unidades complejas en donde convergen variables bióticas (clases fisonómicas, comunidades vegetales, especies florísticas, entre otras), variables abióticas (clima, geología, geomorfología, topografía, tipo de suelo, régimen hídrico, entre otros) y antropogénicas (impacto sobre las anteriores y sus interrelaciones), conformando un sistema con sus propias características y flujos de energía.

V.3.2.1 Vegetación y uso de suelo

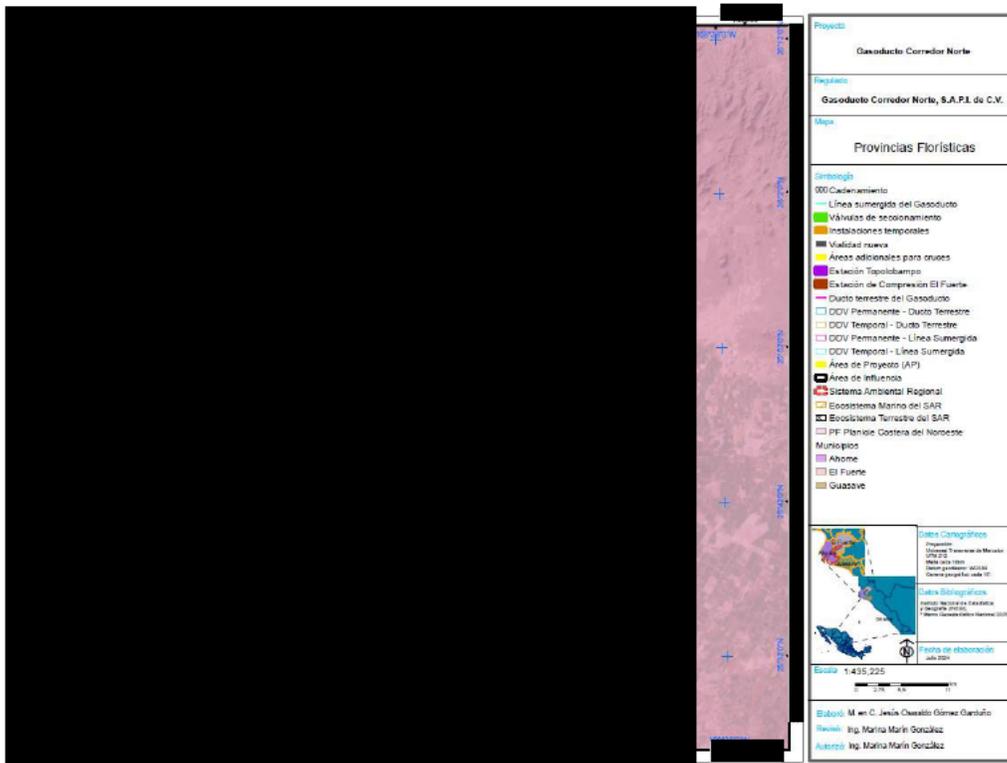
El Estado de Sinaloa forma parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental y Llanura Costera del Pacífico, esta compleja forma fisiográfica y altitudinal se manifiesta en la presencia de diversas condiciones climáticas con distintos gradientes a lo largo y ancho de la entidad, con la zona costera al Especies, la serranía al Noreste, vegetación desértica al Norte, y la zona húmeda al Sur (Vega-Aviña et al., 2000), que conllevan asociada una alta diversidad de ecosistemas y de especies vegetales; de acuerdo con la literatura, la riqueza vegetal del estado se estima en aproximadamente 3,500 especies de plantas vasculares (Vega et al., 1989). El Estado presenta seis ecosistemas forestales, que incluyen un total de 10 formaciones arboladas y 27 tipos de vegetación distintos; el ecosistema de selvas es el más abundante con 41.0% de la superficie estatal; a nivel de formación, las selvas bajas ocupan la mayor superficie con 39.9% del territorio. Las formaciones se distribuyen en los 18 municipios del estado, con tres a ocho formaciones en cada uno de ellos; dos municipios, Rosario y San Ignacio, cuentan con ocho formaciones en su territorio, mientras El Fuerte y Salvador Alvarado, tienen solo tres formaciones forestales (IEFYS, 2015).

En el caso de las zonas semiáridas del Estado de Sinaloa, se ubican al Noroeste de la entidad, donde predominan los climas secos y muy secos cálidos; la formación está representada por siete tipos de vegetación distintos que incluyen, en orden de mayor a menor extensión, el Matorral Sarcocaula (MSC), Matorral Sarcocracaule (MSCC), Matorral Sarcocracaule de Neblina (MSN), Bosque de Mezquite (MK), Mezquital Desértico (MKX), Vegetación de Galería (VG) y Mezquital Tropical (MKE).

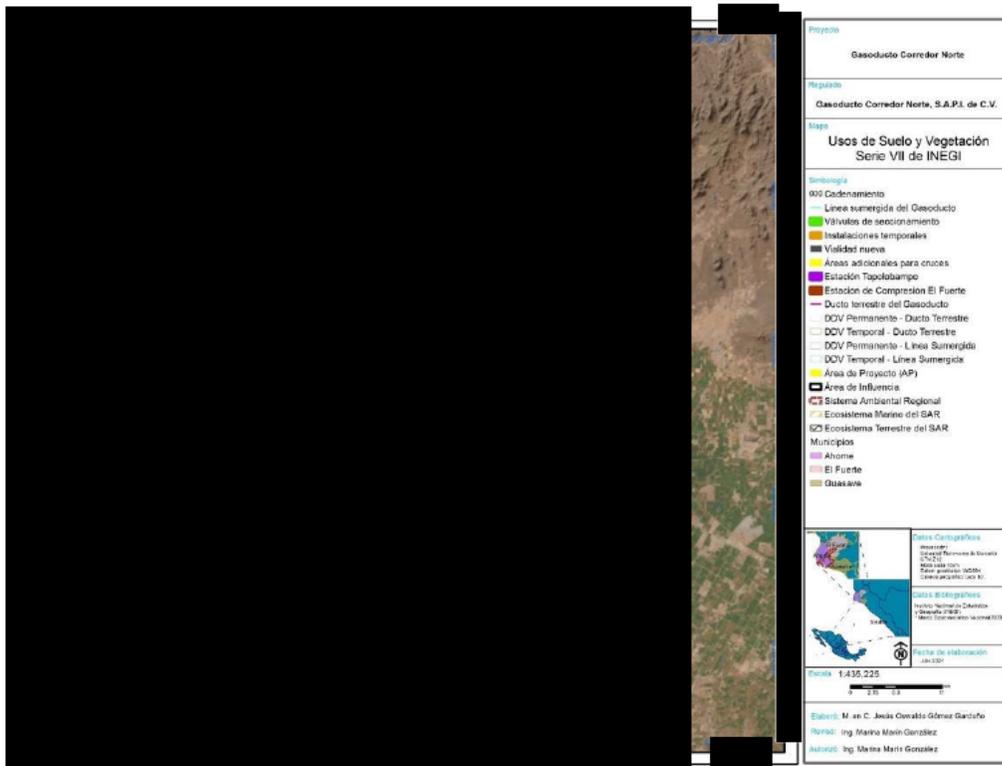
Por su parte, el Ecosistema Terrestre del SAR; en donde se localiza el Área del Proyecto y Área de Influencia; se ubica en la provincia florística denominada Provincia Costera del Noroeste, tal como se muestra en el Mapa V.5.

La provincia Planicie Costera del Noroeste, pertenece a una región xerófila mexicana, ocupa la mayor parte del estado de Sonora y se extiende a lo largo de Sinaloa en forma de angosta franja costera. Incluye también una buena porción de Arizona y una fracción de California. El clima es muy caluroso y árido o semiárido; la vegetación predominante la constituyen matorrales xerófilos y bosque espinoso. En la parte meridional de esta provincia aumenta notablemente el número de elementos comunes con la Región Caribeña, con la que se establece una larga zona de colindancia en Sinaloa y en el Sur de Sonora. Entre los géneros endémicos cabe citar: *Agiabampoa*, *Canotia*, *Carnegiea* (Rzedowski 2006).

Se consultaron los Usos de Suelo y Vegetación, de acuerdo con la información del continuo nacional de Uso de Suelo y Vegetación, escala 1:250,000 de la Serie VII del INEGI (2017). En el Área de Influencia los Usos de Suelo y Vegetación dominantes y de mayor distribución son: Agricultura de Riego y Temporal y el Matorral Sarcocaula y los de menor influencia: Sin Vegetación Aparente, Manglar, Zona Urbana, Vegetación Halófila Xerófila, Acuícola, Cuerpo de Agua, Selva Baja Caducifolia, Pastizal Cultivado, Matorral Sarcocracaule y Vegetación de Galería, como se muestra en el Mapa V.6.



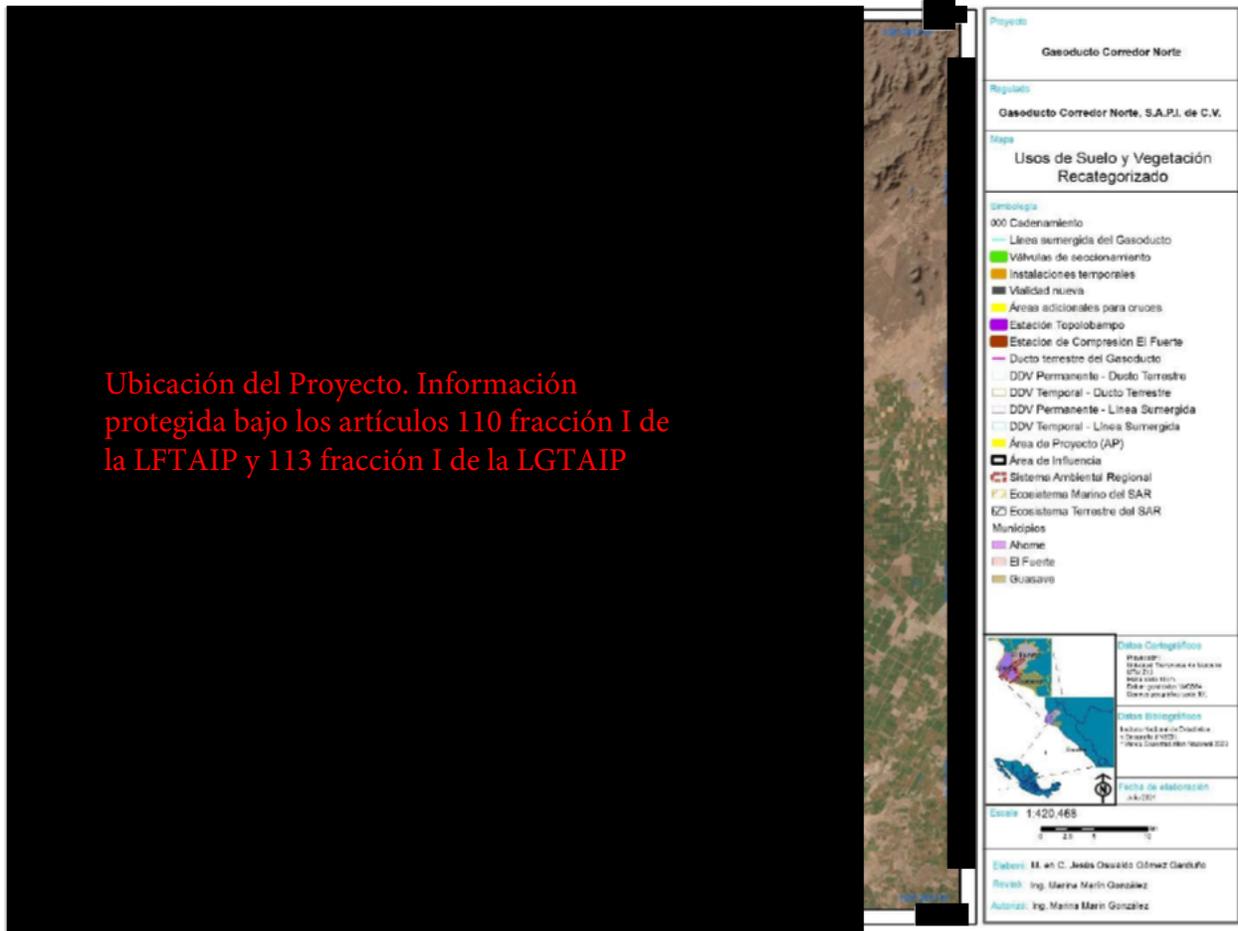
Mapa V.5 Provincia Florística donde se ubica el Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto
Fuente: Elaboración propia.



Mapa V.6 Usos de Suelo y Vegetación en el Área de Influencia
Fuente: Elaboración propia.

Ubicación del Proyecto.
Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Derivado del análisis de información registrada en campo de las especies de flora y tipo de vegetación del INEGI en su Serie VII y, con apoyo de las imágenes de Google Earth Pro, se realizó la clasificación de superficies del Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto. Como resultado de dicho análisis se obtuvo la cobertura del Uso de Suelo y Vegetación de cada área. Tal como se muestra en el Mapa V.7.



Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Mapa V.7 Usos de suelo y Vegetación obtenidos del análisis de información de campo para el Ecosistema Terrestres del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Derivado del análisis antes mencionado, en la Tabla V.27 se muestran las coberturas de cada Uso de Suelo y Vegetación que se distribuyen en el Área de Influencia.

Tabla V.27 Usos de Suelo y Vegetación en el Área de Influencia.

Uso de Suelo y Vegetación	Clave	Superficie (m ²)	Superficie (ha)	%
Acuícola	ACUÍ	3,091,464.52	309.15	0.81
Cuerpo de Agua	H ₂ O	38,049,021.92	3,804.90	9.94
Matorral Sarcocaula	MSC	85,129,644.47	8,512.96	22.23
Matorral Sarcocracicaule	MSSC	243,633.84	24.36	0.06
Pastizal Cultivado	PC	11,409,160.09	1,140.92	2.98
Selva Baja Caducifolia	SBC	4,194,210.32	419.42	1.10
Sin Vegetación Aparente	SVA	27,689,673.40	2,768.97	7.23

Uso de Suelo y Vegetación	Clave	Superficie (m ²)	Superficie (ha)	%
Agricultura de Riego y Temporal	T	181,286,418.66	18,128.64	47.34
Vegetación de Galería	VG	4,289,690.81	428.97	1.12
Vegetación Halófila Xerófila	VHH	8,614,530.11	861.45	2.25
Manglar	VM	5,176,343.39	517.63	1.35
Zona Urbana	ZU	13,761,958.41	1,376.20	3.59
Total		382,935,749.95	38,293.57	100.00

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla V.28 se presentan los usos de suelo y vegetación en el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados de la ubicación del Proyecto.

Tabla V.28 Uso de suelo y vegetación

km de inicio (cadenamiento)	km de fin (cadenamiento)	Tipo de uso de suelo	Descripción
Ducto terrestre			
0+000	8+000	Agrícola Matorral sarcocaula Bosque de galería	- Agricultura de temporal anual. - Vegetación de matorral sarcocaula. - Hacia el sur a 447 metros se ubica vegetación de bosque de galería.
8+000	13+704	Matorral sarcocaula	- Vegetación de matorral sarcocaula.
13+704	17+400	Agrícola	- Agricultura de temporal anual.
17+400	21+000	Agrícola Matorral sarcocaula	- Agricultura de temporal anual. - Vegetación de matorral sarcocaula.
21+000	23+000	Pastizal	- Pastizal cultivado.
23+000	26+318	Agrícola Matorral sarcocaula	- Agricultura de riego anual. - Vegetación de matorral sarcocaula.
26+318	65+000	Agrícola	- Agricultura de riego anual y semipermanente.
65+000	70+843.43	Vegetación halófila xerófila	- Vegetación halófila xerófila.
70+843.43	74+503.76	Sin vegetación aparente	- Sin vegetación aparente.
73+573	75+000	Industrial	- Hacia el Este a partir de los 500 metros se ubican la TAD Topolobampo PEMEX Logística, la Central Termoeléctrica Topolobampo CFE.
74+736.83	75+442	Asentamientos humanos Bahía de Topolobampo	- Se ubica la localidad Urbana Topolobampo del municipio Ahome. En el cadenamiento 74+185 al 75+442 hacia el Oeste a 380 metros aproximadamente se ubica el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 13 (CETMAR).
75+184	75+442	Manglar Zona marina	- Hacia el Oeste se encuentra vegetación de manglar, y comienza la proximidad con la zona marina.
Línea sumergida			
75+442	78+000	Asentamientos humanos Bahía de Topolobampo	- Se ubica la localidad Urbana Topolobampo del municipio Ahome como proximidad hacia el Norte, Este, Sureste y Noroeste del ducto. En el cadenamiento 75+442 al 75+800 hacia el Noroeste a 290 metros aproximadamente se ubica el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 13 (CETMAR).
75+442	79+000	Manglar	- Hacia el Oeste – Noroeste del ducto a partir de los 200 metros aproximadamente se ubica vegetación de manglar.
75+630	76+410	Mar – Marina Club Topolobampo - Muelle	- Hacia el Sur – Sureste a partir de los 250 metros aproximadamente se ubica Mar – Marina Club Topolobampo - Muelle
76+410	81+045	Zona marina	- Zona marina.

Fuente: INEGI. Mapa de uso de suelo y vegetación.

De acuerdo con la Guía para la Interpretación de Cartografía de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI del año 2017, la descripción de los Usos de Suelo y Vegetación que se distribuyen en el Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto, se presenta a continuación.

Acuícola (ACUI). Se refiere al manejo de especies dulceacuícolas o marinas con fines de obtención de producción de carne o de crías (piscifactorías, granjas de cultivos de camarón, granjas de cultivos de peces, etcétera). En Topolobampo esta actividad es de gran importancia y cubre una superficie importante en la zona para su desarrollo. Ocupa aproximadamente el 3.85% de la superficie total del Ecosistema Terrestre del SAR, alrededor del 0.81% de la superficie del Área de Influencia, mientras que el Área del Proyecto se ubica en este Uso de Suelo.

Agricultura de Riego y Temporal (T). Áreas destinadas a la producción de cultivos que son obtenidos para su utilización por el ser humano, ya sea como alimentos, forrajes, ornamental o industrial. En el Ecosistema Terrestre del SAR, se ubica el distrito de riego del Ejido Ohuira, Ejido 9 de diciembre, Ejido Los Mochis, entre otros. Se cultivan granos básicos como maíz, trigo, sorgo, diferentes verduras, algodón, cebollín, cártamo, cebada, alfalfa, espárragos y otros como el dátil. Ocupa aproximadamente el 41.01% de la superficie total del Ecosistema Terrestre del SAR, alrededor del 47.34% de la superficie del Área de Influencia, mientras que el 51.30% del Área del Proyecto se ubica en este Uso de Suelo.

Cuerpo de Agua (H₂O). Son áreas que incluyen elementos que no forman parte de la cobertura vegetal ni de las áreas manejadas, pero inciden en su distribución nacional, como los cuerpos de agua. Su identificación se basa en la interpretación espacial y temporalidad de las imágenes de satélite y se incluye como parte de las labores de actualización de la información de usos de suelo y vegetación. En el Ecosistema Terrestre del SAR, este uso de suelo asignado como cuerpo de agua, cubre aproximadamente el 2.30% de la superficie total de este, cerca del 9.94% de la superficie del Área de Influencia y alrededor del 5.94% de la superficie del Área del Proyecto.

Manglar (VM). Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas conocidas como mangles, que se distribuye en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de California y Océano Atlántico, en zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos, y de muy baja altitud. Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo peculiar que presentan los mangles es la presencia de raíces en forma de zancos, o bien de neumatóforos, características de adaptación que les permiten estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forman es generalmente arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo; las alturas de los mangles pueden variar, de manera general, desde 1 hasta 30 metros.

En México predominan cuatro especies en los manglares: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*); frecuentemente estas especies se encuentran asociadas entre sí, pero con diferentes grados de dominancia cada una de ellas.

Es importante mencionar que, la vegetación de Manglar, solo se presenta en el Ecosistema Terrestre del SAR en aproximadamente el 7.39% de su superficie y en el Área de Influencia 1.35% de su superficie. NO se encuentra este tipo de vegetación en el Área del Proyecto.

Matorral Sarcocaulé (MSC). Tipo de vegetación que se caracteriza por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea. Este tipo de vegetación se encuentra en lomeríos y elevaciones medias, sobre suelos someros de laderas de cerros, lo conforman especies como: *Jatropha spp.*, *Cercidium microphyllum*, *Opuntia spp.*, y *Carnegiea gigantea*, entre otras; esta última, particularmente impresionante por su altura, ya que con frecuencia llega a medir más de 10 metros. Es un matorral abierto o medianamente denso y florísticamente rico, en el que a menudo intervienen especies de *Acacia sp.*, *Prosopis sp.* (ahora *Neltuma sp.*), *Larrea sp.*, *Celtis sp.*, *Encelia sp.*, *Olneya sp.*, *Ferocactus sp.*, y muchos otros, al igual que numerosas plantas herbáceas perennes incluyendo helechos y *Selaginella sp.* Este tipo de vegetación ocupa aproximadamente el 22.54% de la superficie del Ecosistema Terrestre del SAR, alrededor del 22.23% de la superficie del Área de Influencia y el 14.68% del Área del Proyecto.

Matorral Sarcocracicaule (MSCC). Comunidad vegetal con gran número de formas de vida o biotipos, entre los que destacan especies sarcocaulales (tallos gruesos carnosos) y crasicaulales (tallo suculento-jugoso). Esta comunidad vegetal cuenta con gran número de formas de vida: arbustos, cactáceas, las especies representativas de este tipo de vegetación son: *Fouquieria columnaris* (cirio), *Pachycormus discolor*, *Fouquieria spp.*, *Pachycereus spp.*, *Opuntia spp.*, *Pedilanthus macrocarpus*, etc. Mantiene una relación estrecha con los Matorrales Sarcocaulales y los Matorrales Crasicaulales. Ocupa aproximadamente el 0.91% de la superficie del Ecosistema Terrestre del SAR. Este tipo de vegetación no será afectado por el Área del Proyecto.

Pastizal Cultivado (PC). Vegetación dominada por hierbas, principalmente gramíneas (pastos, zacates o gramíneas). Aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. En el Ecosistema Terrestre del SAR, este uso de suelo tiene una cobertura de apenas el 1.11%, el 2.98% de la superficie del Área de Influencia, mientras que en el Área del Proyecto ocupa aproximadamente el 2.80% de su superficie.

Selva Baja Caducifolia (SBC). Este tipo de vegetación se forma por componentes arbóreos que presentan baja altura, normalmente de 4 a 10 m (eventualmente hasta 15 m). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vidas crasas y suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*. En este tipo de selva son comunes: *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera sp.* (cuajote, papelillo, copal, chupandia); *Lysiloma sp.* (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia mexicana* (bonete); *Ceiba sp.* (yaaxche, pochote); *Bromelia pinguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea sp.* (cazahuate); *Pseudobombax sp.*; entre otras.

La Selva Baja Caducifolia, ocupa aproximadamente el 1.37 de la superficie del Ecosistema Terrestre del SAR, el 1.10% del Área de Influencia y en el Área de Influencia y Área del Proyecto, no se encuentra este tipo de vegetación.

Sin Vegetación Aparente (SVA). Se incluyen bajo este concepto los eriales, depósitos de litoral, jales, dunas, bancos de ríos y bancos de materiales que se encuentran desprovistos de vegetación, o ésta no es suficientemente evaluable dentro de los tipos de vegetación caracterizados en este sistema de clasificación. Ocupa el 9.00% de la superficie total del Ecosistema Terrestre del SAR el 7.23 de la superficie del Área de Influencia y el 7.16% del Área del Proyecto.

Vegetación de Galería (VG). Comunidades arbustivas, ocasionalmente con elementos subarbóreos, que se desarrollan en los márgenes de los ríos y arroyos, siempre bajo condiciones de humedad. En general se localizan en zonas de climas templados a secos, con amplios rangos en los valores de temperatura, humedad y altitud, sobre terrenos con humedad superficial o con manto freático somero en el lecho de ríos usualmente secos.

En este tipo de vegetación predomina generalmente un solo estrato arbustivo, que fisonómicamente puede presentar el aspecto de matorral denso o espaciado, con altura entre 1 y 2 m, y constituido por elementos usualmente perennifolios.

Entre otros géneros que pueden integrar a la vegetación de galería se encuentran *Baccharis*, *Chilopsis*, *Senecio*, *Acacia*, *Mimosa* y *Salix*, y no es rara la presencia de mezquites (*Prosopis sp* ahora *Neltuma sp.*). Ocupa aproximadamente el 0.69% del Ecosistema Terrestre del SAR, el 1.12% de la superficie del Área de Influencia y aproximadamente el 0.40% del Área del Proyecto.

Vegetación Halófila Xerófila (VHH). Estos tipos de vegetación, de baja altura, se desarrollan en suelos de cuencas cerradas con contenidos elevados de sales y yeso. Predominan los pastos que se reproducen a partir de rizomas (dominando las especies de las familias Poaceae y Chenopodiaceae), la cubierta arbustiva suele ser escasa. Esta vegetación es usada en ciertas zonas del país como alimento para el ganado, y en algunos casos, después de ser desalados, para practicar la agricultura de riego. En el

Ecosistema Terrestre del SAR ocupa aproximadamente el 4.48% de su superficie, el 2.25% de la superficie del Área de Influencia y el 17.19% de la superficie del Área del Proyecto.

Zona Urbana (ZU). Áreas con construcciones e infraestructura urbana relacionada con la actividad antrópica, estas áreas corresponden al área urbana como: Los Mochis, Topolobampo, San Miguel Zapotitlán y San Blas, como las más grandes y otras pequeñas comunidades y ejidos. Este uso de suelo ocupa el 5.35% de la superficie total del Ecosistema Terrestre del SAR, el 3.59% de la superficie del Área de Influencia y el 0.53% del Área de Proyecto.

V.3.2.1.1 Flora registrada en campo

De acuerdo con los muestreos de campo, se registró un total de 72 especies de flora, pertenecientes a 35 familias, siendo la familia Fabaceae la mejor representada con 13 especies. De las 73 especies, 20 son arbóreas, 23 arbustivas, 26 herbáceas y 8 cactáceas. 56 especies fueron registradas en el Área del Proyecto (11 arbóreas, 20 arbustivas, 17 herbáceas y 8 cactáceas), 66 especies fueron registradas en el Área de Influencia (17 arbóreas, 19 arbustivas, 24 herbáceas y 6 cactáceas) y 59 especies fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR (19 arbóreas, 19 arbustivas, 13 herbáceas y 8 cactáceas). En la Tabla V.29 se muestran los registros obtenidos por forma biológica, especie y lugar donde fueron registrados.

Tabla V.29 Especies presentes en los diferentes tipos de muestreos.

No.	Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Sitio de Registro		
					AP	AI	ET-SAR
1	Árbol	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle Prieto		x	x
2		Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Neem de la India	x	x	
3		Burseraceae	<i>Bursera laxiflora</i>	Torote Prieto		x	x
4		Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle Botoncillo		x	x
5		Fabaceae	<i>Coulleria platyloba</i>	Palo Colorado	x	x	x
6		Fabaceae	<i>Erythrina crista-galli</i>	Colorín de Seda	x	x	x
7		Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto Rojo			x
8		Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Higuera Blanca	x		x
9		Fabaceae	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Palo Brasil	x	x	x
10		Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>	Cazahuate blanco			x
11		Euphorbiaceae	<i>Jatropha cordata</i>	Papelillo		x	x
12		Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle Blanco		x	x
13		Fabaceae	<i>Lysiloma divaricatum</i>	Mauto	x	x	x
14		Fabaceae	<i>Neltuma juliflora</i>	Algarrobo Blando	x	x	x
15		Fabaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Retama	x	x	x
16		Fabaceae	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo Brea	x	x	x
17		Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	x	x	x
18		Salicaceae	<i>Populus mexicana</i>	Álamo	x	x	x
19		Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle Colorado		x	x
20		Salicaceae	<i>Salix gooddingii</i>	Sauce Norteño		x	x
21	Arbusto	Amaranthaceae	<i>Allenrolfea occidentalis</i>	Saladillo	x	x	x
22		Amaranthaceae	<i>Atriplex barclayana</i>	Chamizo	x		x
23		Primulaceae	<i>Bonellia macrocarpa</i>	Amole	x		x
24		Euphorbiaceae	<i>Croton sonorae</i>	Vara Blanca	x	x	x
25		Apocynaceae	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Chicote de Madagascar	x	x	x

No.	Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Sitio de Registro		
					AP	AI	ET-SAR
26		Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	Chapulixtle		x	
27		Fabaceae	<i>Erythrostemon palmeri</i>	Palo Piojo	x	x	x
28		Fouquieriaceae	<i>Fouquieria macdougalii</i>	Jaboncillo	x	x	x
29		Zygophyllaceae	<i>Guaiacum coulteri</i>	Árbol santo	x	x	x
30		Euphorbiaceae	<i>Jatropha cinerea</i>	Sangre de grado	x	x	x
31		Rhamnaceae	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Coyotillo	x	x	x
32		Solanaceae	<i>Lycium carolinianum</i>	Saladilla morada	x	x	
33		Celastraceae	<i>Maytenus phyllanthoides</i>	Mangle Dulce			x
34		Fabaceae	<i>Mimosa asperata</i>	Dormilona	x	x	x
35		Achatocarpaceae	<i>Phaulothamnus spinescens</i>	Bachata	x	x	x
36		Nyctaginaceae	<i>Pisonia capitata</i>	Garabato	x	x	x
37		Fabaceae	<i>Pithecellobium unguis-cati</i>	Coralillo	x	x	
38		Rubiaceae	<i>Randia thurberi</i>	Vara de Cruz		x	x
39		Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus amole</i>	Ceituna	x	x	
40		Tamaricaceae	<i>Tamarix ramosissima</i>	Pino salado eurasiático	x		x
41		Fabaceae	<i>Vachellia campechiana</i>	Guinolo	x	x	x
42		Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i>	Huizache	x	x	x
43		Apocynaceae	<i>Vallesia glabra</i>	Peralillo	x	x	x
44	Cactáceas	Asparagaceae	<i>Agave vivipara</i>	Maguey Espadín	x		x
45		Cactaceae	<i>Cylindropuntia fulgida</i>	Choya de Cadena	x		x
46		Cactaceae	<i>Ferocactus herrerae</i>	Biznaga de Barril sonorese	x	x	x
47		Cactaceae	<i>Mammillaria mazatlanensis</i>	Biznaga de Mazatlán	x	x	x
48		Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de Castilla	x	x	x
49		Cactaceae	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Cardón Hecho	x	x	x
50		Cactaceae	<i>Pereskia porteri</i>	Cactus arbusto alcájer	x	x	x
51		Cactaceae	<i>Stenocereus alamosensis</i>	Pitayo sina	x	x	x
52	Hierba	Malvaceae	<i>Abutilon abutiloides</i>	Colotahue	x	x	x
53		Malvaceae	<i>Abutilon incanum</i>	Tronadora	x	x	x
54		Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Pasto buffel	x	x	x
55		Amaranthaceae	<i>Chenopodium murale</i>	Hediondilla		x	
56		Poaceae	<i>Chloris barbata</i>	Pata gallo	x	x	
57		Cucurbitaceae	<i>Cucumis dipsaceus</i>	Jaboncillo del Monte		x	x
58		Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Cebollín	x	x	x
59		Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	Toloache	x	x	
60		Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i>	Hierba de fuego	x	x	
61		Cucurbitaceae	<i>Ibervillea sonora</i>	Choya Guani	x	x	x
62		Asteraceae	<i>Lactuca serriola</i>	Escariola Mediterránea	x	x	x
63		Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	Bola del Rey	x	x	
64		Poaceae	<i>Melinis repens</i>	Pasto carretero		x	
65		Malvaceae	<i>Melochia tomentosa</i>	Malva de Los Cerros	x	x	
66		Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	Pepino Cimarrón	x	x	x

No.	Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Sitio de Registro		
					AP	AI	ET-SAR
67		Asteraceae	<i>Perityle microglossa</i>	Manzanilla de Burro	x	x	x
68		Cucurbitaceae	<i>Rhynchosia precatória</i>	Ojo de Pajarito		x	x
69		Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	x		
70		Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de Playa	x	x	x
71		Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo		x	
72		Malvaceae	<i>Waltheria indica</i>	Tapacola		x	
68		Cucurbitaceae	<i>Rhynchosia precatória</i>	Ojo de Pajarito		x	x
69		Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	x		
70		Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de Playa	x	x	x
71		Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo		x	
72		Malvaceae	<i>Waltheria indica</i>	Tapacola		x	

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.
Fuente: Elaboración propia.

V.3.2.1.2 Flora con algún estatus de protección

Flora en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De las especies registradas en campo 5 de ellas se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2019 en la categoría de Amenazadas (A), 4 de ellas son arbóreas y una arbustiva. De estas 5 especies todas se encuentran tanto en el Ecosistema Terrestre del SAR y Área de Influencia y, solo una fue registrada también en el Área del Proyecto. En la Tabla V.30 se muestran los resultados.

Tabla V.30 Especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2019)

Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	NOM-059	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Árbol	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle Prieto	Amenazada (A)		x	x
	Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle Botoncillo	Amenazada (A)		x	x
	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle Blanco	Amenazada (A)		x	x
	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle Colorado	Amenazada (A)		x	x
Arbusto	Zygophyllaceae	<i>Guaicum coulteri</i>	Árbol santo	Amenazada (A)	x	x	x

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR
Fuente: Elaboración propia.

Flora Endémica.

En total se registraron 15 especies endémicas: 3 especies arbóreas, 6 arbustivas, 5 cactáceas y una herbácea. 14 especies fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 14 en el Área de Influencia y 12 en el Área del Proyecto. En la Tabla V.31 se presentan los resultados completos.

Tabla V.31 Especies endémicas registradas en campo

Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
Árbol	Burseraceae	<i>Bursera laxiflora</i>	Torote Prieto		x	x
	Fabaceae	<i>Coulteria platyloba</i>	Palo Colorado	x	x	x
	Euphorbiaceae	<i>Jatropha cordata</i>	Papelillo		x	x
Arbusto	Amaranthaceae	<i>Atriplex barclayana</i>	Chamizo	x		x

Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
	Fabaceae	<i>Erythrostemon palmeri</i>	Palo Piojo	x	x	x
	Fouquieriaceae	<i>Fouquieria macdougalii</i>	Jaboncillo	x	x	x
	Nyctaginaceae	<i>Pisonia capitata</i>	Garabato	x	x	x
	Rubiaceae	<i>Randia thurberi</i>	Vara de Cruz		x	x
	Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus amole</i>	Ceituna	x	x	
Cactáceas	Cactaceae	<i>Ferocactus herrerae</i>	Biznaga de Barril sonoreense	x	x	x
		<i>Mammillaria mazatlanensis</i>	Biznaga de Mazatlán	x	x	x
		<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Cardón Hecho	x	x	x
		<i>Pereskiaopsis porteri</i>	Cactus arbusto alcájer	x	x	x
		<i>Stenocereus alamosensis</i>	Pitayo sina	x	x	x
Hierba	Cucurbitaceae	<i>Ibervillea sonora</i>	Choya Guani	x	x	x

Exótica (Ex), Exótica-Invasora (Ex-In), Endémica-Nativa (En-Na) y Exótica (Ex) y, Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Flora en la CITES.

7 especies se encuentran listadas en el Apéndice II de la Convención Internacional de Tráfico de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES 2023). Una de ellas es un arbusto y 6 son cactáceas. Todas se registraron en el Sistema ambiental Regional y Área del Proyecto y, 6 de ellas en el Área de Influencia, tal como se muestra en la Tabla V.32.

Tabla V.32 Especies registradas en campo listadas en alguno de los apéndices de CITES

Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	CITES	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Arbusto	Zygophyllaceae	<i>Guaiaacum coulteri</i>	Árbol santo	Apéndice II	x	x	x
Cactáceas	Cactaceae	<i>Cylindropuntia fulgida</i>	Choya de Cadena	Apéndice II	x		x
		<i>Ferocactus herrerae</i>	Biznaga de Barril sonoreense	Apéndice II	x	x	x
		<i>Mammillaria mazatlanensis</i>	Biznaga de Mazatlán	Apéndice II	x	x	x
		<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de Castilla	Apéndice II	x	x	x
		<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Cardón Hecho	Apéndice II	x	x	x
		<i>Stenocereus alamosensis</i>	Pitayo sina	Apéndice II	x	x	x

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Flora en la UICN.

De la flora listada en la UICN en la categoría de Vulnerable (VU) se registran 4 especies (3 de ellas son cactáceas y una es arbustivo); en la categoría de Casi Amenazada (NT), encontró una especie del estrato arbóreo. Todas las especies fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, y 4 en el Área de Influencia y en el Área del Proyecto. En la categoría de Preocupación menor (LC) se registraron 6 especies y de ellas, 18 son arbóreas, 21 arbustivas, 4 cactáceas y 21 herbáceas. A continuación, se presenta los resultados en la Tabla V.33.

Tabla V.33 Especies registradas en campo listadas en alguno de los apéndices de UICN

Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	UICN	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Árbol	Burseraceae	<i>Bursera laxiflora</i>	Torote Prieto	Casi Amenazado (NT)		x	x
Arbusto	Zygophyllaceae	<i>Guaiaacum coulteri</i>	Árbol santo	Vulnerable (VU)	x	x	x
Cactáceas	Asparagaceae	<i>Agave vivipara</i>	Maguey Espadín	Vulnerable (VU)	x		x
	Cactaceae	<i>Ferocactus herrerae</i>	Biznaga de Barril sonorense	Vulnerable (VU)	x	x	x
		<i>Stenocereus alamosensis</i>	Pitayo sina	Vulnerable (VU)	x	x	x

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.
Fuente: Elaboración propia.

Especies Prioritarias para la Conservación.

De las especies registradas en campo, 4 especies de porte arbóreo y están listadas en el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER, 2023). Estas especies solo fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR y Área de Influencia, es decir, no se distribuyen en el Área del Proyecto, tal como se muestra en la Tabla V.34.

Tabla V.34 Especies registradas en campo listadas como especies Prioritarias para la Conservación

Forma de Vida	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
Árbol	Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle Botoncillo		x	x
	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle Colorado		x	x
	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle Blanco		x	x
	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle Prieto		x	x

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.
Fuente: Elaboración propia.

V.3.2.1.3 Análisis de la comparación de riqueza, abundancia e índices de diversidad del Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto

En total se distribuyen 12 Usos de Suelo y Vegetación en el Ecosistema Terrestre del SAR, de los cuales el más abundante es Agricultura de Riego y Temporal con el 41.04% y Matorral Sarcocaula con el 22.54%. El Matorral Sarcocracaule y la Selva Baja Caducifolia, solo se presentan en el Ecosistema Terrestre del SAR y no así en el Área de Influencia y en el Área del Proyecto. El Manglar solo se presenta en el Ecosistema Terrestre del SAR y en el Área de Influencia, de tal manera que en el Área del Proyecto no se afecta este tipo de vegetación. Aproximadamente el 51.83% de la superficie total del Área del Proyecto, se encuentra en Usos de Suelo definido como Agricultura de Riego y Temporal y Zona Urbana; de vegetación forestal, el Área del Proyecto solo afecta Matorral Sarcocaula, Vegetación Halófila Xerófila y Vegetación de Galería.

En los Usos de Suelo Forestal, se realizaron muestreos de flora silvestre, los indicadores ecológicos de diversidad y abundancia obtenidos por tipo de vegetación y área (Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto), se muestran en la Tabla V.35.

Tabla V.35 Resumen de indicadores ecológicos de diversidad obtenidos en el Matorral Sarcocaula por área.

Área	Indicador	Forma Biológica			
		Árboreo	Arbustivo	Cactáceas	Herbáceo
Ecosistema Terrestre del SAR	Margalef	2.49	1.99	1.57	1.06
	Simpson	0.76	0.69	0.8	0.61
	Shannon	1.76	1.52	1.64	1.28

Área	Indicador	Forma Biológica			
		Árboreo	Arbustivo	Cactáceas	Herbáceo
Área de Influencia	Margalef	1.68	3.04	1.25	1.17
	Simpson	0.69	0.89	0.60	0.68
	Shannon	0.69	0.89	0.60	0.68
Área de Proyecto	Margalef	1.38	3	1.58	1.03
	Simpson	0.71	0.85	0.70	0.60
	Shannon	1.45	2.21	1.47	1.08

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos de indicadores ecológicos realizados en el Matorral Sarcocaulé, de manera general la diversidad es de tipo muy baja (color rojo) y baja (color naranja), solo en algunos casos, el indicador ecológico de Margalef indica que, el estrato arbustivo y el estrato arbóreo del Ecosistema Terrestre del SAR, la diversidad es de tipo media. A nivel especie, se realizó la comparación de valores de abundancia y se aplicó el índice de similitud. Ver Tabla V.36.

Tabla V.36 Resumen de indicadores ecológicos de riqueza y abundancia en Matorral Sarcocaulé.

Forma Biológica	Nombre Científico	Nombre Común	Área del Proyecto	Área de Influencia	Ecosistema Terrestre del SAR
Árbol	<i>Bursera laxiflora</i>	Torote Prieto		1	2
	<i>Coullteria platyloba</i>	Palo Colorado	6	2	10
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto Rojo			1
	<i>Ficus insipida</i>	Higuera Blanca			1
	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Palo Brasil	1	3	14
	<i>Ipomoea arborescens</i>	Cazahuate blanco			1
	<i>Jatropha cordata</i>	Papelillo		11	34
	<i>Lysiloma divaricatum</i>	Mauto	2	4	4
	<i>Neltuma juliflora</i>	Algarrobo Blando	34	19	
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Retama	20	15	47
	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo Brea	12	60	6
	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	2	2	1
	<i>Populus mexicana</i>	Álamo			2
	<i>Salix gooddingii</i>	Sauce Norteño			1
Arbusto	<i>Bonellia macrocarpa</i>	Amole	3		1
	<i>Croton sonorae</i>	Vara Blanca	8	35	202
	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Chicote de Madagascar	2		
	<i>Dodonaea viscosa</i>	Chapulixtle		1	
	<i>Erythrostemon palmeri</i>	Palo Piojo	1	4	69
	<i>Fouquieria macdougalii</i>	Jaboncillo	10	1	6
	<i>Guaiacum coulteri</i>	Árbol santo	5	16	8
	<i>Jatropha cinerea</i>	Sangre de grado	50	30	9
	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Coyotillo	9	1	2
	<i>Lycium carolinianum</i>	Saladilla morada		1	
	<i>Mimosa asperata</i>	Dormilona	4	8	1
	<i>Phaulothamnus spinescens</i>	Bachata	30	22	14

Forma Biológica	Nombre Científico	Nombre Común	Área del Proyecto	Área de Influencia	Ecosistema Terrestre del SAR
	<i>Pisonia capitata</i>	Garabato	16	6	
	<i>Pithecellobium unguis-cati</i>	Coralillo	1	8	
	<i>Randia thurberi</i>	Vara de Cruz		2	3
	<i>Sarcomphalus amole</i>	Ceituna	5	2	
	<i>Tamarix ramosissima</i>	Pino salado eurasiático	1		83
	<i>Vachellia campechiana</i>	Guinolo	3	9	8
	<i>Vachellia farnesiana</i>	Huizache	49	23	4
	<i>Vallesia glabra</i>	Peralillo	9	25	
Cactáceas y Suculentas	<i>Agave vivipara</i>	Maguey Espadín	5		9
	<i>Cylindropuntia fulgida</i>	Choya de Cadena	6		
	<i>Ferocactus herrerae</i>	Biznaga de Barril sonorenses	1	1	1
	<i>Mammillaria mazatlanensis</i>	Biznaga de Mazatlán	4	1	1
	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de Castilla	39	33	14
	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Cardón Hecho	4	3	6
	<i>Pereskia porteri</i>	Cactus arbusto alcájer	23	11	12
	<i>Stenocereus alamosensis</i>	Pitayo sina	1	6	3
Hierba	<i>Abutilon abutiloides</i>	Colotahue	5	209	12
	<i>Abutilon incanum</i>	Tronadora	53	34	17
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Pasto buffel	7	38	67
	<i>Chenopodium murale</i>	Hediondilla		28	
	<i>Cucumis dipsaceus</i>	Jaboncillo del Monte			6
	<i>Cyperus rotundus</i>	Cebollín	62		6
	<i>Ibervillea sonora</i>	Choya Guani	1		
	<i>Lactuca serriola</i>	Escariola Mediterránea		8	
	<i>Melinis repens</i>	Pasto carretero		46	
	<i>Melochia tomentosa</i>	Malva de Los Cerros	1	35	
	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de Playa			5
	<i>Waltheria indica</i>	Tapacola		1	
Riqueza			38	40	39
Especies compartidas con Área del Proyecto				31	29
Índice de Jacard				65.96	58.00
Índice Sørensen				79.49	73.42

Fuente: Elaboración propia.

De manera general el Matorral Sarcocaulis, es similar en las tres áreas (Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto), la riqueza de especies es de 38, 40 y 39, respectivamente. En el Área del Proyecto, se registraron tres especies que no fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR y Área de Influencia. Estas tres especies son: *Cryptostegia grandiflora* (Chicote de Madagascar), *Cylindropuntia fulgida* (Choya de Cadena) e *Ibervillea sonora* (Choya Guani). De estas especies, el chicote de Madagascar es una especie introducido por lo que no tiene un valor ecológico que requiera acciones de protección y conservación, mientras que las otras 2 especies, deben ser consideradas para aplicar acciones de protección y conservación.

Para determinar el grado de similitud (presencia-ausencia de especies) entre las áreas estudiadas por tipo de vegetación, se calculó el índice de Similitud de Jaccard (IJ) e Índice Sørensen.

La vegetación de Matorral Sarcocaula del Área del Proyecto tiene una similitud del 65.96% para Jaccard y 79.49% para el Índice Sørensen con respecto al mismo tipo de vegetación que se distribuye en el Área de Influencia y con respecto al Matorral Sarcocaula del Ecosistema Terrestre del SAR tiene una similitud del 58.00% para Jaccard y 73.42% para el Índice Sørensen. En ambos casos, los valores obtenidos indican que el Matorral Sarcocaula es similar con el mismo tipo de vegetación que se distribuye en el Área de Influencia y el Ecosistema Terrestre del SAR.

El mismo análisis se realizó para la Vegetación de Galería. Los resultados obtenidos de diversidad se muestran en la Tabla V.37.

Tabla V.37 Resumen de indicadores ecológicos de diversidad obtenidos en la Vegetación de Galería por área de estudio.

Área	Indicador Ecológico	Forma Biológica			
		Árboreo	Arbustivo	Cactáceas	Herbáceo
Sistema Ambiental regional	Margalef	0.86	1.07	0.91	0.79
	Simpson	0.69	0.72	0.67	0.51
	Shannon	1.32	1.39	0.64	1.02
Área de Influencia	Margalef	1.48	0.67	-	1.98
	Simpson	0.63	0.67	-	0.76
	Shannon	0.63	0.67	-	0.76
Área de Proyecto	Margalef	1.26	0.48	-	1.15
	Simpson	0.53	0.20	-	0.69
	Shannon	0.99	0.39	-	1.24

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que la Vegetación de Galería, de manera general tiene una diversidad Muy Baja (Color Rojo) a Baja (Color Naranja). El grupo de cactáceas solo se presenta en el Sistema Ambiental regional y no en el Área de Influencia y Área del Proyecto.

A nivel de especie se realizó la comparación de resultados de abundancia, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla V.38.

Tabla V.38 Resumen de indicadores ecológicos de riqueza y abundancia en Vegetación de Galería.

Forma Biológica	Nombre Científico	Nombre Común	Área del Proyecto	Área de Influencia	Ecosistema Terrestre del SAR
Árbol	<i>Azadirachta indica</i>	Neem de la India	1	5	
	<i>Erythrina crista-galli</i>	Colorín de Seda	7	1	6
	<i>Ficus insipida</i>	Higuera Blanca		1	
	<i>Neltuma juliflora</i>	Algarrobo Blando			33
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Retama	8		7
	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo Brea	2		
	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	33	16	45
	<i>Populus mexicana</i>	Álamo	5	1	11
	<i>Salix gooddingii</i>	Sauce Nortefío	1		
Arbusto	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Chicote de Madagascar	23		5
	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Coyotillo		1	
	<i>Mimosa asperata</i>	Dormilona	33	57	12

Forma Biológica	Nombre Científico	Nombre Común	Área del Proyecto	Área de Influencia	Ecosistema Terrestre del SAR
	<i>Pisonia capitata</i>	Garabato	1		3
	<i>Vachellia farnesiana</i>	Huizache			4
	<i>Vallesia glabra</i>	Peralillo	33	6	18
Cactáceas y Suculentas	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de Castilla			1
	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Cardón Hecho			2
Hierba	<i>Abutilon abutiloides</i>	Colotahue			27
	<i>Abutilon incanum</i>	Tronadora	26		
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Pasto buffel	119		
	<i>Cucumis dipsaceus</i>	Jaboncillo del Monte	3		
	<i>Datura stramonium</i>	Toloache	3	1	
	<i>Heliotropium curassavicum</i>	Hierba de fuego	13		
	<i>Ibervillea sonora</i>	Choya Guani	12	11	7
	<i>Leonotis nepetifolia</i>	Bola del Rey	22	5	
	<i>Melochia tomentosa</i>	Malva de Los Cerros	21		
	<i>Momordica charantia</i>	Pepino Cimarrón	13	14	4
	<i>Perityle microglossa</i>	Manzanilla de Burro	6		106
	<i>Rhynchosia precataria</i>	Ojo de Pajarito	9		14
	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla		1	
	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo	12		
Riqueza			23	12	17
Especies compartidas con el Área del Proyecto				10	12
Índice de Jaccard				38.46	42.86
Índice Sørensen				55.56	60.00

Fuente: Elaboración propia.

La riqueza de especies registrada en la Vegetación de Galería indica que, este tipo de vegetación en el Área del Proyecto es la dominante con 23 especies en total, le sigue el Ecosistema Terrestre del SAR con 17 especies y con solo 13 especies el Área de Influencia. Sin embargo, es importante mencionar que la diferencia de especies es en el número de especies de hierbas.

Se registraron 2 especies en el Área del Proyecto, que no fueron registradas en el Área de Influencia y Ecosistema Terrestre del SAR. Estas especies son: *Parkinsonia praecox* (Palo Brea) y *Salix gooddingii* (Sauce Norteño), asimismo, otras 6 especies de hierbas también fueron registradas únicamente en el Área del Proyecto, sin embargo, estas al ser hierbas, son de amplia distribución y asociadas a la presencia de humedad del suelo, por lo que presencia y registro depende de la temporada de muestreo y lugar muestreado.

Los índices de similitud muestran que la Vegetación de Galería del Área del Proyecto es similar en un 38.46% de acuerdo con el Índice de Jaccard y del a 55.56% de acuerdo con el Índice Sørensen, con respecto al Área de Influencia y del 42.86% de acuerdo con el Índice de Jaccard a 60.00% de acuerdo con el Índice Sørensen del Ecosistema Terrestre del SAR. En ambos casos, los valores obtenidos de porcentaje de similitud muestran que, la Vegetación de Galería del Área del Proyecto es medianamente similar al mismo tipo de vegetación del Área de Influencia y del Ecosistema Terrestre del SAR.

En la Vegetación Halófila Xerófila, los resultados de indicadores ecológicos obtenidos por forma biológica se muestran en la Tabla V.39.

Tabla V.39 Resumen de indicadores ecológicos de diversidad obtenidos en la Vegetación Halófila Xerófila por área de estudio.

Lugar	Indicador	Arbóreo	Arbustivo	Cactáceas	Herbáceo
Ecosistema Terrestre del SAR	Margalef	-	1.45	0.46	0.74
	Simpson	-	0.66	0.56	0.65
	Shannon	-	1.34	0.69	0.99
Área de Influencia	Margalef	0.00	0.34	-	1.32
	Simpson	0.00	0.01	-	0.68
	Shannon	0.00	0.01	-	0.68
Área del Proyecto	Margalef	0.62	0.83	-	0.95
	Simpson	0.60	0.32	-	0.65
	Shannon	0.06	0.62	-	1.29

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que la Vegetación Halófila Xerófila, de manera general tiene una diversidad Muy Baja (Color Rojo) a Baja (Color Naranja). El grupo de cactáceas solo se presenta en el Ecosistema Terrestre del SAR y no en el Área de Influencia y Área del Proyecto. En el Área del Proyecto y Área de Influencia se registraron especies de forma arbórea y no así en el Ecosistema Terrestre del SAR, estas especies son: *Parkinsonia aculeata* (Retama) y *Pithecellobium dulce* (Guamuchil).

También se realizó la comparación de resultados de abundancia a nivel especie, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla V.40.

Tabla V.40 Resumen de indicadores ecológicos de riqueza y abundancia en Vegetación Halófila Xerófila.

Forma Biológica	Nombre Científico	Nombre Común	Área del Proyecto	Área de Influencia	Ecosistema Terrestre del SAR
Árbol	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Retama	3	9	
	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	2		
Arbusto	<i>Allenrolfea occidentalis</i>	Saladillo	327	376	7
	<i>Atriplex barclayana</i>	Chamizo	8		33
	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Chicote de Madagascar	1		
	<i>Jatropha cinerea</i>	Sangre de grado			15
	<i>Lycium carolinianum</i>	Saladilla morada	2		
	<i>Maytenus phyllanthoides</i>	Mangle Dulce			2
	<i>Phaulothamnus spinescens</i>	Bachata		1	1
	<i>Tamarix ramosissima</i>	Pino salado eurasiático	60		4
	<i>Vachellia farnesiana</i>	Huizache	4	1	1
Cactáceas y Suculentas	<i>Cylindropuntia fulgida</i>	Choya de Cadena			4
	<i>Mammillaria mazatlanensis</i>	Biznaga de Mazatlán			5
Hierba	<i>Abutilon abutiloides</i>	Colotahue			7
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Pasto buffel	103	28	
	<i>Chloris barbata</i>	Pata gallo	10	12	
	<i>Cyperus rotundus</i>	Cebollín		1	
	<i>Heliotropium curassavicum</i>	Hierba de fuego	1	92	
	<i>Lactuca serriola</i>	Escariola Mediterránea	25	4	6
	<i>Perityle microglossa</i>	Manzanilla de Burro	12	65	
	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de Playa	44	1	2

Forma Biológica	Nombre Científico	Nombre Común	Área del Proyecto	Área de Influencia	Ecosistema Terrestre del SAR
	<i>Waltheria indica</i>	Tapacola		1	
Riqueza			14	12	12
Especies compartidas con Área del Proyecto				9	6
Índice de Jaccard				52.94	33.33
Índice Sørensen				69.23	50.00

Fuente: Elaboración propia.

El número de especies o riqueza registrado en la Vegetación Halófila Xerófila muestra que son muy similares en las 3 áreas estudiadas, con una diferencia de 2 especies el Área del Proyecto es ligeramente más diverso. En el Área del Proyecto se registraron especies de: *Pithecellobium dulce* (Guamuchil), *Cryptostegia grandiflora* (Chicote de Madagascar) y *Lycium carolinianum* (Saladilla morada), que no fueron registradas en el Área de influencia y Ecosistema Terrestre del SAR. De las anteriores, Chicote de Madagascar, es una especie introducida, que no se considera nativa motivo por el cual no requiere de acciones de protección y conservación.

Los índices de similitud aplicados indican que, la Vegetación Halófila Xerófila del Área del Proyecto es similar en un 52.94% según el Índice de Jaccard y del 69.23% de acuerdo con el Índice Sørensen del mismo tipo de vegetación del Área de Influencia y, con una similitud del 33.33% para el Índice de Jaccard y del 50.00% según el Índice Sørensen con respecto al Ecosistema Terrestre del SAR. Los porcentajes obtenidos de similitud indican que la Vegetación Halófila Xerófila del Área del Proyecto es medianamente similar a la vegetación del Área de Influencia y Ecosistema Terrestre del SAR.

V.3.2.1.4 Estado actual de las condiciones florísticas o calidad del ecosistema

Los resultados obtenidos de diversidad y abundancia por tipo de vegetación son indicadores de las condiciones actuales en que se encuentran. De tal manera que:

El Matorral Sarcocaula, es un tipo de vegetación de tipo arbustivo (Matorral) es el más diverso y abundante. Tanto en el Ecosistema Terrestre del SAR, como en el Área de Influencia y en el Área del Proyecto se repite esta condición de dominancia. Sin embargo, también es el que presenta mayor impacto, por cambios de uso de suelo para el desarrollo de actividades de pastoreo y por apertura de nuevas áreas para la siembra de cultivos agrícolas que es la actividad económica principal en el Ecosistema Terrestre del SAR.

Aunque el impacto a este tipo de vegetación por la actividad antrópica es evidente, aún conserva la mayoría de su composición florística, con una sola especie introducida que es *Cryptostegia grandiflora* (Chicote de Madagascar).

La Vegetación de Galería, es un tipo de vegetación de tipo arbóreo, con nivel de diversidad baja a muy baja, tiene una importancia relevante por ser de ubicación específica en el Ecosistema Terrestre del SAR, pues se ubica únicamente sobre el cauce del Río Fuerte y periferia de este. Presenta cambios en su estructura vegetal, pues se registraron especies introducidas como: *Azadirachta indica* (Neem de la India) *Erythrina crista-galli* (Colorín de Seda), *Cryptostegia grandiflora* (Chicote de Madagascar), *Cenchrus ciliaris* (Pasto buffel) y *Ricinus communis* (Higuera). Lo anterior se puede atribuir a la cercanía con las zonas agrícolas y urbana de San Miguel Zapotlán, Zapotillo Uno, Teroque Viejo, San Blas, Rincón de Aliso y Sibajahui.

En el caso de la Vegetación Halófila Xerófila, este tipo de vegetación es de tipo herbáceo con algunos arbustos, de manera esporádica se presentan algunos árboles, solo se distribuye en la zona Suroeste del Ecosistema Terrestre del SAR, en la cercanía con el sistema lagunar Santa María – Topolobampo – Ohuira y mar del Golfo de California. El nivel de diversidad que presenta es Muy bajo, ya que presenta dominancia de especies propias como: *Allenrolfea occidentalis* (Saladillo), *Tamarix ramosissima* (Pino salado

eurasiático) y *Sesuvium portulacastrum* (Verdolaga de Playa). Tanto en el Área del Proyecto, como en el Ecosistema Terrestre del SAR y Área de Influencia, es abundante por la superficie con este uso de suelo.

A continuación, en la Tabla V.41 se presenta un resumen de la cobertura en hectáreas que tienen los usos de suelo analizados y el porcentaje de afectación que presentan por la construcción del Área del Proyecto.

Tabla V.41 Porcentaje de afectación del Proyecto por lugar y tipo de vegetación.

Tipo de Vegetación	% de Afectación Permanente	Superficie Total en ha			% Área de Influencia	% Ecosistema Terrestre del SAR
		Área del Proyecto	Área de Influencia	Ecosistema Terrestre del SAR		
Matorral Sarcocaula	54.7	42.85	10,498.57	30,479.94	0.41	0.14
Vegetación de Galería	55.2	1.16	336.89	937.57	0.34	0.12
Vegetación Halófila Xerófila	8.63	50.15	923.64	6,057.55	5.43	0.83

Fuente: Elaboración propia.

La construcción del Área del Proyecto implica el cambio de uso de suelo en usos de suelo de: Matorral Sarcocaula, Vegetación de Galería y Vegetación Halófila Xerófila. El cambio a estos usos de suelo representa una afectación menor al 5.5% respecto a la superficie total del Área de Influencia y menor al 1% con respecto a la superficie total de cada uso de suelo que representan en el Ecosistema Terrestre del SAR. A este nivel de afectación se debe considerar que, de la superficie total de afectación en el Área del Proyecto, hay área que será afectada de manera temporal y solo será afectada de manera permanente el 54.7% del área considerada para Matorral Sarcocaula, 55.2% en Vegetación de Galería y del 8.63% del área total de afectación de Vegetación Halófila Xerófila.

V.3.2.1.5 Especies sujetas a afectación

Tomando como referencia las formas biológicas reportadas en los indicadores ecológicos del Área del Proyecto, en el Matorral Sarcocaula se estima que se removerán 38 especies en total (7 árboles, 17 arbustos, 8 cactáceas y 6 hierbas), en la Vegetación de Galería se estima la remoción de 13 especies en total (5 árboles, 3 arbustos y 5 hierbas) y en la Vegetación Halófila Xerófila 14 especies en total (2 árboles, 6 arbustos y 6 hierbas).

Derivado del análisis de diversidad por tipo de vegetación, se identificaron especies en el Área del Proyecto que no fueron registradas en el Área de Influencia y Ecosistema Terrestre del SAR. En el Matorral Sarcocaula, las especies: *Cryptostegia grandiflora* (Chicote de Madagascar), *Cylindropuntia fulgida* (Choya de Cadena) e *Ibervillea sonora* (Choya Guani). Estas especies aun cuando no fueron registradas en el Área de Influencia y Ecosistema Terrestre del SAR, de acuerdo con su distribución, no se descarta la posibilidad de encontrarlas en estos. En esta misma situación se encuentran especies como *Parkinsonia praecox* (Palo Brea) y *Salix gooddingii* (Sauce Norteño) en la Vegetación de Galería y, *Pithecellobium dulce* (Guamuchil), *Cryptostegia grandiflora* (Chicote de Madagascar) y *Lycium carolinianum* (Saladilla morada), en la Vegetación Halófila Xerófila.

De todas las especies registradas, la única especie que se encuentra listada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 es *Guaicum coulteri* (Árbol santo), la cual está listada en la categoría A (Amenazada). Por otro lado, las especies que están clasificadas como Endémicas de México son: *Ibervillea sonora* (Choya Guani), *Mammillaria mazatlanensis* (Biznaga de Mazatlán), *Opuntia ficus-indica* (Nopal de Castilla), *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cardón Hecho) y *Pereskia porteri* (Cactus arbusto alcájer).

V.3.2.2 Fauna

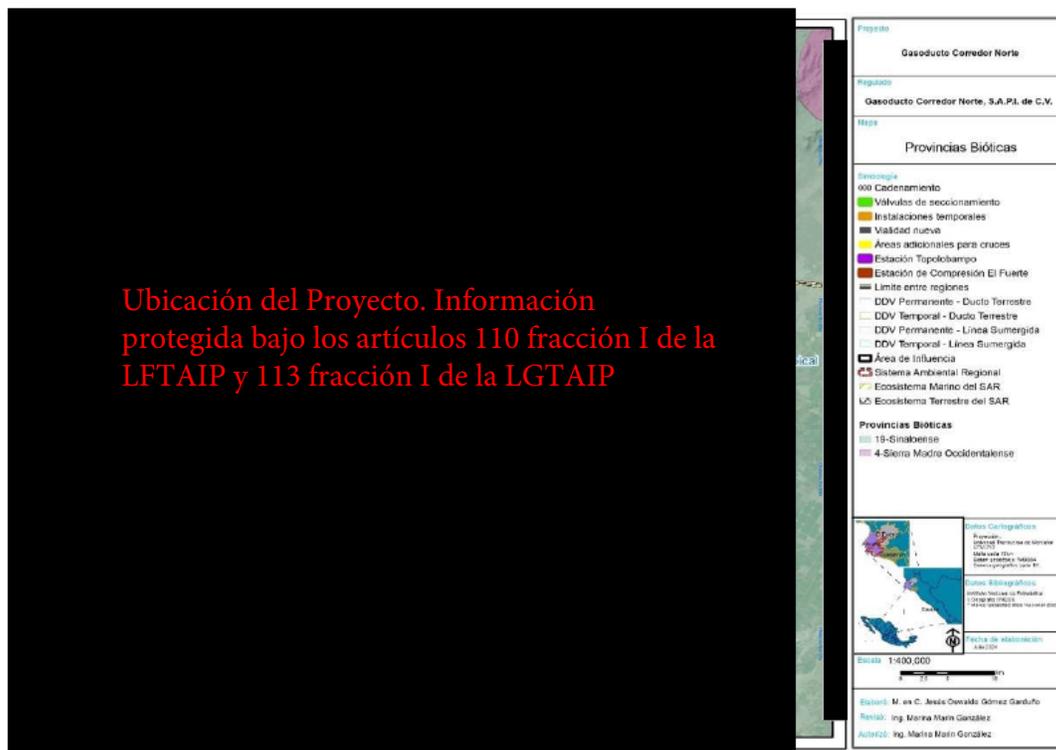
Todas las especies nativas – animales y plantas silvestres – en conjunto, conforman la riqueza y diversidad de los ecosistemas y, constituyen parte del patrimonio natural de cada región de nuestro país, y del mundo en general. Bajo este contexto, en el estado de Sinaloa se tiene registrada la presencia de 36 especies de anfibios (Parra-Olea et al. 2014), 108 especies de reptiles (Flores-Villela y García-Vázquez 2014), 564 aves

(Clements et al. 2024) y 116 especies de mamíferos (Sánchez-Cordero et al. 2014), para un total de 824 especies de vertebrados terrestres.

Esta riqueza de especies es producto de la ubicación geográfica del estado de Sinaloa, al encontrarse inmerso entre la interacción de las Regiones Biogeográficas de México (Neártica y Neotropical), además de confluir cuatro provincias bióticas (provincia biótica Sinaloense, Sierra Madre Occidentalense, M2 y Nayaritense), aunado a una topografía compleja, climas y tipos de hábitats diversos.

La riqueza de especies potencialmente presente en el Ecosistema Terrestre del SAR, está relacionada con su localización en la interacción entre las Regiones Biogeográficas Neotropical y Neártica, particularmente en la provincia biótica Sinaloense (ver siguiente mapa y Anexo VIII.3.28 Provincia Biótica); también presenta altitudes que van desde los 0 msnm hasta por arriba de los 500 msnm; se encuentra inmerso en un Sistema de Llanura (Llanura aluvial, Llanura costera Llanura costera con lomeríos, Llanura costera con ciénagas salinas, Llanura deltaica, Llanura deltaica salina), Lomerío (Lomerío típico, Lomerío con llanuras), Playa o Barra, Sierra (Sierra alta, Sierra baja de laderas escarpadas, Sierra baja de laderas tendidas, Sierra baja de laderas escarpadas con llanuras) y Cuerpos de agua.

Adicional a lo anterior y de acuerdo con la Serie VII de INEGI, de Uso de Suelo y Vegetación, le corresponde: Bosque de Galería, Bosque de Mezquite, Cuerpo de Agua, Manglar, Matorral Sarcocaulé, Matorral Sarco-Crasicaule, Mezquital Xerófilo, Selva Baja Caducifolia, Vegetación Halófila Hidrófila, Vegetación Halófila Xerófila, Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia, Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaulé, Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarco-Crasicaule, Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo, Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia, Acuícola, Pastizal Cultivado, Pastizal Inducido, Agricultura de Riego Anual, Agricultura de Riego Anual y Semipermanente, Agricultura de Riego Permanente, Agricultura de Temporal Anual, Asentamientos Humanos, Desprovisto de Vegetación y Sin Vegetación Aparente. También el Sistema Ambiental Regional se ubica dentro de una de las cuatro rutas de aves migratorias del país.



Mapa V.8 Ubicación de Área de Influencia dentro de la Provincia Biótica Sinaloense.

La riqueza de especies es producto de la ubicación geográfica del estado de Sinaloa, al encontrarse inmerso entre la interacción de las Regiones Biogeográficas de México (Neártica y Neotropical), además de confluir cuatro provincias bióticas (provincia biótica Sinaloense, Sierra Madre Occidentalense, M2 y Nayaritense), las cual se muestra en el Mapa V.8, aunado a una topografía compleja, climas y tipos de hábitats diversos.

V.3.2.2.1 Fauna registrada en campo

Herpetofauna

La herpetofauna estuvo representada por 19 especies (4 anfibios y 15 reptiles), pertenecientes a 11 familias y 16 géneros. Las familias mejor representadas fueron *Phrynosomatidae* y *Colubridae* con 4 especies cada una. Todas las especies fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 13 en el Área de Influencia y 1 en el Área del Proyecto, tal como se muestra en la Tabla V.42.

Tabla V.42 Herpetofauna registrada en campo.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
Anfibios	<i>Bufo</i>	<i>Rhinella horribilis</i>	Sapo Gigante	X		X
	<i>Leptodactylidae</i>	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Ranita Hojarasca		X	X
	<i>Ranidae</i>	<i>Lithobates catesbeianus</i>	Rana Toro			X
		<i>Lithobates magnaocularis</i>	Rana Leopardo del Noreste	X		X
Reptiles	<i>Emydidae</i>	<i>Trachemys scripta</i>	Tortuga gravada	X	X	X
	<i>Kinosternidae</i>	<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga pecho quebrado mexicana		X	X
	<i>Helodermatidae</i>	<i>Heloderma horridum</i>	Lagarto de chaquira	X		X
	<i>Iguanidae</i>	<i>Ctenosaura maculata</i>	Iguana de cola espinosa sonoreña	X	X	X
		<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	X	X	X
	<i>Phrynosomatidae</i>	<i>Holbrookia elegans</i>	Lagartija sorda elegante		X	X
		<i>Sceloporus clarkii</i>	Lagartija espinosa del noroeste	X	X	X
		<i>Sceloporus magister</i>	Lagartija espinosa del desierto	X	X	X
		<i>Urosaurus ornatus</i>	Lagartija de árbol norteaña	X	X	X
	<i>Teiidae</i>	<i>Aspidocheilus costatus</i>	Huico llanero			X
	<i>Colubridae</i>	<i>Drymarchon melanurus</i>	Culebra arroyera de cola negra		X	X
		<i>Masticophis flagellum</i>	Culebra chirrionera roja	X	X	X
		<i>Masticophis lateralis</i>	Culebra chirriadora neotropical	X		X
		<i>Pituophis catenifer</i>	Topera		X	X
	<i>Viperidae</i>	<i>Crotalus atrox</i>	Cascabel de diamantes		X	X

Sitio de registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Aves

El grupo de las aves estuvo representado por 171 especies, ubicadas en 50 familias y 132 géneros. Las familias mejor representadas fueron *Anatidae* con 13 especies, seguida por *Scolopacidae* con 12 especies y las familias *Ardeidae* y *Passerellidae* con 11 especies cada una. 62 especies son residentes, 32 son migratorias de invierno, 63 son residentes con poblaciones migratorias de invierno, 3 son migratoria de verano con poblaciones migratorias de invierno, 2 son residentes con poblaciones migratorias de verano, 5 son residentes con poblaciones migratorias de invierno y verano, 2 son migratorias de invierno con poblaciones transitorias, 1 es migratoria de verano con poblaciones transitorias, 1 es residente con poblaciones migratorias de invierno, verano y transitorias (Howell y Webb 1995). Todas las especies fueron

registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 133 especies en el Área de Influencia, mientras que 127 fueron registradas en el Área del Proyecto. Los resultados completos se muestran en la Tabla V.43.

Tabla V.43 Aves registradas en campo.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Residencia	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije Alas Blancas	R		X	X
	<i>Spatula discors</i>	Cerceta Alas Azules	MI	X	X	X
	<i>Spatula cyanoptera</i>	Cerceta Canela	MI,R	X	X	X
	<i>Spatula clypeata</i>	Pato Cucharón Norteño	MI	X	X	X
	<i>Mareca americana</i>	Pato Chalcuán	MI		X	X
	<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato de Collar	MI,R	X	X	X
	<i>Anas diazi</i>	Pato mexicano	MI,R	X	X	X
	<i>Anas acuta</i>	Pato Golondrino	MI			X
	<i>Anas crecca</i>	Cerceta Alas Verdes	MI		X	X
	<i>Aythya collaris</i>	Pato Pico Anillado	MI		X	X
	<i>Aythya affinis</i>	Pato Boludo Menor	MI	X	X	X
	<i>Bucephala albeola</i>	Pato Monja	MI			X
	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Tepalcate	MI,R		X	X
Cracidae	<i>Ortalis wagleri</i>	Chachalaca Vientre Castaño	R	X	X	X
Odontophoridae	<i>Callipepla douglasii</i>	Codomiz Cresta Dorada	R	X		X
	<i>Callipepla gambelii</i>	Codomiz de Gambel	R	X	X	X
Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor Menor	R	X	X	X
	<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor Pico Grueso	R,MI	X	X	X
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma Doméstica	R	X	X	X
	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Morada	R		X	X
	<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de Collar Turca	R	X	X	X
	<i>Columbina inca</i>	Tortolita Cola Larga	R	X	X	X
	<i>Columbina passerina</i>	Tortolita Pico Rojo	R	X	X	X
	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Alas Blancas	R,MI	X	X	X
	<i>Zenaida macroura</i>	Huilota Común	R,MI	X	X	X
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Pijuy	R	X	X	X
	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos Norteño	R	X		X
Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras Menor	MV,MI,R		X	X
Trochilidae	<i>Cyananthus latirostris</i>	Colibrí Pico Ancho	R	X	X	X
	<i>Ramosomyia violiceps</i>	Colibrí Corona Violeta	R		X	X
Rallidae	<i>Rallus obsoletus</i>	Rascón Costero del Pacífico	R	X	X	X
	<i>Gallinula galeata</i>	Gallineta Frente Roja	R,MI	X	X	X
	<i>Fulica americana</i>	Gallareta Americana	R,MI	X	X	X
Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Monjita Americana	R,MI	X	X	X
	<i>Recurvirostra americana</i>	Avoceta Americana	MI,R	X	X	X
Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	Ostrero Americano	R,MI			X
Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlo Gris	MI			X
	<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo Tildío	R,MI	X	X	X

Familia	Nombre científico	Nombre común	Residencia	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
	<i>Charadrius semipalmatus</i>	Chorlo Semipalmeado	MI			X
Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Nortefía	R		X	X
Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito Trinador	MI		X	X
	<i>Numenius americanus</i>	Zarapito Pico Largo	MI			X
	<i>Limosa fedoa</i>	Picopando Canelo	MI			X
	<i>Limnodromus scolopaceus</i>	Costurero Pico Largo	MI	X	X	X
	<i>Actitis macularius</i>	Playero Alzacolita	MI	X	X	X
	<i>Tringa flavipes</i>	Patamarilla Menor	MI		X	X
	<i>Tringa semipalmata</i>	Playero Pihuiuí	MI	X	X	X
	<i>Tringa melanoleuca</i>	Patamarilla Mayor	MI	X	X	X
	<i>Arenaria interpres</i>	Vuelvepiedras Rojizo	MI			X
	<i>Calidris himantopus</i>	Playero Zancón	MI,T	X	X	X
	<i>Calidris minutilla</i>	Playero Diminuto	MI	X	X	X
	<i>Calidris mauri</i>	Playero Occidental	MI,T		X	X
Laridae	<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota Reidora	MI,R	X	X	X
	<i>Larus heermanni</i>	Gaviota Plomiza	R	X		X
	<i>Larus delawarensis</i>	Gaviota Pico Anillado	MI	X	X	X
	<i>Larus occidentalis</i>	Gaviota occidental	R			X
	<i>Rynchops niger</i>	Rayador Americano	MI,R			X
	<i>Gelochelidon nilotica</i>	Charrán Pico Gueso	R,MI		X	X
	<i>Hydroprogne caspia</i>	Charrán del Caspio	MI,R		X	X
	<i>Sterna forsteri</i>	Charrán de Forster	MI,R	X	X	X
	<i>Thalasseus maximus</i>	Charrán Real	MI,R	X		X
Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña Americana	MI,R		X	X
Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fragata Tijereta	R			X
Phalacrocoracidae	<i>Nannopterum auritum</i>	Cormorán Orejón	MI,R	X	X	X
	<i>Nannopterum brasilianum</i>	Cormorán Pelágico	MI	X	X	X
Pelecanidae	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelicano Blanco Americano	MI			X
	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelicano Café	R,MI	X		X
Ardeidae	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza Tigre Mexicana	R	X		X
	<i>Nyctanassa violacea</i>	Garza Nocturna Corona Clara	R,MI			X
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Garza Nocturna Corona Negra	R,MI	X	X	X
	<i>Egretta caerulea</i>	Garza Azul	MI,R	X		X
	<i>Egretta tricolor</i>	Garza Tricolor	MI,R	X	X	X
	<i>Egretta rufescens</i>	Garza Rojiza	MI,R			X
	<i>Egretta thula</i>	Garza Dedos Dorados	MI,R	X	X	X
	<i>Butorides virescens</i>	Garcita Verde	R,MI	X	X	X
	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza Ganadera	R,MI	X	X	X
	<i>Ardea alba</i>	Garza Blanca	MI,R	X	X	X
	<i>Ardea herodias</i>	Garza Morena	MI,R	X	X	X
Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	Ibis Blanco	R,MI	X	X	X

Familia	Nombre científico	Nombre común	Residencia	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
	<i>Plegadis chihi</i>	Ibis Ojos Rojos	MI,R	X	X	X
	<i>Platalea ajaja</i>	Espátula Rosada	MI,R	X	X	X
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Común	R	X	X	X
	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Aura	R	X	X	X
Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	MI,R	X	X	X
Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	Milano Cola Blanca	R	X		X
	<i>Circus hudsonius</i>	Gavilán Rastrero	MI,R	X	X	X
	<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán Pecho Canela	MI,R	X		X
	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	MI,R	X	X	X
	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Aguililla Rojinegra	R	X	X	X
	<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla Gris	R	X	X	X
	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla Aura	MI,MV,R	X		X
	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla Cola Roja	R,MI	X	X	X
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de Campanario	R	X	X	X
Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	Tecolote Llanero	R,MI	X	X	X
Alcedinidae	<i>Megaceryle alcyon</i>	Martín Pescador Norteño	MI	X	X	X
	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín Pescador Verde	R	X		X
Picidae	<i>Melanerpes uropygialis</i>	Carpintero del Desierto	R	X	X	X
	<i>Dryobates scalaris</i>	Carpintero Mexicano	R			X
	<i>Colaptes chrysoides</i>	Carpintero de Pechera del Noroeste	R	X	X	X
Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Caracara Quebrantahuesos	R	X	X	X
	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano	R,MI	X	X	X
	<i>Falco columbarius</i>	Halcón Esmerejón	MI	X		X
	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	R,MI	X	X	X
Psittacidae	<i>Myiopsitta monachus</i>	Perico Monje Argentino	R		X	X
	<i>Amazona albifrons</i>	Loro Frente Blanca	R	X	X	X
Tyrannidae	<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquerito Chillón	R			X
	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Papamoscas Copetón	R		X	X
	<i>Empidonax difficilis</i>	Papamoscas Amarillo del Pacífico	MI,R	X		X
	<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas Negro	R,MI	X	X	X
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas Cardenalito	R,MI	X	X	X
	<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas Cenizo	MI,MV,R	X		X
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis Bienteveo	R	X	X	X
	<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito Común	R	X	X	X
	<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano Chibiú	R,MI	X	X	X
	<i>Tyrannus crassirostris</i>	Tirano Pico Grueso	R,MV,MI	X	X	X
Vireonidae	<i>Vireo bellii</i>	Vireo de Bell	MI,MV	X		X
Laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo Americano	R,MI	X	X	X
Corvidae	<i>Calocitta colliei</i>	Urraca Cara Negra	R			X
	<i>Corvus sinaloae</i>	Cuervo Sinaloense	R	X	X	X
	<i>Corvus corax</i>	Cuervo Común	R	X	X	X

Familia	Nombre científico	Nombre común	Residencia	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
Remizidae	<i>Auriparus flaviceps</i>	Baloncillo	R	X	X	X
Hirundinidae	<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina Manglera	R		X	X
	<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina Verdemar	R,MI			X
	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina Alas Aserradas	R,MI	X	X	X
	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina Risquera	MV,T	X	X	X
Poliopitidae	<i>Poliopitila caerulea</i>	Perlita Azulgris	MI,R	X	X	X
	<i>Poliopitila nigriceps</i>	Perlita Sinaloense	R	X	X	X
Troglodytidae	<i>Salpinctes obsoletus</i>	Saltapared de Rocas	R		X	X
	<i>Cistothorus palustris</i>	Saltapared Pantanero	MI,R	X		X
	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca del Desierto	R	X	X	X
	<i>Pheugopedius felix</i>	Saltapared Feliz	R		X	X
Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i>	Estornino Pinto	R	X	X	X
Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuicacoche Pico Curvo	R	X	X	X
	<i>Mimus polyglottos</i>	Centzontle Norteño	R,MI	X	X	X
Turdidae	<i>Turdus rufopalliatu</i>	Mirlo Dorso Canela	R	X	X	X
Ptilionotidae	<i>Phainopepla nitens</i>	Capulínero Negro	MI,R	X	X	X
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Doméstico	R	X	X	X
Fringillidae	<i>Haemorrhous mexicanus</i>	Pinzón Mexicano	R	X	X	X
	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguerito Dominicó	R	X	X	X
Passerellidae	<i>Peucaea carpalis</i>	Zacatonero Hombros Canela	R	X	X	X
	<i>Ammodramus savannarum</i>	Gorrión Chapulín	MI,R	X		X
	<i>Spizella pallida</i>	Gorrión Pálido	MI	X	X	X
	<i>Spizella breweri</i>	Gorrión de Brewer	MI			X
	<i>Amphispiza bilineata</i>	Zacatonero Garganta Negra	R	X	X	X
	<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrión Arlequín	MI,R	X	X	X
	<i>Zonotrichia leucophrys</i>	Gorrión Corona Blanca	MI	X	X	X
	<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión Cantor	R,MI	X	X	X
	<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	MI	X	X	X
	<i>Melospiza fusca</i>	Rascador Viejita	R	X	X	X
	<i>Pipilo chlorurus</i>	Rascador Cola Verde	MI,R	X	X	X
Icteriidae	<i>Icteria virens</i>	Chipe Grande	MI,MV	X	X	X
Icteridae	<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Tordo Cabeza Amarilla	MI	X	X	X
	<i>Sturnella neglecta</i>	Pradero del Oeste	R,MI	X	X	X
	<i>Sturnella liliana</i>	Pradero Altiplaner	R	X	X	X
	<i>Icterus cucullatus</i>	Calandria Dorso Negro Menor	MI,MV,R	X	X	X
	<i>Icterus pustulatus</i>	Calandria Dorso Rayado	R	X	X	X
	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	R,MI	X	X	X
	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo Ojos Rojos	R,MV	X	X	X
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Mayor	R	X	X	X
Parulidae	<i>Leiostylypis celata</i>	Chipe Oliváceo	MI,R	X	X	X
	<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita Común	MI,R	X	X	X

Familia	Nombre científico	Nombre común	Residencia	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe Amarillo	MI,MV,T,R		X	X
	<i>Setophaga coronata</i>	Chipe Rabadilla Amarilla	MI,R		X	X
	<i>Setophaga nigrescens</i>	Chipe Negrogris	MI		X	X
	<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe Corona Negra	MI			X
Cardinalidae	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal Rojo	R	X	X	X
	<i>Cardinalis sinuatus</i>	Cardenal Desértico	R	X	X	X
	<i>Passerina amoena</i>	Colorín Pecho Canela	MI,MV			X
	<i>Passerina versicolor</i>	Colorín Morado	R,MV	X	X	X
Thraupidae	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero Rabadilla Canela	R	X	X	X
	<i>Saltator grandis</i>	Saltator vientre canela	R	X	X	X

Estacionalidad: R – Residente, MI – Migratorio de Inverno, MV – Migratorio de verano, T – Transitoria; Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Mamíferos

Los mamíferos estuvieron representados por 32 especies pertenecientes a 18 familias y 31 géneros. La familia Vespertilionidae fue la mejor representada con 6 especies, seguida por la familia Cricetidae con 4 especies. 31 especies fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 19 en el Área de Influencia y 16 en el Área del Proyecto, tal como se muestra en la Tabla V.44.

Tabla V.44 Mamíferos registrados en campo.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Sitio de registro		
			AP	AI	ET-SAR
Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache Norteño		X	X
Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de Nueve Bandas	X		X
Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del Desierto	X	X	X
	<i>Lepus alleni</i>	Liebre Antilope	X	X	X
Sciuridae	<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón de Roca	X	X	X
Geomyidae	<i>Thomomys bottae</i>	Tuza Norteña	X		X
Heteromyidae	<i>Chaetodipus pernix</i>	Ratón de Abazones Sinaloense		X	X
	<i>Dipodomys merriami</i>	Rata Canguro de Merriam	X	X	X
Cricetidae	<i>Peromyscus eremicus</i>	Ratón de Cactus		X	X
	<i>Mus musculus</i>	Ratón casero eurasiático	X	X	
	<i>Neotoma mexicana</i>	Rata Cambalachera Mexicana		X	X
	<i>Sigmodon hispidus</i>	Rata Algodonera Crespa	X		X
Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de Cola Blanca	X		X
Tayassuidae	<i>Dicotyles tajacu</i>	Pecarí de Collar	X	X	X
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>	Murciélago Gris de Saco		X	X
Vespertilionidae	<i>Lasiurus intermedius</i>	Murciélago Cola Peluda Norteño			X
	<i>Eptesicus fuscus</i>	Murciélago-moreno norteamericano			X
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	Murciélago orejón de Townsend		X	X
	<i>Parastrellus hesperus</i>	Pipistrello del Oeste Americano			X
	<i>Myotis yumanensis</i>	Miotis de Yuma			X

Familia	Nombre científico	Nombre común	Sitio de registro		
			AP	AI	ET-SAR
	<i>Myotis californicus</i>	Miotis Californiano			X
<i>Molossidae</i>	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago Cola Suelta Brasileño			X
<i>Phyllostomidae</i>	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	Murciélago Magueyero Menor		X	X
	<i>Macrotus californicus</i>	Murciélago orejón Californiano			X
<i>Mormoopidae</i>	<i>Pteronotus parnellii</i>	Murciélago-bigotudo de Parnell		X	X
	<i>Mormoops megalophylla</i>	Murciélago-barba Arrugada Norteño			X
<i>Procyonidae</i>	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	X	X	X
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	X	X	X
<i>Mephitidae</i>	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo Listado Sureño	X		X
<i>Felidae</i>	<i>Lynx rufus</i>	Lince Americano	X	X	X
<i>Canidae</i>	<i>Canis latrans</i>	Coyote	X	X	X
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra Gris	X	X	X

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al registro de murciélagos, con el Echo Meter Touch 2 PRO se registraron 8 especies, mientras que 5 especies se registraron mediante captura en redes y observación directa en refugios (cuevas, grietas y alcantarillas). El Murciélago Magueyero Menor (*Leptonycteris yerbabuenae*) y el Murciélago Cola Suelta Brasileño (*Tadarida brasiliensis*), fueron las especies más abundantes y está última fue la única especie que se reportó mediante el Echo Meter Touch 2 PRO y la observación directa.

V.3.2.2.2 Abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia

Abundancia relativa.

Se estimó la abundancia relativa para las especies registradas en campo. En primera instancia se presentan los resultados de abundancia de manera general, para posteriormente presentar los resultados por área (Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto). Durante los sitios de muestreo realizados en campo en el Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto, se registró un total de 10,798 individuos, repartidos en 222 especies. De acuerdo con los datos de abundancia relativa obtenidos, se observaron 57 especies en categoría de raras que representan el 26% del total; 39 especies fueron frecuentes y representaron el 17% del total, 20 especies fueron comunes con el 9% y 106 especies fueron abundantes, representando el 48%, como se muestra en la Figura V.17.

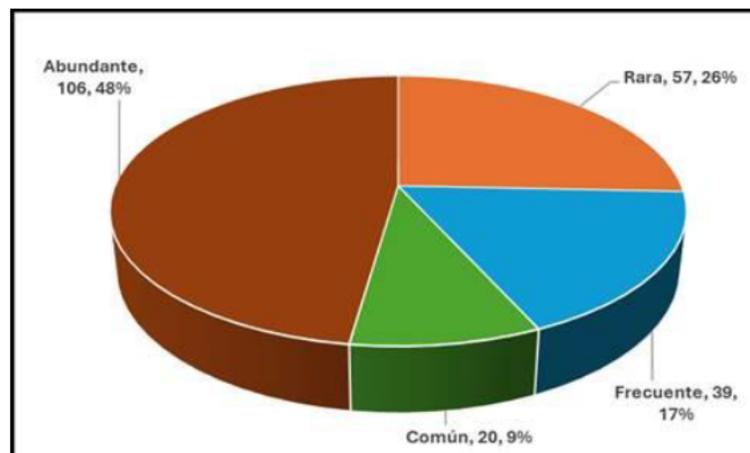


Figura V.17 Porcentaje de las categorías de abundancia relativa

De las 57 especies catalogadas como raras, una es anfibio, 7 son reptiles, 32 son aves y 17 son mamíferos. Las 39 especies frecuentes estuvieron representadas por 2 especies de anfibios, 2 de reptiles, 28 de aves y 7 de mamíferos. Las especies comunes fueron representadas por un reptil, 18 aves y un mamífero. Finalmente, las 106 especies abundantes estuvieron representadas por una especie de anfibio, 5 de reptiles, 93 de aves y 7 de mamíferos, tal como se puede apreciar en la Figura V.18.

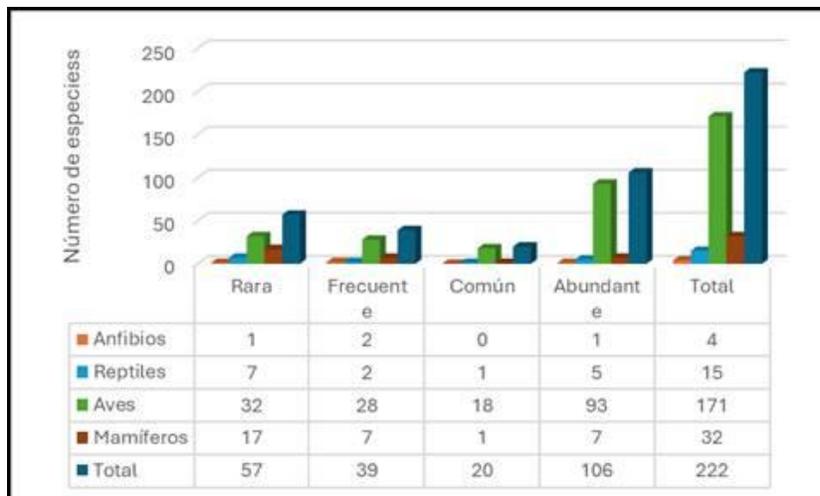


Figura V.18 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en campo

Abundancia relativa por área (Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto).

En el Ecosistema Terrestre del SAR se avistaron 221 especies, 56 especies fueron catalogadas como raras (1 anfibio, 7 reptiles, 32 aves y 16 mamíferos), 39 especies frecuentes (2 anfibios, 1 reptil, 28 aves y 7 mamíferos), 20 especies comunes (1 reptil, 18 aves y 1 mamífero) y 106 especies abundantes (1 anfibio, 5 reptiles, 93 aves y 7 mamíferos), tal como se muestra en la Figura V.19.

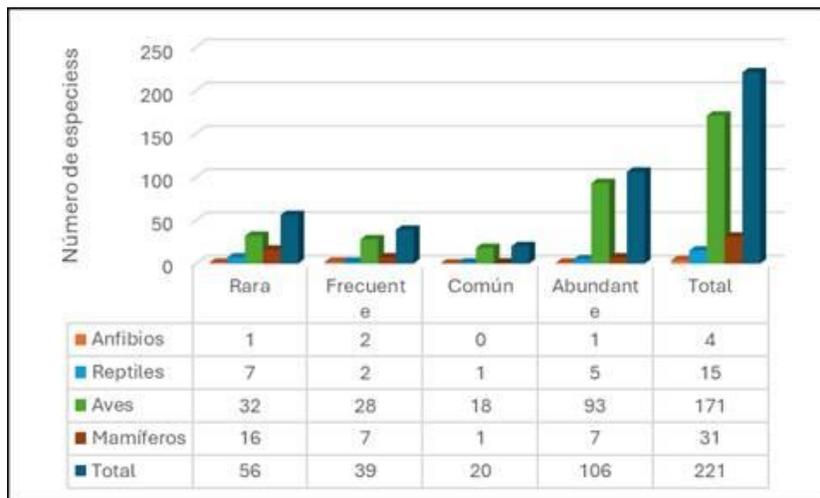


Figura V.19 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR

En el Área de Influencia se avistaron 165 especies, 24 especies fueron catalogadas como raras (4 reptil, 14 aves y 6 mamíferos), 26 especies frecuentes (2 reptiles, 18 aves y 6 mamíferos) 14 especies comunes (1 reptil, 12 aves y 1 mamífero) y 101 especies abundantes (1 anfibio, 5 reptiles, 89 aves y 6 mamíferos). Los resultados se muestran en la Figura V.20.

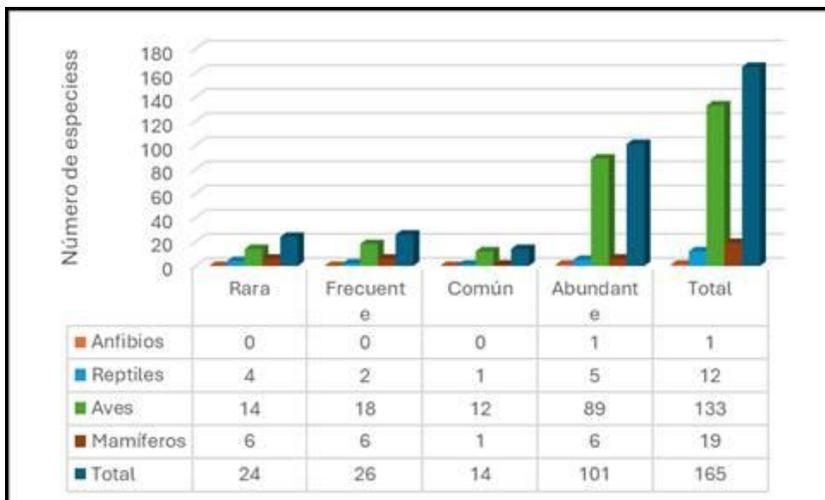


Figura V.20 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Área de Influencia

En el Área del Proyecto se avistaron 154 especies. 24 especies fueron catalogadas como raras (1 anfibio, 2 reptiles, 15 aves y 6 mamíferos), 21 especies frecuentes (1 anfibio, 2 reptiles, 15 aves y 4 mamíferos), 14 especies comunes (13 aves y 1 mamífero) y 95 especies abundantes (5 reptiles, 85 aves y 5 mamíferos). Los resultados se muestran en la Figura V.21.

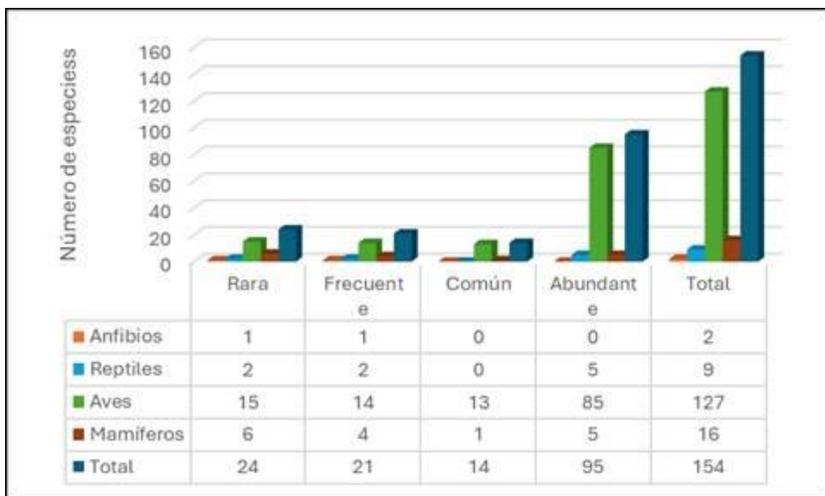


Figura V.21 Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Área del Proyecto

Frecuencia de ocurrencia.

De acuerdo con el apartado anterior, aproximadamente el 57% de las especies son abundantes o comunes, es decir, que pueden ser observadas con habitualidad, aunque este dato no precisa si la distribución de las especies es homogénea en el Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto. Por ello, también se utilizó la frecuencia de ocurrencia en los diferentes sitios de muestreo, para así, poder identificar a las especies más características de la zona, ya que esta nos dice la periodicidad con que cada especie es registrada. A continuación, se presenta la frecuencia de ocurrencia de las especies registradas en campo.

Especies Raras.

Las especies raras fueron registradas de uno y hasta 4 sitios de muestreo en las diferentes áreas (Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto). Especies como: *Aspidoscelis costatus*, *Anas acuta*, *Pluvialis squatarola*, *Arenaria interpres*, *Larus occidentalis*, *Rynchops niger*,

Nyctanassa violacea, *Egretta rufescens*, *Camptostoma imberbe*, *Cardellina pusilla*, *Passerina amoena*, *Lasiurus intermedius*, *Eptesicus fuscus*, *Parastrellus hesperus*, *Myotis yumanensis*, *Myotis californicus*, *Macrotus californicus* y *Mormoops megalophylla*, solo fueron registradas en un sitio de muestreo en el Ecosistema Terrestre del SAR. Mientras que la especie mejor distribuida de las especies raras fue *Mephitis macroura*, registrada en 4 sitios de muestreo (3 en el Área de Proyecto y 1 en el Ecosistema Terrestre del SAR).

Especies frecuentes.

Las especies frecuentes fueron registradas desde uno y hasta 5 sitios de muestreo, ejemplo de ello, es que *Lithobates catesbeianus*, *Haematopus palliatus*, *Charadrius semipalmatus*, *Numenius americanus*, *Dryobates scalaris*, *Calocitta colliei* y *Spizella breweri*, fueron registradas en un sitio de muestreo en el Ecosistema Terrestre del SAR. Por su parte, *Butorides virescens* y *Falco peregrinus*, fueron las especies mejor distribuidas, de las especies frecuentes, al registrarse en cinco sitios de muestreo (3 en el Área de Proyecto, una en Área de Influencia y una el Ecosistema Terrestre del SAR).

Especies comunes.

Las especies comunes fueron registradas de uno y hasta 5 sitios de muestreo. *Limosa fedoa*, *Fregata magnificens*, *Tachycineta thalassina*, fueron las especies con menor distribución, al registrarse en un sitio de muestreo en el Ecosistema Terrestre del SAR. Por su parte, *Podilymbus podiceps* y *Sterna forsteri*, fueron registradas en 5 sitios de muestreo (3 en el Área del Proyecto, uno en el Área de Influencia y uno en el Ecosistema Terrestre del SAR).

Especies abundantes.

No todas las especies abundantes fueron las mejor distribuidas. Ejemplo de ello, son *Bucephala albeola*, *Pelecanus erythrorhynchos* y *Tadarida brasiliensis*, que aun cuando fueron abundantes, solo se observaron en un sitio de muestreo en el Ecosistema Terrestre del SAR, mientras que *Mimus polyglottos* y *Haemorhous mexicanus*, fueron las especies mejor distribuidas, al registrarse en dieciocho sitios de muestreo (16 en el Área del Proyecto, 1 en el Área de Influencia y 1 en el Ecosistema Terrestre del SAR).

V.3.2.2.3 Fauna con algún estatus de protección

Fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De las especies registradas en campo, 21 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2019, 1 especie se encuentra En Peligro de Extinción (1 ave), 5 especies se encuentran Amenazadas (2 reptiles y 3 aves) y 15 especies bajo Protección Especial (4 reptiles, 10 aves y 1 mamífero). Todas las especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2019, fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 10 en el Área de Influencia y 10 en el Área del Proyecto. Los resultados completos se muestran en la Tabla V.45.

Tabla V.45 Especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Reptiles	<i>Kinosternidae</i>	<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga pecho quebrado mexicana	Protección Especial (Pr)		X	X
	<i>Helodermatidae</i>	<i>Heloderma horridum</i>	Lagarto de chaquira	Amenazada (A)	X		X
	<i>Iguanidae</i>	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	Protección Especial (Pr)	X	X	X
	<i>Teiidae</i>	<i>Aspiloscelis costatus</i>	Huico llanero	Protección Especial (Pr)			X
	<i>Colubridae</i>	<i>Masticophis flagellum</i>	Culebra chirionera roja	Amenazada (A)	X	X	X
	<i>Viperidae</i>	<i>Crotalus atrox</i>	Cascabel de diamantes	Protección Especial (Pr)		X	X

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Aves	Anatidae	Anas diazi	Pato mexicano	Amenazada (A)	X	X	X
	Podicipedidae	Tachybaptus dominicus	Zambullidor Menor	Protección Especial (Pr)	X	X	X
	Scolopacidae	Limosa fedoa	Picopando Canelo	Amenazada (A)			X
		Calidris mauri	Playero Occidental	Amenazada (A)		X	X
	Laridae	Larus heermanni	Gaviota Plomiza	Protección Especial (Pr)	X		X
	Ciconiidae	Mycteria americana	Cigüeña Americana	Protección Especial (Pr)		X	X
	Ardeidae	Tigrisoma mexicanum	Garza Tigre Mexicana	Protección Especial (Pr)	X		X
		Egretta rufescens	Garza Rojiza	En Peligro de Extinción (P)			X
	Accipitridae	Accipiter striatus	Gavilán Pecho Canela	Protección Especial (Pr)	X		X
		Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	Protección Especial (Pr)	X	X	X
		Parabuteo unicinctus	Aguililla Rojinegra	Protección Especial (Pr)	X	X	X
		Buteo albonotatus	Aguililla Aura	Protección Especial (Pr)	X		X
	Falconidae	Falco peregrinus	Halcón Peregrino	Protección Especial (Pr)	X	X	X
	Psittacidae	Amazona albifrons	Loro Frente Blanca	Protección Especial (Pr)	X	X	X
Mamíferos	Phyllostomidae	Leptonycteris verbabuena	Murciélago Magueyero Menor	Protección Especial (Pr)		X	X

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Fauna endémica.

De las especies registradas encampo, 12 (1 anfibio, 2 reptiles, 8 aves y 1 mamífero) son endémica a México; Todas las especies fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 8 en el Área de Influencia y 7 en el Área del Proyecto. 1 especie de ave es considerada cuasiendémicas (CE: especies distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km²; Howell y Webb 1995, Berlanga-García et al. 2015) y fue registrada en las tres áreas; mientras que 10 especies de aves son consideradas semiendémicas (SE; especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año) y fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 7 en el Área de Influencia y 7 en el Área del Proyecto. Los resultados se muestran en la Tabla V.46.

Tabla V.46 Especies endémicas registradas en campo.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	Endémica	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Anfibios	Ranidae	Lithobates magnaocularis	Rana Leopardo del Noreste	Endémica	X		X
Reptiles	Kinosternidae	Kinosternon integrum	Tortuga pecho quebrado mexicana	Endémica		X	X
	Teiidae	Aspidozelis costatus	Huico llanero	Endémica			X
Aves	Cracidae	Ortalis wagleri	Chachalaca Vientre Castaño	Endémica	X	X	X
	Odontophoridae	Callipepla douglasii	Codomiz Cresta Dorada	Endémica	X		X
	Trochilidae	Cyananthus latirostris	Colibrí Pico Ancho	SE	X	X	X
		Ramosomyia violiceps	Colibrí Corona Violeta	SE		X	X
	Laridae	Larus heermanni	Gaviota Plomiza	SE	X		X
	Tyrannidae	Empidonax difficilis	Papamoscas Amarillo del Pacífico	SE	X		X
		Tyrannus vociferans	Tirano Chibíu	SE	X	X	X
		Tyrannus crassirostris	Tirano Pico Grueso	SE	X	X	X

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	Endémica	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
	<i>Corvidae</i>	<i>Calocitta colliei</i>	Urraca Cara Negra	Endémica			X
		<i>Corvus sinaloae</i>	Cuervo Sinaloense	Endémica	X	X	X
	<i>Poliptilidae</i>	<i>Poliptila nigriceps</i>	Perlita Sinaloense	Endémica	X	X	X
	<i>Troglodytidae</i>	<i>Pheugopedius felix</i>	Saltapared Feliz	Endémica		X	X
	<i>Turdidae</i>	<i>Turdus rufopalliatus</i>	Mirlo Dorso Canela	Endémica	X	X	X
	<i>Passerellidae</i>	<i>Peucaea carpalis</i>	Zacatonero Hombros Canela	CE	X	X	X
		<i>Spizella pallida</i>	Gorrion Pálido	SE	X	X	X
	<i>Icteridae</i>	<i>Icterus cucullatus</i>	Calandria Dorso Negro Menor	SE	X	X	X
	<i>Parulidae</i>	<i>Setophaga nigrescens</i>	Chipe Negrogris	SE		X	X
	<i>Cardinalidae</i>	<i>Passerina amoena</i>	Colorin Pecho Canela	SE			X
	<i>Thraupidae</i>	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero Rabadilla Canela	Endémica	X	X	X
Mamíferos	<i>Heteromyidae</i>	<i>Chaetodipus pernix</i>	Ratón de Abazones Sinaloense	Endémica		X	X

Endémica: semiendémicas (SE; especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año), cuasiendémicas (CE; distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km²); Sitio de Registro: AP - Área del Proyecto, AI - Área de Influencia, ET-SAR - Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Fauna en CITES.

De las especies registradas en campo, 24 especies (4 reptiles, 18 aves y 2 mamíferos) se encuentran listadas en el Apéndice II de la Convención Internacional de Tráfico de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES 2023). Todas fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 20 en el Área de Influencia y 20 en el Área del Proyecto. Asimismo, 1 especie de aves se ubica en el Apéndice I del CITES, misma que fue registrada en el Ecosistema Terrestre del SAR en el Área de Influencia y en el Área del Proyecto. Los resultados se muestran en la Tabla V.47.

Tabla V.47 Especies registradas en campo listadas en alguno de los apéndices de CITES.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	CITES	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Reptiles	<i>Kinosternidae</i>	<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga pecho quebrado mexicana	Apéndice II		X	X
	<i>Helodermatidae</i>	<i>Heloderma horridum</i>	Lagarto de chaquirá	Apéndice II	X		X
	<i>Iguanidae</i>	<i>Ctenosaura macrolopha</i>	Iguana de cola espinosa sonorensis	Apéndice II	X	X	X
		<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	Apéndice II	X	X	X
Aves	<i>Trochilidae</i>	<i>Cynanthus latirostris</i>	Colibrí Pico Ancho	Apéndice II	X	X	X
		<i>Ramosomyia violiceps</i>	Colibrí Corona Violeta	Apéndice II		X	X
	<i>Pandionidae</i>	<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	Apéndice II	X	X	X
	<i>Accipitridae</i>	<i>Elanus leucurus</i>	Milano Cola Blanca	Apéndice II	X		X
		<i>Circus hudsonius</i>	Gavilán Rastrero	Apéndice II	X	X	X
		<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán Pecho Canela	Apéndice II	X		X
		<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Apéndice II	X	X	X
		<i>Parabuteo unicinctus</i>	Aguililla Rojinegra	Apéndice II	X	X	X
		<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla Gris	Apéndice II	X	X	X
		<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla Aura	Apéndice II	X		X
		<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla Cola Roja	Apéndice II	X	X	X

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	CITES	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
	Tytonidae	Tyto alba	Lechuza de Campanario	Apéndice II	X	X	X
	Strigidae	Athene cunicularia	Tecolote Llanero	Apéndice II	X	X	X
	Falconidae	Caracara plancus	Caracara Quebrantahuesos	Apéndice II	X	X	X
		Falco sparverius	Cernícalo Americano	Apéndice II	X	X	X
		Falco columbarius	Halcón Esmerejón	Apéndice II	X		X
		Falco peregrinus	Halcón Peregrino	Apéndice I	X	X	X
	Psittacidae	Myiopsitta monachus	Perico Monje Argentino	Apéndice II		X	X
		Amazona albifrons	Loro Frente Blanca	Apéndice II	X	X	X
Mamíferos	Mormoopidae	Pteronotus parnellii	Murciélago bigotudo de Parnell	Apéndice II		X	X
	Felidae	Lynx rufus	Lince Americano	Apéndice II	X	X	X

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; CITES 2023. Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Fauna en la UICN.

En la lista roja de la UICN, 5 especies se encuentran en la categoría de Casi Amenazadas (NT) (4 aves y 1 mamífero). Todas las especies fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, 3 en el Área de Influencia y 3 en el Área del Proyecto. Mientras que 205 especies se encuentran bajo preocupación menor y 12 no están listadas. Los resultados se pueden consultar en la Tabla V.48.

Tabla V.48 Especies registradas en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la lista roja de la UICN.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	UICN	Sitio de registro		
					AP	AI	ET-SAR
Aves	Rallidae	Rallus obsoletus	Rascón Costero del Pacífico	Casi Amenazado (NT)	X	X	X
	Laridae	Larus heermanni	Gaviota Plomiza	Casi Amenazado (NT)	X		X
	Ardeidae	Egretta rufescens	Garza Rojiza	Casi Amenazado (NT)			X
	Laniidae	Lanius ludovicianus	Verdugo Americano	Casi Amenazado (NT)	X	X	X
Mamíferos	Phyllostomidae	Leptonycteris yerbabuena	Murciélago Magueyero Menor	Casi Amenazado (NT)		X	X

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, ET-SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.

Fuente: Elaboración propia.

Especies Prioritarias para la Conservación.

De las especies registradas en campo, 21 especies (2 reptiles, 17 aves y 2 mamíferos) se encuentran listadas en el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER, 2023). Todas fueron registradas en el Ecosistema Terrestre del SAR, mientras que 17 fueron registradas en el Área de Influencia y 13 en el Área del Proyecto; los resultados se muestran en la Tabla V.49.

Tabla V.49 Especies registradas en campo que se encuentran, en la lista de especies prioritarias para la conservación del Programa de Conservación de Especies en Riesgo.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
Reptiles	Helodermatidae	Heloderma horridum	Lagarto de chaquirá	X		X
	Iguanidae	Iguana iguana	Iguana verde	X	X	X
Aves	Anatidae	Dendrocygna autumnalis	Pijije Alas Blancas		X	X

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	Sitio de registro		
				AP	AI	ET-SAR
		<i>Spatula discors</i>	Cerceta Alas Azules	X	X	X
		<i>Spatula cyanooptera</i>	Cerceta Canela	X	X	X
		<i>Spatula clypeata</i>	Pato Cucharón Norteño	X	X	X
		<i>Mareca americana</i>	Pato Chalcuán		X	X
		<i>Anas diazi</i>	Pato mexicano	X	X	X
		<i>Anas acuta</i>	Pato Golondrino			X
		<i>Anas crecca</i>	Cerceta Alas Verdes		X	X
		<i>Aythya collaris</i>	Pato Pico Anillado		X	X
		<i>Aythya affinis</i>	Pato Boludo Menor	X	X	X
		<i>Bucephala albeola</i>	Pato Monja			X
		<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Tepalcate		X	X
	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Alas Blancas	X	X	X
		<i>Zenaida macroura</i>	Huilota Común	X	X	X
	Threskiornithidae	<i>Platalea ajaja</i>	Espátula Rosada	X	X	X
	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	X	X	X
	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro Frente Blanca	X	X	X
Mamíferos	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de Cola Blanca	X		X
	Phyllostomidae	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	Murciélago Magueyero Menor		X	X

Sitio de Registro: AP – Área del Proyecto, AI – Área de Influencia, SAR – Ecosistema Terrestre del SAR.
Fuente: Elaboración propia.

V.3.2.2.4 Índices de diversidad

Se aplicó el índice de Shannon-Wiener (H'), así como el índice de diversidad de Margalef (DM_g), y el índice de diversidad de Simpson (λ), para evaluar el estatus de diversidad faunística. También se calculó el índice de equitatividad de Pielou (J') para definir el estado de abundancia de las especies de fauna reportadas en el trabajo de campo para el Ecosistema Terrestre del SAR, Área de Influencia y el Área del Proyecto, por tipo de hábitat.

Los resultados generales o totales se presentan a continuación para el Ecosistema Terrestre del SAR; Área de Influencia y Área del Proyecto.

Índices de diversidad generales o totales.

De manera general, la diversidad es considerada alta, tomando como base lo que menciona Magurran (1988), Margalef (1995) y Simpson (1960), con valores para el índice de diversidad de Shannon-Wiener de $H'=4.358$, el índice de diversidad de Margalef de $DM_g=23.796$ y el índice de diversidad de Simpson de $\lambda=0.0264$. Asimismo, se considera que la dominancia de alguna o algunas especies es baja, según el índice de Pielou, con un valor de $J'=0.81$.

Para la diversidad por grupo faunístico, las aves presentaron diversidad alta, con valores de $H'=4.178$, $DM_g=18.495$ y $\lambda=0.0307$ para los índices de Shannon-Wiener, Margalef y Simpson respectivamente (Simpson 1960, Magurran 1988 y Margalef 1995). Además, el índice de Pielou ($J'=0.81$), indica que es baja la dominancia de especies. Las aves son el grupo de vertebrados terrestres más diverso, además de que la mayoría de las aves tiene su actividad durante el día y su característica de volar, hace más sencilla su observación, por lo que estos resultados son relativamente normales. Por su parte, los mamíferos ($H'=2.106$, $DM_g=4.792$ y $\lambda=0.2577$) y los reptiles ($H'=2.006$, $DM_g=2.506$ y $\lambda=0.1932$) presentaron diversidad media, mientras que, para los anfibios, su diversidad es considerada baja ($H'=0.844$, $DM_g=0.706$ y

$\lambda=0.5612$). La menor diversidad encontrada para los anfibios, reptiles y los mamíferos puede deberse a que estos grupos presentan especies con tamaños poblacionales bajos o hábitos secretivos. Además, la mayoría de las especies de fauna silvestre con frecuencia son perseguidas y cazadas, razón por la cual muchas especies han modificado su comportamiento, volviéndose esquivas ante la presencia de seres humanos.

Todos los Usos de Suelo y Vegetación presentaron diversidad alta, con valores de $H'=3.240$, $DM_g=6.963$ y $\lambda=0.0569$ para la Selva Baja Caducifolia, $H'=4.142$, $DM_g=18.163$ y $\lambda=0.0275$ para el Matorral Sarcocaula, $H'=3.813$, $DM_g=18.153$ y $\lambda=0.0545$ para la Vegetación de Galería, $H'=3.745$, $DM_g=18.086$ y $\lambda=0.0641$ para la Agricultura de Riego y Temporal, $H'=3.826$, $DM_g=14.958$ y $\lambda=0.0377$ para la Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente y, $H'=3.720$, $DM_g=17.221$ y $\lambda=0.0601$ para el Manglar y Cuerpo de Agua. De igual forma, el índice de Pielou, para los tres tipos de hábitats indica que la dominancia de especies es baja.

Para la diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación, los anfibios solo fueron registrados en la Vegetación de Galería y en la Agricultura de Riego y Temporal, en donde su diversidad es considerada baja. Por su parte, los reptiles fueron registrados en todos los Usos de Suelo y Vegetación, en donde, su diversidad es considerada baja en todos ellos, con excepción del Matorral Sarcocaula, en donde es considerada media. Las aves también fueron registradas en todos los Usos de Suelo y Vegetación y su diversidad es considerada alta en todos ellos. En cuanto a los mamíferos, también fueron registrados en todos los Usos de Suelo y Vegetación y su diversidad es considerada entre media y baja. Los resultados se muestran en la Tabla V.50.

Tabla V.50 Índice de diversidad totales por Uso de Suelo y Vegetación.

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
Selva Baja Caducifolia	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	2	2	0.693	0.693	1.00	1.443	0.5000
	Aves	116	26	2.968	3.258	0.91	5.259	0.0715
	Mamíferos	14	7	1.946	1.946	1.00	2.274	0.1429
	Total	132	35	3.240	3.555	0.91	6.963	0.0569
Matorral Sarcocaula	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	70	12	1.981	2.485	0.80	2.589	0.1824
	Aves	1608	106	3.920	4.663	0.84	14.222	0.0329
	Mamíferos	108	19	2.385	2.944	0.81	3.844	0.1468
	Total	1786	137	4.142	4.920	0.84	18.163	0.0275
Vegetación de Galería	Anfibios	3	3	1.099	1.099	1.00	1.820	0.3333
	Reptiles	34	10	2.047	2.303	0.89	2.552	0.1574
	Aves	1085	100	3.894	4.605	0.85	14.164	0.0336
	Mamíferos	317	20	0.811	2.996	0.27	3.299	0.7274
	Total	1439	133	3.813	4.890	0.78	18.153	0.0545
Agricultura de Riego y Temporal	Anfibios	67	4	0.787	1.386	0.57	0.713	0.5861
	Reptiles	116	10	1.535	2.303	0.67	1.893	0.3474
	Aves	3169	120	3.580	4.787	0.75	14.762	0.0725
	Mamíferos	36	14	2.284	2.639	0.87	3.628	0.1389
	Total	3388	148	3.745	4.997	0.75	18.086	0.0641
Manglar y Cuerpo de Agua	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	31	7	1.639	1.946	0.84	1.747	0.2404
	Aves	1858	115	3.609	4.745	0.76	15.145	0.0675

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
	Mamíferos	123	10	0.868	2.303	0.38	1.870	0.6661
	Total	2012	132	3.720	4.883	0.76	17.221	0.0601
Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	14	3	0.992	1.099	0.90	0.758	0.3980
	Aves	1980	97	3.725	4.575	0.81	12.647	0.0399
	Mamíferos	47	15	2.418	2.708	0.89	3.636	0.1064
	Total	2041	115	3.826	4.745	0.81	14.958	0.0377
Total	Anfibios	70	4	0.844	1.386	0.61	0.706	0.5612
	Reptiles	267	15	2.006	2.708	0.74	2.506	0.1932
	Aves	9816	171	4.178	5.142	0.81	18.495	0.0307
	Mamíferos	645	32	2.106	3.466	0.61	4.792	0.2577
	Total	10798	222	4.358	5.403	0.81	23.796	0.0264

Índices de diversidad para el Ecosistema Terrestre del SAR.

En términos generales, la diversidad para el Ecosistema Terrestre del SAR es considerada alta, tomando como base lo que menciona Magurrray (1988), Margalef (1995) y Simpson (1960), con valores para el índice de diversidad de Shannon-Wiener de $H'=4.342$, el índice de diversidad de Margalef de $DM_g=26.356$ y el índice de diversidad de Simpson de $\lambda=0.0287$. Asimismo, se considera que puede existir la dominancia de alguna o algunas especies según el índice de Pielou, con un valor de $J'=0.80$.

Para la diversidad por grupo faunístico, las aves presentaron diversidad alta, con valores de $H'=4.182$, $DM_g=20.737$ y $\lambda=0.0335$ para los índices de Shannon-Wiener, Margalef y Simpson respectivamente (Simpson 1960, Magurran 1988 y Margalef 1995). Además, el índice de Pielou ($J'=0.81$), indica que es baja la dominancia de especies. Por su parte, los mamíferos ($H'=1.795$, $DM_g=4.909$ y $\lambda=0.3249$) y los reptiles ($H'=1.994$, $DM_g=2.914$ y $\lambda=0.1959$) presentaron diversidad media, mientras que, para los anfibios, su diversidad es considerada baja ($H'=0.937$, $DM_g=1.170$ y $\lambda=0.5148$).

Todos los Usos de Suelo y Vegetación, tuvieron diversidad alta, con valores de $H'=3.240$, $DM_g=6.963$ y $\lambda=0.0569$ para la Selva Baja Caducifolia, $H'=3.873$, $DM_g=13.260$ y $\lambda=0.0313$ para el Matorral Sarcocaula, $H'=3.599$, $DM_g=16.390$ y $\lambda=0.0823$ para la Vegetación de Galería, $H'=3.508$, $DM_g=14.306$ y $\lambda=0.0936$ para la Agricultura de Riego y Temporal, $H'=3.597$, $DM_g=11.117$ y $\lambda=0.0394$ para la Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente y, $H'=3.335$, $DM_g=14.940$ y $\lambda=0.0955$ para el Manglar y Cuerpo de Agua. De igual forma, el índice de Pielou, para los tres tipos de hábitats indica que la dominancia de especies es baja.

Para la diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación, los anfibios solo fueron registrados en la Vegetación de Galería y en la Agricultura de Riego y Temporal, en donde su diversidad es considerada baja. Por su parte, los reptiles fueron registrados en todos los Usos de Suelo y Vegetación, con excepción de la Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente; su diversidad es considerada baja en todos los Usos de Suelo y Vegetación en donde fueron registrados. Las aves también fueron registradas en todos los Usos de Suelo y Vegetación y su diversidad es considerada alta en todos ellos. Los mamíferos por su parte también fueron registrados en todos los Usos de Suelo y Vegetación y su diversidad es considerada entre media y baja. Los resultados se muestran en la tabla V.51.

Tabla V.51 Índices de diversidad grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación para el Ecosistema Terrestre del SAR.

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
Selva Baja Caducifolia	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	2	2	0.693	0.693	1.00	1.443	0.5000

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
	Aves	116	26	2.968	3.258	0.91	5.259	0.0715
	Mamíferos	14	7	1.946	1.946	1.00	2.274	0.1429
	Total	132	35	3.240	3.555	0.91	6.963	0.0569
Matorral Sarcocaula	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	26	4	1.032	1.386	0.74	0.921	0.4438
	Aves	427	66	3.654	4.190	0.87	10.732	0.0379
	Mamíferos	70	14	1.895	2.639	0.72	3.060	0.2755
	Total	523	84	3.873	4.431	0.87	13.260	0.0313
Vegetación de Galería	Anfibios	3	3	1.099	1.099	1.00	1.820	0.3333
	Reptiles	21	10	2.016	2.303	0.88	2.956	0.1746
	Aves	522	79	3.844	4.369	0.88	12.465	0.0332
	Mamíferos	227	18	0.679	2.890	0.23	3.134	0.7776
	Total	773	110	3.599	4.700	0.77	16.390	0.0823
Agricultura de Riego y Temporal	Anfibios	10	2	0.325	0.693	0.47	0.434	0.8200
	Reptiles	50	9	1.424	2.197	0.65	2.045	0.3888
	Aves	746	78	3.300	4.357	0.76	11.641	0.1114
	Mamíferos	15	8	1.894	2.079	0.91	2.585	0.1822
	Total	821	97	3.508	4.575	0.77	14.306	0.0936
Manglar y Cuerpo de Agua	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	23	6	1.521	1.792	0.85	1.595	0.2703
	Aves	1342	95	3.224	4.554	0.71	13.052	0.1096
	Mamíferos	109	9	0.454	2.197	0.21	1.705	0.8426
	Total	1474	110	3.335	4.700	0.71	14.940	0.0955
Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	0	0	0.000				
	Aves	480	59	3.494	4.078	0.86	9.395	0.0420
	Mamíferos	16	11	2.274	2.398	0.95	3.607	0.1172
	Total	496	70	3.597	4.248	0.85	11.117	0.0394
Total	Anfibios	13	4	0.937	1.386	0.68	1.170	0.5148
	Reptiles	122	15	1.994	2.708	0.74	2.914	0.1959
	Aves	3633	171	4.182	5.142	0.81	20.737	0.0335
	Mamíferos	451	31	1.795	3.434	0.52	4.909	0.3249
	Total	4219	221	4.342	5.398	0.80	26.356	0.0287

Índices de diversidad para el Área de Influencia.

El Área de Influencia presentó diversidad alta, con valores para el índice de diversidad de Shannon-Wiener de $H'=4.062$, el índice de diversidad de Margalef de $DM_g=19.833$ y el índice de diversidad de Simpson de $\lambda=0.0350$. Asimismo, la dominancia algunas especies es baja, según el índice de Pielou, con un valor de $J'=0.80$.

Para la diversidad por grupo faunístico, las aves presentaron diversidad alta, con valores de $H'=3.900$, $DM_g=4.9816.103$ y $\lambda=0.0398$ para los índices de Shannon-Wiener, Margalef y Simpson respectivamente (Simpson 1960, Magurran 1988 y Margalef 1995). Además, el índice de Pielou ($J'=0.80$), indica que es baja la dominancia de especies. Por su parte, los mamíferos ($H'=2.031$, $DM_g=3.560$ y $\lambda=0.2374$) y los reptiles

($H'=1.915$, $DM_g=2.63$ y $\lambda=0.2047$), tuvieron diversidad media. En el Área de Influencia solo se registró una especie de anfibios, por lo que no fue posible estimar su diversidad.

Todos los Usos de Suelo y Vegetación, tuvieron diversidad alta, con valores de $H'=3.740$, $DM_g=10.962$ y $\lambda=0.0337$ para el Matorral Sarcocaula, $H'=3.337$, $DM_g=13.937$ y $\lambda=0.0911$ para la Agricultura de Riego y Temporal, $H'=3.516$, $DM_g=10.701$ y $\lambda=0.0494$ para la Vegetación de Galería, $H'=3.397$, $DM_g=9.988$ y $\lambda=0.0601$ para la Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente y, $H'=3.647$, $DM_g=12.564$ y $\lambda=0.0469$ para el Manglar y Cuerpo de Agua. De igual forma, el índice de Pielou, para los tres tipos de hábitats indica que la dominancia de especies es baja.

Para la diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación, los anfibios solo fueron registrados en la Agricultura de Riego y Temporal, con una sola especie, por lo que no fue posible estimar su diversidad. Por su parte, los reptiles fueron registrados en todos los Usos de Suelo y Vegetación, en donde su diversidad fue considerada media, con excepción de la Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente, en donde su diversidad fue considerada baja. Las aves también fueron registradas en todos los Usos de Suelo y Vegetación y su diversidad es considerada alta en todos ellos. Los mamíferos por su parte también fueron registrados en todos los Usos de Suelo y Vegetación y su diversidad es considerada media en todos estos, con excepción de la Vegetación de Galería, en donde es considerada baja. Los resultados se muestran en la Tabla V.52.

Tabla V.52 Índice de diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación para el Área de Influencia.

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
Matorral Sarcocaula	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	15	7	1.749	1.946	0.90	2.216	0.2000
	Aves	344	52	3.553	3.951	0.90	8.732	0.0391
	Mamíferos	17	7	1.528	1.946	0.79	2.118	0.2941
	Total	376	66	3.740	4.190	0.89	10.962	0.0337
Agricultura de Riego y Temporal	Anfibios	50	1	0.000				1.0000
	Reptiles	19	5	1.167	1.609	0.72	1.358	0.3850
	Aves	1422	89	3.210	4.489	0.72	12.122	0.1012
	Mamíferos	17	8	1.921	2.079	0.92	2.471	0.1696
	Total	1508	103	3.337	4.635	0.72	13.937	0.0911
Vegetación de Galería	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	12	5	1.314	1.609	0.82	1.610	0.3333
	Aves	473	57	3.426	4.043	0.85	9.092	0.0505
	Mamíferos	90	7	0.888	1.946	0.46	1.333	0.6158
	Total	575	69	3.516	4.234	0.83	10.701	0.0494
Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	11	3	0.908	1.099	0.83	0.834	0.4711
	Aves	875	60	3.292	4.094	0.80	8.709	0.0641
	Mamíferos	19	6	1.691	1.792	0.94	1.698	0.1967
	Total	905	69	3.397	4.234	0.80	9.988	0.0601
Manglar y Cuerpo de Agua	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	8	5	1.560	1.609	0.97	1.924	0.2188
	Aves	516	68	3.525	4.220	0.84	10.727	0.0507
	Mamíferos	14	7	1.730	1.946	0.89	2.274	0.2143
	Total	538	80	3.647	4.382	0.83	12.564	0.0469
Total	Anfibios	50	1	0.000				1.0000

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
	Reptiles	65	12	1.915	2.485	0.77	2.635	0.2047
	Aves	3630	133	3.900	4.890	0.80	16.103	0.0398
	Mamíferos	157	19	2.031	2.944	0.69	3.560	0.2374
	Total	3902	165	4.062	5.106	0.80	19.833	0.0350

Índices de diversidad para el Área del Proyecto.

De manera general, el Área del Proyecto presentó una diversidad alta, para los índices de diversidad de Shannon-Wiener ($H'=4.001$; Magurra 1988), de Margalef ($DM_g=19.386$; Margalef 1995) y de Simpson ($\lambda=0.0365$, Simpson 1960). El índice de Pielou, con un valor de $J'=0.79$, muestra que la dominancia de alguna especie es baja.

Para la diversidad por grupo faunístico, las aves presentaron la mayor, con valores de $H'=3.871$, $DM_g=16.061$ y $\lambda=0.0399$, para los índices de Shannon-Wiener, Margalef y Simpson respectivamente, siendo considerada alta. Mientras que, para mamíferos la diversidad es considerada media ($H'=2.512$, $DM_g=4.154$ y $\lambda=0.1015$) y, para los reptiles ($H'=1.627$, $DM_g=1.826$ y $\lambda=0.2597$) y anfibios ($H'=0.410$, $DM_g=0.514$ y $\lambda=0.7551$), la diversidad es considerada baja.

Todos los Usos de Suelo y Vegetación, tuvieron diversidad alta, con valores de $H'=3.637$, $DM_g=12.634$ y $\lambda=0.0470$ para la Agricultura de Riego y Temporal, $H'=3.750$, $DM_g=15.322$ y $\lambda=0.0455$ para el Matorral Sarcocaula, $H'=2.955$, $DM_g=5.320$ y $\lambda=0.0673$ para la Vegetación de Galería, $H'=3.459$, $DM_g=10.214$ y $\lambda=0.0547$ para la Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente. El índice de Pielou, para los tres tipos de hábitats indica que la dominancia de especies es baja.

Para la diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación, los anfibios solo fueron registrados en la Agricultura de Riego y Temporal, en donde su diversidad es considerada baja. Por su parte, los reptiles fueron registrados en 3 de los 4 Usos de Suelo y Vegetación del Área del Proyecto, en donde su diversidad fue considerada media en dos de ellos, mientras que, en el tercero, no fue posible estimar su diversidad, al registrarse solo una especie. Las aves también fueron registradas en todos los Usos de Suelo y Vegetación y su diversidad es considerada alta en todos ellos. Los mamíferos por su parte también no fueron registrados en la Vegetación de Galería, mientras que en los otros 3 Usos de Suelo y Vegetación, su diversidad es considerada media. Los resultados se muestran en la Tabla V.53.

Tabla V.53 Índice de diversidad por grupo faunístico por Uso de Suelo y Vegetación para el Área del Proyecto.

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
Agricultura de Riego y Temporal	Anfibios	7	2	0.410	0.693	0.59	0.514	0.7551
	Reptiles	47	8	1.435	2.079	0.69	1.818	0.3391
	Aves	1001	75	3.512	4.317	0.81	10.711	0.0518
	Mamíferos	4	4	1.386	1.386	1.00	2.164	0.2500
	Total	1059	89	3.637	4.489	0.81	12.634	0.0470
Matorral Sarcocaula	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	29	7	1.556	1.946	0.80	1.782	0.2699
	Aves	837	85	3.589	4.443	0.81	12.482	0.0507
	Mamíferos	21	13	2.425	2.565	0.95	3.942	0.1020
	Total	887	105	3.750	4.654	0.81	15.322	0.0455
Vegetación de Galería	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	1	1	0.000				1.0000
	Aves	90	24	2.926	3.178	0.92	5.111	0.0686
	Mamíferos	0	0	0.000				0.0000

USyV	Grupo Faunístico	Abundancia total	Riqueza de especies	Shannon (H')	Shannon (H'max)	Pielou (J')	Margalef (DMg)	Simpson (λ)
	Total	91	25	2.955	3.219	0.00	5.320	0.0673
Vegetación Halófila Xerófila y Sin Vegetación Aparente	Anfibios	0	0	0.000				
	Reptiles	3	1	0.000				1.0000
	Aves	625	60	3.384	4.094	0.83	9.165	0.0572
	Mamíferos	12	6	1.705	1.792	0.95	2.012	0.1944
	Total	640	67	3.459	4.205	0.82	10.214	0.0547
Total	Anfibios	7	2	0.410	0.693	0.59	0.514	0.7551
	Reptiles	80	9	1.627	2.197	0.74	1.826	0.2597
	Aves	2553	127	3.871	4.844	0.80	16.061	0.0399
	Mamíferos	37	16	2.512	2.773	0.91	4.154	0.1015
	Total	2677	154	4.001	5.037	0.79	19.386	0.0365

V.3.3 Componentes bióticos del Ecosistema Marino del SAR

V.3.3.1 Flora marina registrada en campo

Muestreo realizado en junio de 2022.

La caracterización de la flora marina determinada en campo se presenta en la secuencia de fecha de los muestreos realizados. Los muestreos se llevaron a cabo del 06 al 16 de junio de 2022. Previo a la salida de campo, se realizó una visita de prospección los días 19 y 20 de mayo de 2022, con el objetivo de delimitar los polígonos de estudio, así como determinar y georreferenciar los sitios de muestreo.

Se registró una riqueza de 11 especies de algas pertenecientes a 10 familias. Dos familias (Dictyotaceae y Ulvaceae) presentaron al mayor número de especies (dos cada una), mientras que las 9 familias restantes estuvieron representadas únicamente a una especie en cada caso. Considerando los grupos generales, el más representativo fue el de algas verdes con 5 especies, seguido por las algas rojas y cafés, con 3 especies en cada caso. En la Tabla V.54 se indican las especies identificadas, ninguna de estas presenta estatus de protección.

Tabla V.54 Especies de algas identificadas.

Género	Especie	Familia	NOM-059	UICN
<i>Acanthophora</i>	<i>muscooides</i>	Rhodomelaceae	N/A	N/A
<i>Acetabularia</i>	<i>schenckii</i>	Polyphysaceae	N/A	N/A
<i>Caulerpa</i>	<i>taxifolia</i>	Caulerpáceae	N/A	N/A
<i>Codium</i>	<i>sp.</i>	Codiaceae	N/A	N/A
<i>Dictyota</i>	<i>dichotoma</i>	Dictyotaceae	N/A	N/A
<i>Ectocarpus</i>	<i>sp.</i>	Ectocarpáceae	N/A	N/A
<i>Enteromorpha</i>	<i>sp.</i>	Ulvaceae	N/A	N/A
<i>Gracilaria</i>	<i>sp.</i>	Gracilariaceae	N/A	N/A
<i>Hypnea</i>	<i>cervicornis</i>	Cystocloniaceae	N/A	N/A
<i>Padina</i>	<i>sp.</i>	Dictyotaceae	N/A	N/A
<i>Rhizophora</i>	<i>mangle</i>	Rhizophoraceae	Amenazada	LC
<i>Ulva</i>	<i>lactuca</i>	Ulvaceae	N/A	N/A

N/A: no aplica

NOM-059: NOM-059-SEMARNAT 2010

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Fuente: Elaboración propia.

Muestreo realizado en enero y febrero de 2024.

La caracterización de la flora marina determinada en campo se presenta en la secuencia de fecha de los muestreos realizados. Los monitoreos se llevaron a cabo del 22 de enero al 01 de febrero de 2024. Se seleccionó un total de 23 puntos de muestreo en el sistema lagunar Santa María-Topolobampo-Ohuira en el Ecosistema Marino del SAR.

Se registró una riqueza de 17 especies de algas. Las algas observadas pertenecen a 14 familias y 15 géneros; 3 familias (Dictyotaceae, Gracilariaceae y Ulvaceae) presentaron el mayor número de especies (dos cada una), mientras que las 11 familias restantes estuvieron representadas por una especie.

Considerando los grupos generales de algas (verdes, rojas y pardas) las algas rojas presentaron la mayor riqueza con 11 especies, seguido por las algas verdes con 4 especies y las pardas con 2 especies.

De las algas registradas en campo, las especies que pertenecen al género *Ulva* presentaron la mayor dominancia, observándose en gran parte de los sitios de monitoreo, con excepción de aquellos donde no se registraron especies de algas. La dominancia de este género se debe a que estas algas son consideradas especies oportunistas en comparación a otros géneros de algas como *Padina* o *Caulerpa*, las cuales fueron observadas en un solo sitio. Además, la dominancia de *Ulva* también sugiere que los sitios monitoreados presentan altos niveles de contaminación, ya que la urbanización y las escorrentías significan aportes de nutrientes favorables para este grupo de algas verdes (Lapointe, 1985).

La bahía de Ohuira presentó la mayor diversidad de especies de algas ya que se registraron los tres grupos: algas verdes, rojas y pardas. Las algas verdes y rojas resultaron los grupos más abundantes y se observaron individuos de estos grupos en todos los sitios muestreados dentro de la bahía, cabe mencionar que en sitios como el Bledo las algas rojas observadas eran representantes de la familia Lithophyllaceae que se caracterizan por formar mantos de rodolitos (algas coralinas con ramificación irregular de vida libre). Este es un dato importante ya que la costa de Sinaloa ha sido una de las poco estudiadas en el Golfo de California y el hallazgo de este grupo algal corresponde con los registros reportados por Aguilar-Rosas y colaboradores (2009).

Las algas pardas estuvieron ausentes en sitios como el Bledo y Punta patos siendo el grupo con la menor riqueza y abundancia dentro de la bahía de Ohuira. La Bahía de Topolobampo también presentó individuos de los tres grupos, sin embargo, de los sitios muestreados dentro de la bahía, Punta Baja representó el sitio con menor diversidad, siendo representado por un solo grupo (algas verdes), mientras que Punta prieta no presentó ningún registro algal. La zona del manglar estuvo representada por las algas verdes las cuales se observaron en todos los transectos con la mayor abundancia, las algas pardas únicamente se observaron en tres transectos, mientras que el grupo de las algas rojas no se presentó en esta zona.

Finalmente, los sitios muestreados dentro de los Puntos de control y la Bahía de Santa María presentaron la menor diversidad. Santa María 1 y el Punto de control 2 resultaron los únicos sitios con registros de grupos algales, siendo las algas verdes el grupo mejor representado, seguido de las algas rojas con una única observación, mientras que las algas pardas resultaron completamente ausentes de estos sitios. Lo anterior podría deberse a que las algas en general requieren de un sustrato al cual fijarse, ya sea rocas conchas e incluso otras algas (Readdie M. et.al, 2006), sin embargo, estos sitios por ser canales de navegación constante e incluso sitios de dragado con fondo compuesto principalmente por arena, no representan un sustrato adecuado para la fijación y colonización de grupos algales.

En la Tabla V.55 se indican las especies identificadas, ninguna de estas con estatus de protección. Posteriormente, se presenta la presencia-ausencia de algas por lugar de monitoreo.

Tabla V.55 Especies de algas identificadas y su estatus de protección.

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	UICN
Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	Alga verde	N/A	N/A
Codiaceae	<i>Codium sp</i>	Alga verde	N/A	N/A
Ulvaceae	<i>Ulva intestinalis</i>	Alga verde	N/A	N/A

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	UICN
Ulvaceae	<i>Ulva lactuca</i>	Alga verde	N/A	N/A
Dictyotaceae	<i>Dictyota sp</i>	Alga parda	N/A	N/A
Dictyotaceae	<i>Padina sp</i>	Alga parda	N/A	N/A
Ceramiales	<i>Ceramium sp</i>	Alga roja	N/A	N/A
Champiaceae	<i>Champia sp</i>	Alga roja	N/A	N/A
Galaxauraceae	<i>Scinaia sp</i>	Alga roja	N/A	N/A
Gelidiaceae	<i>Gelidium sp</i>	Alga roja	N/A	N/A
Gigartinales	<i>Chondrus sp</i>	Alga roja	N/A	N/A
Corallinales	<i>Amphiroa sp.</i>	Alga coralina articulada	N/A	N/A
Halymeniaceae	<i>Halymenia sp.</i>	Alga roja	N/A	N/A
Cystocloniaceae	<i>Hypnea sp.</i>	Alga roja	N/A	N/A
Rhodomelaceae	<i>Polysiphonia sp.</i>	Alga roja	N/A	N/A
Gracilariaceae	<i>Gracilaria pacifica</i>	Alga roja	N/A	N/A
Gracilariaceae	<i>Gracilaria spinigera</i>	Alga roja	N/A	N/A

NOM-059: NOM-059-SEMARNAT-2010
UICN: Unión Internacional de comercio (UICN, 2024)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla V.56 Presencia-ausencia de vegetación por lugar de monitoreo.

Vegetación	Sta María	Topolobampo	Ohuira	Mangle	PC-1	PC-2	PC-3
Algas coralinas incrustantes	0	1	1	0	0	0	0
Algas coralinas articuladas	0	1	0	0	0	0	0
Alga roja	1	1	1	0	0	1	0
Alga café	1	1	1	1	0	0	0
Alga verde	1	1	1	1	0	0	0

PC-1, PC-2, PC-3: Punto de Control 1, Punto de Control 2, Punto de Control 3.
0: Ausencia 1: Presencia.

Fuente: Elaboración propia.

V.3.3.2 Fauna marina registrada en campo

Muestreo realizado en junio de 2022.

La caracterización de la fauna marina determinada en campo se presenta en la secuencia de fecha de los muestreos realizados. Los monitoreos se llevaron a cabo del 22 de enero al 01 de febrero de 2024. Se seleccionó un total de 23 puntos de muestreo en el sistema lagunar Santa María-Topolobampo-Ohuira en el Ecosistema Marino del SAR.

Durante los 11 días de monitoreo se observó un grupo de delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) conformado aproximadamente por 8 a 15 individuos. Los individuos fueron registrados en distintas zonas, siendo en el área de los sitios de control en donde se tuvo una mayor presencia y dentro de los límites del polígono tres.

La presencia de esta especie en estos sitios, pudiera deberse a diversos factores. De acuerdo con las observaciones realizadas durante el periodo de monitoreo, se observó al grupo de delfines llevando a cabo actividades de caza y alimentación en la zona roja (Alta actividad de la siguiente figura), lo que habla de disposición de alimento. También, en tres ocasiones se pudo observar a un grupo de al menos 4 delfines, nadando con una cría, la que se pudo identificar de acuerdo al tamaño en relación con el resto y al comportamiento de protección del grupo; esto pudiera sugerir como una zona de reproducción y/o crianza.

Durante la visita de prospección, se tuvo el avistamiento de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), de la cual se pudo observar por momentos parte de los movimientos que realizó en la zona, principalmente frente al malecón de Topolobampo.

Tabla V.57 Especies de mamíferos marinos observados y su estatus de protección.

Género y especie	Familia	NOM-059	UICN	CITES
<i>Tursiops truncatus</i>	Delphinidae	Pr	LC	Apéndice II
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Balaenopteridae	Pr	LC	Apéndice I

Pr: sujeta a protección especial. LC: preocupación menor (least concern).

NOM-059: NOM-059-SEMARNAT 2010

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

Muestreo realizado en enero y febrero de 2024.

La caracterización de la fauna marina determinada en campo se presenta en la secuencia de fecha de los muestreos realizados. Los monitoreos se llevaron a cabo del 22 de enero al 01 de febrero de 2024. Se seleccionó un total de 23 puntos de muestreo en el sistema lagunar Santa María-Topolobampo-Ohuira en el Ecosistema Marino del SAR.

Invertebrados.

Se registraron 50 organismos diferentes en los transectos de banda y video-transectos realizados, de los cuales 28 pudieron ser identificados a nivel de especie y 13 a nivel de género. El resto de los organismos corresponden a especies de anémonas, ascidias, crustáceos y moluscos que solo pudieron ser identificadas a nivel de clase, subclase, orden, suborden o familia.

En la laguna de Ohuira se registró una riqueza de 26 especies, en la bahía de Topolobampo con 18 especies y la laguna Santa María 12 especies, mientras que en la zona de mangle 16 especies. En contraste, en los puntos de control 1, 2 y 3 no fueron registradas especies de invertebrados.

Al clasificar a los organismos en grandes grupos (Phyla), se ubicó a los moluscos como el grupo dominante con 22 especies (44%), seguido por los artrópodos (cangrejos y similares) con 11 especies (22%), los cnidarios (anémonas y abanicos de mar) con seis especies (12%), los equinodermos (estrellas, erizos y pepinos de mar) con cinco especies (10%), los anélidos (gusanos poliquetos) con 3 especies (6%) y finalmente los cordados (ascidias), briozoos, y esponjas con una especie, respectivamente.

Las especies con el mayor número de registros fueron los cangrejos ermitaños (pagúridos) y el caracol chino negro *Hexaplex nigritus* con el 9.2% de las observaciones totales registradas, cada una. Las esponjas de la clase Demospongiae también representaron uno de los porcentajes mayores con 6.2% de los registros, seguido de los gusanos anélidos *Serpula sp.* con el 5.1% y los caracoles turrítelidos con el 4.6%. Tanto el caracol *Murex sp.*, así como el ermitaño *Clibanarius panamensis* representaron el 4.1% de las observaciones, mientras que el nudibranquio *Coryphellina marcusorum* y el ermitaño *Clibanarius lineatus* representaron el 3.6% de los registros. La ocurrencia del resto de las especies fue menor, por lo que el porcentaje que representaron en el número de registros se encontró por debajo del 3.5%. El tipo de sustrato presente, así como la presencia de mangle, permiten el asentamiento de especies de invertebrados bentónicos como los moluscos y artrópodos, grupos con los mayores porcentajes de ocurrencia.

Cabe resaltar que dos de las especies registradas, el gusano plumero *Branchiomma bairdii* y el briozoo arbustivo *Bugula neritina*, son consideradas especies invasoras. En el caso del gusano plumero, su presencia en Topolobampo ha sido confirmada; mientras que, en el caso del briozoo, su presencia en México es cuestionable, ya que hasta el momento no existen registros oficiales de la especie (Tovar-Hernández et al. 2012; CONABIO, 2015a; CONABIO, 2015b). En la Tabla V.58 se indican las especies identificadas y su estatus de protección.

Tabla V.58 Especies de invertebrados identificados y su estatus de protección.

Nombre científico	Nombre común	Sta María	Topolo-bampo	Mangle	Ohuira	PC-1	PC-2	PC-3	NOM-059	UICN
<i>Aglaoiphena diegensis</i>	Pluma de avestruz	0	1	0	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Atrina maura</i>	Callo de hacha	0	1	0	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Branchiomma bairdi</i>	Gusano plumero	0	0	1	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Bugula neritina</i>	Briozzo arbustivo	0	0	1	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Calcinus californiensis</i>	Cangrejo ermitaño	0	0	1	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Callinectes sapidus</i>	Jaiba azul	1	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Chione californiensis</i>	Almeja arrocera	1	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Chionopsis ornatisima</i>	Almeja china	1	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Clibanarius lineatus</i>	Cangrejo ermitaño	1	0	1	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Clibanarius panamensis</i>	Cangrejo ermitaño	1	0	1	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Coryphellina marcusorum</i>	Nudibranquio	0	1	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Crassostrea corteziensis</i>	Ostión de Cortés	0	1	1	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Ostión de manglar	0	0	1	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Echinaster tenuispina</i>	Estrella de mar	0	0	1	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Echinometra vanbrunti</i>	Erizo morado	0	1	0	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Flabellina cynara</i>	Cynara nadadora	0	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>hexaplex nigritus</i>	Caracol chino negro	0	1	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Hexaplex princeps</i>	Caracol chino rayado	0	1	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Holothuria fuscocinerea</i>	Pepino de mar rosado	0	1	0	0	0	0	0	N/A	LC
<i>Ilioichione subrugosa</i>	Almeja china	1	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Leptogorgia alba</i>	Gorgonia blanca	0	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Megapitaria squalida</i>	Almeja chocolata	0	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Neaxius vivesi</i>	Camarón fantasma	0	1	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Pachycerianthus fimbriatus</i>	Anémoma tubular	0	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Pinctada mazatlanica</i>	Madre perla	0	1	0	0	0	0	0	Pr	N/A
<i>Samla telja</i>	Nudibranquio	0	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
<i>Spondylus crassisquama</i>	Concha espina	0	1	0	0	0	0	0	N/A	N/A
<i>Spondylus limbatus</i>	Almeja burra	0	1	0	0	0	0	0	Pr	N/A

NOM-059: NOM-059-SEMARNAT-2010

UICN: Unión Internacional de comercio (UICN, 2024)

PC-1, PC-2, PC-3: Punto de Control 1, Punto de Control 2, Punto de Control 3.

0: Ausencia

1: Presencia.

Peces.

Con base en los censos visuales y video transectos realizados, se registró una Riqueza de 15 especies de peces, pertenecientes a 13 familias.

El mayor número de especies se registró en la bahía de Topolobampo con 14 especies, seguido por la bahía de Ohuira con 9 especies, bahía de Santa María con 5 especies, zona de mangle con 3 especies, punto de interés 1 con 2 especies, punto de interés 2 con 1 especie y finalmente el punto de interés 3, en el cual no se registró presencia de especies de peces.

Las familias con el mayor número de especies registradas fueron Lutjanidae (pargos) Pomacentridae (damiselas), Serranidae (cabrillas) y Tetraodontidae (botetes), todas estas con 2 especies. En contraste, el 52.94% de las familias de peces estuvieron representadas únicamente por una especie

La especie que tuvo el mayor número de registros fue el pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y la raya redonda de Haller *Urobatis halleri*, ambas con un 16.3% de los registros, seguidos por la cabrilla de roca *Paralabrax maculatofasciatus* con un 15%, el cochito *Balistes polylepis* con un 11.3% y el botete diana *Sphoeroides annulatus* con un 10%.

Destaca el que las especies de peces observadas en la zona de estudio presentaron en su mayoría etapas de desarrollo juvenil y tallas pequeñas, además de un comportamiento altamente evasivo. Estas características (etapa juvenil y comportamiento evasivo) son señales típicas de una elevada presión pesquera sobre las comunidades de peces (Januchowski-Hartley *et al.*, 2011). En la Tabla V.59 se indican las especies identificadas, su estatus de protección e importancia pesquera.

Tabla V.59 Especies de peces observadas por sitio de monitoreo, su estatus de protección e importancia pesquera.

Familia	Especie	Sta María	Topolo-bampo	Ohuira	Mangle	PC-1	PC-2	PC-3	NOM-059	UICN	IP
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigricans</i>	0	1	0	0	0	0	0	N/A	LC	No
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	0	1	1	0	0	0	0	N/A	LC	Si
Carangidae	<i>Caranx sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	N/A	LC	Si
Chaetodontidae	<i>Chaetodon humeralis</i>	0	0	1	0	0	0	0	N/A	LC	No
Gerreidae	<i>Gerres simillimus</i>	0	1	0	0	0	0	0	N/A	LC	Si
Labridae	<i>Halichoeres melanotis</i>	0	0	1	0	0	0	0	N/A	LC	No
Lutjanidae	<i>Hoplopagrus guentherii</i>	0	1	0	0	0	0	0	N/A	LC	Si
Lutjanidae	<i>Lutjanus colorado</i>	0	1	0	0	0	0	0	N/A	LC	Si
Mugilidae	<i>Mugil sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	N/A	LC	Si
Paralichthyidae	<i>Paralichthys aestivalis</i>	1	1	0	0	1	0	0	N/A	DD	Si
Pomacentridae	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0	1	1	0	0	0	0	N/A	LC	No
Pomacentridae	<i>Abudefduf troschelii</i>	0	1	0	0	0	0	0	N/A	LC	No
Serranidae	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	1	1	1	1	0	0	0	N/A	LC	Si
Serranidae	<i>Lutjanus argentiventris</i>	0	1	1	0	0	0	0	N/A	LC	Si
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides lobatus</i>	1	1	1	0	0	0	0	N/A	LC	Si
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i>	1	1	1	1	1	0	0	N/A	LC	Si
Urotrygonidae	<i>Urobatis halleri</i>	1	1	1	1	0	0	0	N/A	LC	Si

NOM-059: NOM-059-SEMARNAT-2010

UICN: Unión Internacional de comercio (UICN, 2024)

IP: Importancia Pesquera conforme a la Carta Nacional Pesquera (IP; DOF, 2023)

0: Ausencia

1: Presencia.

Mamíferos marinos.

Durante el monitoreo submarino se observó un grupo de delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) conformado aproximadamente por 8 a 15 individuos y la presencia de una ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Los individuos fueron registrados en distintos días y zonas a lo largo del complejo lagunar.

El 21 de enero se registró por primera vez la presencia de un individuo de ballena jorobada alimentándose entre Punta San Carlos y Punta Pinto (Bahía de Topolobampo), en compañía de delfines nariz de botella. Posteriormente se registró la presencia de un grupo de delfines nariz de botella en la zona cercana al malecón. El 23 de enero se registró de nuevo la presencia de la ballena jorobada alimentándose frente a Punta San Carlos. El 24 de enero se registró un individuo de ballena jorobada nadando cerca de la zona El Maviri. El 25 de enero se observó un individuo de ballena jorobada en esta ocasión frente al malecón. El 26 de enero se observó a un grupo de delfines nadando cerca de la estación de la CFE, mientras que el 27 de enero se observó un grupo de delfines entre San Carlos y la ASIPONA. El 29 de enero se observó un individuo de ballena jorobada y un grupo de delfines alimentándose entre Punta San Carlos y el malecón. Finalmente, los días 30 y 31 de enero un individuo de ballena jorobada fue observado alimentándose frente a Punta San Carlos y la ASIPONA.

Tabla V.60 Especies de mamíferos marinos identificadas.

Género y especie	Familia	NOM-059	UICN	CITES
<i>Tursiops truncatus</i>	Delphinidae	Pr	LC	Apéndice II
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Balaenopteridae	Pr	LC	Apéndice I

Pr: sujeta a protección especial. LC: preocupación menor (least concern).

NOM-059: NOM-059-SEMARNAT 2010

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

V.3.4 Susceptibilidad de riesgos para el Proyecto

V.3.4.1 Terremotos (sismicidad)

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), clasifica a México en cuatro regiones sísmicas llamadas A, B, C y D que indican el grado de riesgo que existe en caso de que ocurra un sismo. Para la zona A que es considerada como de baja sismicidad, no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. Las otras dos zonas (B y C) son zonas moderadas, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo. La zona D clasificada como severa, es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

El Área de Influencia se ubica en la Región sísmica B y la Región sísmica C. La Región sísmica B está clasificada como baja intensidad y la Región sísmica C como mediana intensidad.

El Proyecto, del cadenamamiento 0+000 al 15+290 se ubica en la zona sísmica B (riesgo medio) y del 15+290 al 81+045 en la zona sísmica C (riesgo alto), de acuerdo a la regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015). Ver Figura V.22.



Figura V.22 Regionalización sísmica

Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

En el Catálogo de sismos del Sistema Sismológico Nacional de la UNAM²¹ se consultó el Área de Influencia con los registros existentes de sismos registrados del 01 de enero de 1900 al 10 de julio de 2024 y se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla V.61.

Tabla V.61 Sismos registrados del año 1900 a 2024.

Fecha	Hora	Magnitud	Profundidad (km)	Referencia de localización
1997/04/12	01:36:23	No calculable	10	27 km al suroeste de Adolfo Ruiz Cortines, Sinaloa.
1998/06/11	20:23:40	3.6	10	18 km al suroeste de Jan José Ríos, Sinaloa.
2004/12/02	12:56:25	4.1	10	41 km al suroeste de los Mochis, Sinaloa.
2016/01/31	15:41:51	3.9	10	12 km al sur de los Mochis, Sinaloa.
2024/03/06	13:11:34	2.8	5	19 km al suroeste de los Mochis, Sinaloa.

Los sismos registrados en los últimos 124 años han sido de muy baja a baja intensidad y su impacto sobre las comunidades costeras ha sido de no perceptible a muy bajo.

V.3.4.2 Corrimientos de tierra

Fallas y fracturas geológicas.

Según CENAPRED, una falla es una discontinuidad que se forma por fractura en las rocas de la corteza terrestre, a lo largo de la cual ha habido movimiento de uno de los lados respecto del otro. Las fallas se forman por esfuerzos tectónicos actuantes en la corteza. La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada plano de falla. El fallamiento (o formación de fallas) es uno de los procesos geológicos fundamentales en la formación de montañas.

En la Figura V.23 se indican las fallas y fracturas geológicas más cercanas a la ubicación del Proyecto.

²¹ Sistema Sismológico Nacional de la UNAM. Catálogo. Consultado en: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>

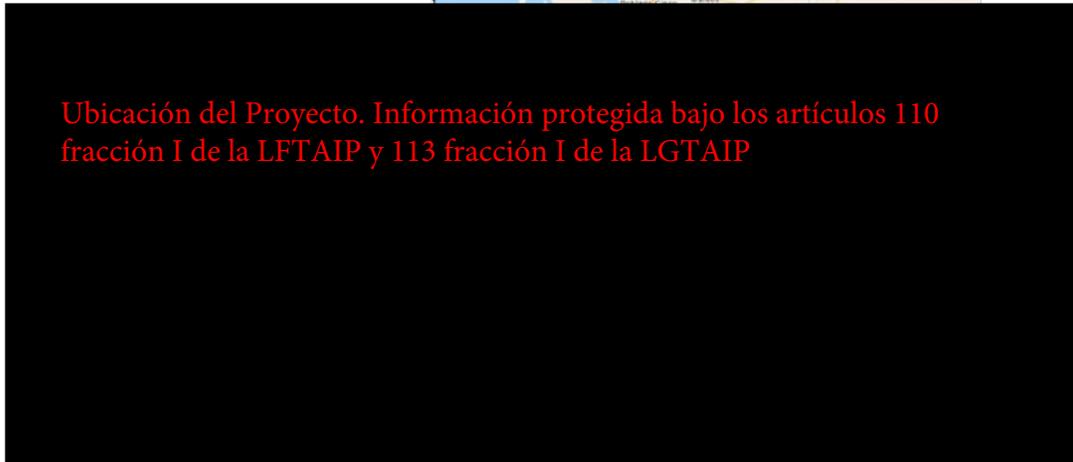


Figura V.23 Fallas y fracturas geológicas

Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, cerca de la ubicación del Proyecto se presentan fallas geológicas, siendo estas de tipo falla normal, en la Tabla V.62 se indican los datos.

Tabla V.62 Ubicación de fallas y fracturas

Cadenamiento	Ubicación	Distancia (km)	Tipo
0+000	Noreste	2.81	Falla normal
0+000	Sureste	4.00	Falla normal
0+000	Sureste	1.54	Falla normal
31+000	Noroeste	6.58	Falla normal

Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

A continuación, se caracterizará este riesgo para el Área de Influencia en su porción comprendida por municipio y retomando la categoría de deslizamientos de tierra como lo indica la bibliografía citada.

⊕ Municipio de Ahome²²: el Área de Influencia no presenta este tipo de riesgo.

⊕ Municipio El Fuerte²³: existe el riesgo en la parte sur del municipio con un rango medio y un rango muy bajo para el Área de Influencia.

Deslizamientos.

Un deslizamiento es un movimiento de roca o material poco consolidado pendiente abajo a lo largo de una o varias superficies planas o cóncavas denominadas superficies de deslizamiento. Teniendo en cuenta la geología y el relieve del área que ocupa Proyecto, es poco probable la incidencia de este tipo de fenómenos, no existen posibilidades de derrumbes o deslizamientos de capas del suelo, la probabilidad de que ocurra este tipo de eventos es baja. Siendo que el Gasoducto se ubica a más de 123 km de la región con potencial de deslizamiento nombrada Golfo Cal-Chih-Durango. Ver Figura V.24.

²² Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Ahome. Consultado en: <https://implanahome.gob.mx/Informaci%C3%B3ndeRiesgos.html>

²³ Peligros Naturales del municipio El Fuerte: Consultado en: <http://www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/InformacionBasicaMunicipal/Sinaloa/25010.pdf>

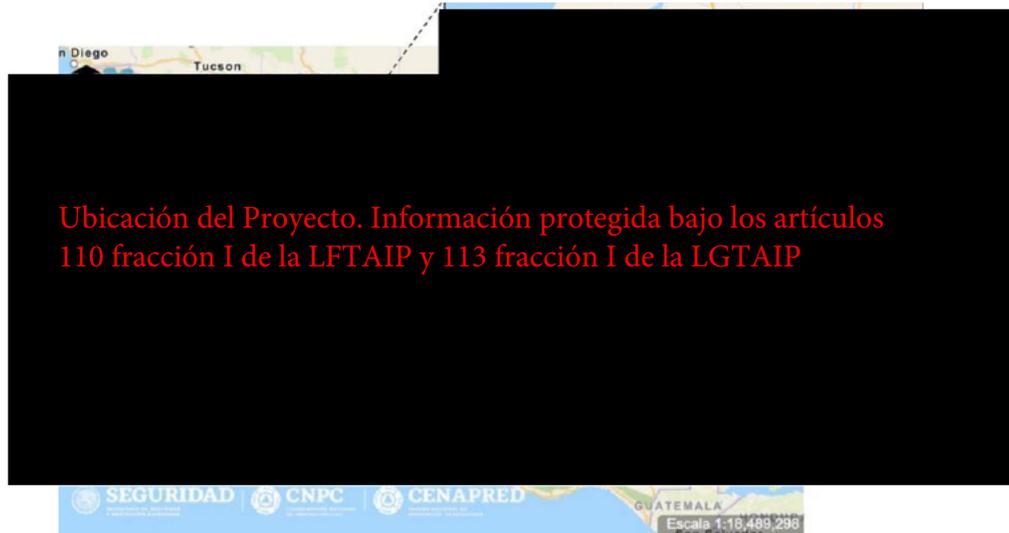


Figura V.24 Riesgos potenciales de deslizamientos
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

V.3.4.3 Derrumbamientos o hundimientos

En regiones donde se efectúa extracción de agua subterránea mediante bombeo profundo, es común observar hundimientos de la superficie natural del terreno. Mientras mayor sea el volumen de agua que se extrae del subsuelo, los estragos de la compresión volumétrica serán de mayor proporción, llegando a manifestarse no solamente en el hundimiento del terreno, sino por desplazamientos relativos en el sentido horizontal, que originan la formación de grietas de tensión de manera alarmante y peligrosa para los habitantes. El hundimiento regional se manifiesta por el descenso de la superficie de una extensión determinada del terreno natural. Este problema se encuentra asociado con la extracción de agua subterránea. Los hundimientos locales son causados por el colapso de la superficie del terreno natural en zonas donde existen cavidades subterráneas. Cuando se presenta un derrumbe de este tipo, normalmente es súbito y devastador, formando verdaderos cráteres o huecos verticales.

Referente a riesgos por suelos inestables, derrumbes y hundimiento (movimiento de la tierra), estos fenómenos se dan de manera natural en zonas montañosas y particularmente en zonas urbanas poco planificadas, carreteras, vías de ferrocarril y minas, debido a que la construcción de obras se ha realizado sin respetar el límite natural de peligrosidad del mismo. En los sitios que se han visto afectados por estos eventos, predomina el suelo aluvial y algunos descansan sobre rocas calizas. Teniendo en cuenta la geología y el relieve del área que ocupa el Proyecto, la posibilidad de incidencia de este tipo de fenómenos es muy baja.

En la Figura V.25 se muestran los municipios en los cuales se han presentado hundimientos o agrietamientos, se refleja que en la ubicación del gasoducto no inciden este tipo de eventos.

Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Figura V.25 Municipios que han presentado hundimientos o agrietamientos
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Respecto a riesgo por derrumbes en el Área de Influencia, tenemos que:

- ⊕ Municipio de Ahome¹⁴: el Área de Influencia no presenta este tipo de riesgo.
- ⊕ Municipio El Fuerte¹⁵: existe el riesgo en la parte sur del municipio con un rango medio y un rango muy bajo para el Área de Influencia.

V.3.4.4 Inundaciones (historial de 10 años)

Las inundaciones pueden ocurrir por lluvias en la región, por desbordamiento de ríos, ascenso del nivel medio del mar, por la rotura de bordos, diques y presas, o bien, por las descargas de agua de los embalses. Entre los factores importantes que condicionan a las inundaciones están la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos. Cuando en un río se incrementa en poco tiempo la cantidad de agua que fluye en él, ya sea por el ingreso de agua de lluvia o por las descargas de una presa, se dice que se ha producido una avenida. En la Figura V.26, se presenta el mapa de índice de peligro por inundación para México.

Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Figura V.26 Índice de peligro por inundación
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

La presencia de ciclones y tormentas tropicales genera inundaciones, lo que representa diversos grados de peligro. El peligro alto tiene efectos en decesos y daños extraordinarios, como consecuencia de asentamientos irregulares en cauces, planicies de inundación o aguas debajo de presas o bordo. El gasoducto presenta índice de peligro por inundación variado.

El riesgo de inundaciones en el Área de Influencia por municipio, está dado de la siguiente forma:

- ⊕ Municipio de Ahome¹⁴ existe este riesgo en el Área de Influencia debido al drenaje deficiente del terreno y el rango de riesgo es de media a bajo; se origina por la combinación de lluvias torrenciales más el desborde fluvial del margen derecho del río El Fuerte en la zona de valles y las planicies agrícolas.
- ⊕ Municipio El Fuerte¹⁵: el Área de Influencia no presenta este tipo de riesgo.

En la Tabla V.63 se señala el índice de peligro por inundación para el Proyecto, presentando un índice entre alto y muy alto de peligro por inundación.

Tabla V.63 Índice de peligro por inundaciones

km inicial (cadenamiento)	km final (cadenamiento)	Grado de riesgo
Ducto terrestre		
0+000	28+700	Alto
28+700	75+442	Muy alto
Línea sumergida		
75+442	81+045	Muy alto

Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

V.3.4.5 Pérdidas de suelo debido a la erosión

La degradación del suelo por erosión consiste en el desgaste o la pérdida paulatina de los horizontes edáficos la cual puede presentarse de manera areal (erosión laminar) o de manera lineal (cárcavas), por agentes hídricos, eólicos, kársticos, marinos y glaciales, siendo los dos primeros los más representativos en el territorio mexicano. A pesar de que la erosión constituye un proceso natural, las actividades humanas pueden incrementar la velocidad de erosión con efectos ambientales más severos que los que ocurren de manera natural.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través del Inventario Nacional de Suelos, realizó la actualización de la evaluación de la degradación del suelo, causada por el hombre a nivel nacional. Dentro de los principales resultados muestran un 45 % del territorio en proceso de degradación (89 millones de hectáreas), entre los que se muestran los procesos de degradación química en 18% (36 millones de hectáreas), erosión hídrica en 12% (24 millones de hectáreas), la erosión eólica en 9% (18 millones de hectáreas) y la degradación física en 6% (12 millones de hectáreas).

En la Tabla V.64 se enlistan las características en cuanto a degradación del suelo para la ubicación del Proyecto.

Tabla V.64 Degradación de suelos

Cadenamiento del ducto	Tipo de degradación	Grado	Causa
Ducto terrestre			
0+000 al 43+200	Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Actividades agrícolas
43+200 al 66+000	Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Moderado	Actividades agrícolas
66+000 al 75+442	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Cadenamiento del ducto	Tipo de degradación	Grado	Causa
Línea sumergida			
75+442 al 81+045	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Fuente: CONABIO. Degradación del suelo en la República Mexicana.

De igual forma, en la MIA-R GCN, Capítulo IV, inciso IV.2.1.1.7 Erosión, se explica a detalle la metodología y los resultados del cálculo de la erosión del Área de Influencia, cuyos resultados establecen que la Tasa de pérdida de suelo por erosión hídrica es de 41.7696 ton/ha/año, clasificada como Moderada; la Tasa de pérdida de suelo por erosión eólica es de 37.2197 ton/ha/año, clasificada como Ligera, dando como resultado que la Erosión Potencial es de 284,502.02 ton/mes.

V.3.4.6 Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión

En el estado de Sinaloa existe escasez del recurso hídrico superficial, esta falta de agua en el estado ha generado la instalación de obras hidráulicas, así como la extracción del recurso de los mantos acuíferos. Del volumen extraído a partir de los mantos acuíferos, 93% se utiliza para agricultura, 4.8% en uso doméstico y comercial, 1.5% en la industria y 0.7% en pecuario o recreativo.

Por otra, parte, en los atlas de riesgo del municipio de Ahome¹⁴ y El Fuerte¹⁵, no se indica este tipo de riesgo.

V.3.4.7 Riesgos radiológicos

Las posibilidades de riesgos radioactivos son nulas, ya que las zonas en las que se ubica el gasoducto no existen fuentes naturales o artificiales que los puedan ocasionar, además de que no se manejan sustancias consideradas como radioactivas.

V.3.4.8 Huracanes o ciclones tropicales

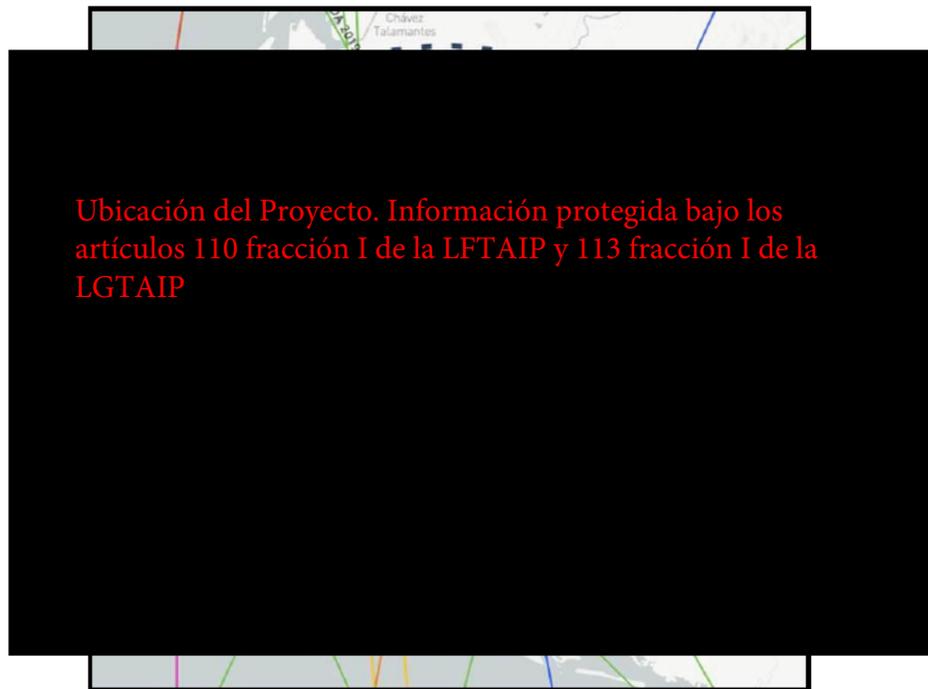
Un ciclón tropical consiste en una gran masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central de baja presión. Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o la intensidad de sus vientos, se les denomina depresión tropical (presión de 1,008 a 1,005 mb o velocidad del viento menor a 63 km/h), tormenta tropical (presión de 1,004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h) y huracán (presión menor a 984 mb o velocidad del viento mayor a 119 km/h), se clasifican de acuerdo con la escala de ciclones Saffir-Simpson.

En la Tabla V.65 y Figura V.27 se indican los principales datos de los fenómenos meteorológicos extremos que han cruzado en un radio de 50 km (tomando la parte media del trazo del Ducto terrestre como centro) y que incluye el Área de Influencia.

Tabla V.65 Fenómenos meteorológicos extremos en un radio de 50 km.

Nombre	Año	Categoría
Sin nombre	1959	Tormenta tropical
Katrina	1972	Tormenta tropical
Irah	1973	Tormenta tropical
Liza	1976	Huracán categoría 4
Lidia	1981	Tormenta tropical
Paul	1982	Huracán categoría 2
Ismael	1995	Huracán categoría 1
Sin nombre	2004	Depresión tropical
Norman	2012	Tormenta tropical
Narda	2019	Tormenta tropical

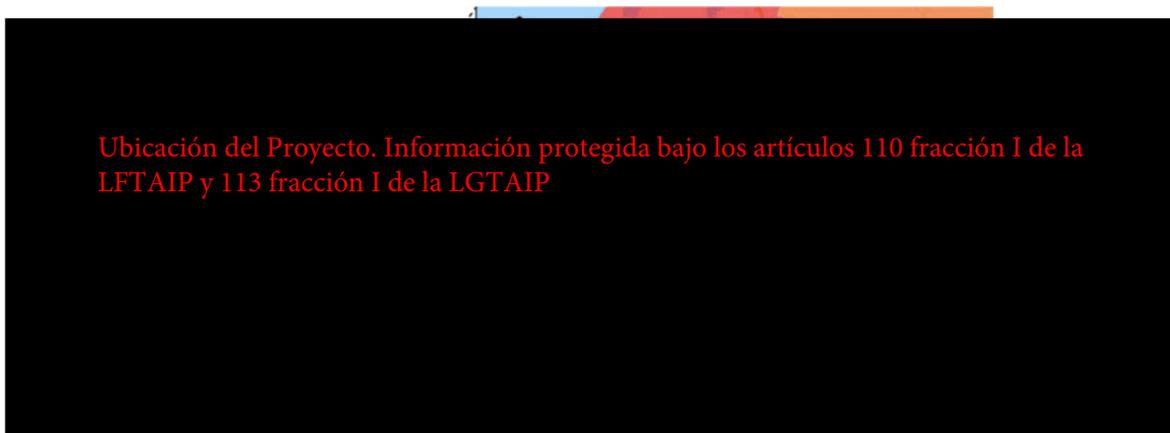
Fuente: <https://cost.noaa.gov>



Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Figura V.27 Trayectoria de fenómenos meteorológicos extremos.
Fuente: <https://coast.noaa.gov>

El sitio de ubicación del Proyecto presenta riesgo de alto a muy alto por presencia de ciclones tropicales (ver Figura V.28), presentándose lluvias que pueden provocar inundaciones en determinadas temporadas del año, los elementos vulnerables ante este fenómeno son los asentamientos humanos, así como la infraestructura o servicios. En la Tabla V.66 se indican las instalaciones que tienen riesgo de susceptibilidad ante estos eventos.



Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP

Figura V.28 Grado de riesgo por ciclones tropicales
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Tabla V.66 Grado de riesgo por ciclones tropicales

km inicial (cadenamiento)	km final (cadenamiento)	Grado de riesgo
Ducto terrestre		
0+000	28+700	Alto
28+700	75+442	Muy alto

km inicial (cadenamiento)	km final (cadenamiento)	Grado de riesgo
Línea sumergida		
75+442	81+045	Muy alto

Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

En el municipio de Ahome el efecto de huracanes ocurre solo cuando estos ingresan al Mar de Cortés. Los cuales llegan a causar inundaciones debido a la gran cantidad de agua que transportan, y el terreno en el que se encuentra situada la población. El periodo comprendido entre los meses de julio y octubre es el que se considera con mayor riesgo de la presencia de fenómenos como ciclones y/o huracanes. Año con año las afectaciones por fenómenos meteorológicos se han convertido en una constante durante la temporada de lluvias; perturbaciones atmosféricas como huracanes, tormentas tropicales, depresiones tropicales, lluvias torrenciales inundaciones y tormentas de invierno, originadas en el Océano Pacífico impactan directamente o en zonas colindantes. En los últimos 15 años han azotado la región un total de 7 fenómenos meteorológicos clasificados en: tres huracanes, tres tormentas y una depresión tropicales, las cuales, como consecuencia dejaron inundaciones y pérdidas que afectaron a la población y la economía de la región.

V.3.4.9 Otros efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, entre otros)

Sequías.

La sequía es un evento meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas. Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios de las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera, generados por modificaciones en el albedo superficial, la existencia de una espesa capa de polvo en la atmósfera, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos y mares e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono, ocasionan variaciones espaciotemporales de las precipitaciones.

En lo que respecta el estado de Sinaloa, al igual que en los demás estados de le República Mexicana, ha sido históricamente afectado por las sequias recurrentes, actualmente el municipio de Ahome la falta de lluvias se está agudizando por lo que hay plantas potabilizadoras que ya tienen dificultades para operar los bajos niveles de agua cruda que arrastran los canales que las abastecen.

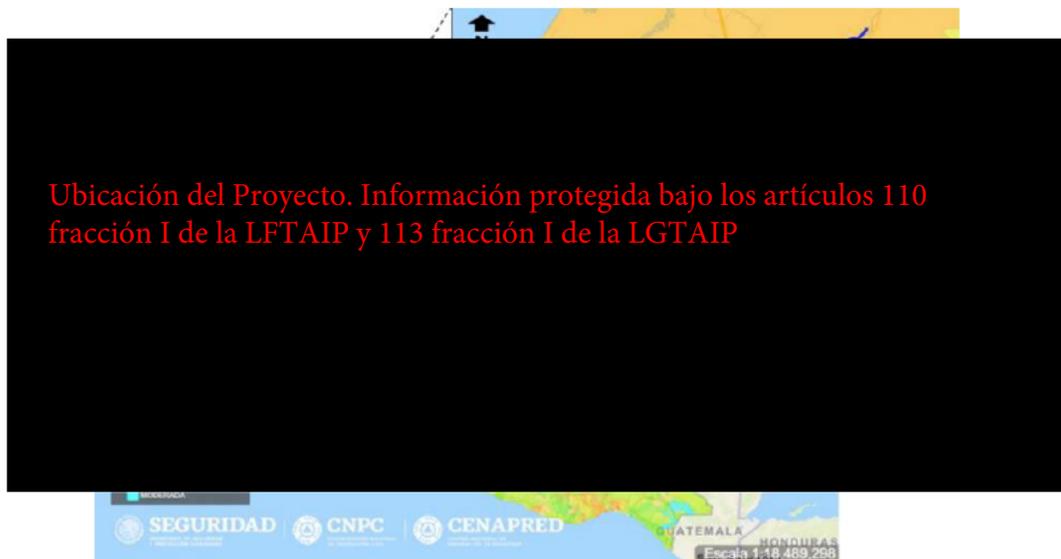


Figura V.29 Grado de peligro por sequía

Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

De acuerdo con datos publicados por el Centro de Investigación Sobre Sequía, la zona de ubicación del Proyecto, se localiza en una franja de condiciones de humedad que varían de normal húmeda a normal seca y solo en el mes de mayo se ha observado la condición de anormal seca. Sin embargo, la zona presenta grado de peligro por sequía muy vasta (ver Figura V.29).

Heladas.

De acuerdo con CENAPRED (2001), ocurre una helada cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0 °C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas, presentándose generalmente en las madrugadas o cuando está amaneciendo.

La presencia de las heladas se ha vuelto una realidad en el Sinaloa, ocurren de manera general en el invierno, provocadas por masas de aire polar y los frentes fríos, estos últimos se presentan de manera estacionaria, dejando un panorama adverso para el campo, para inicios del 2024 en el estado de Sinaloa las temperaturas oscilaron en los dos grados y aproximadamente mil hectáreas sufrieron daños por estas inclemencias del clima, donde se vieron afectados los cultivos de maíz, frijol, tomatillo y calabaza, principalmente. Para la ubicación del Proyecto la frecuencia de heladas es de 1 a 60 días al año (ver Figura V.30).

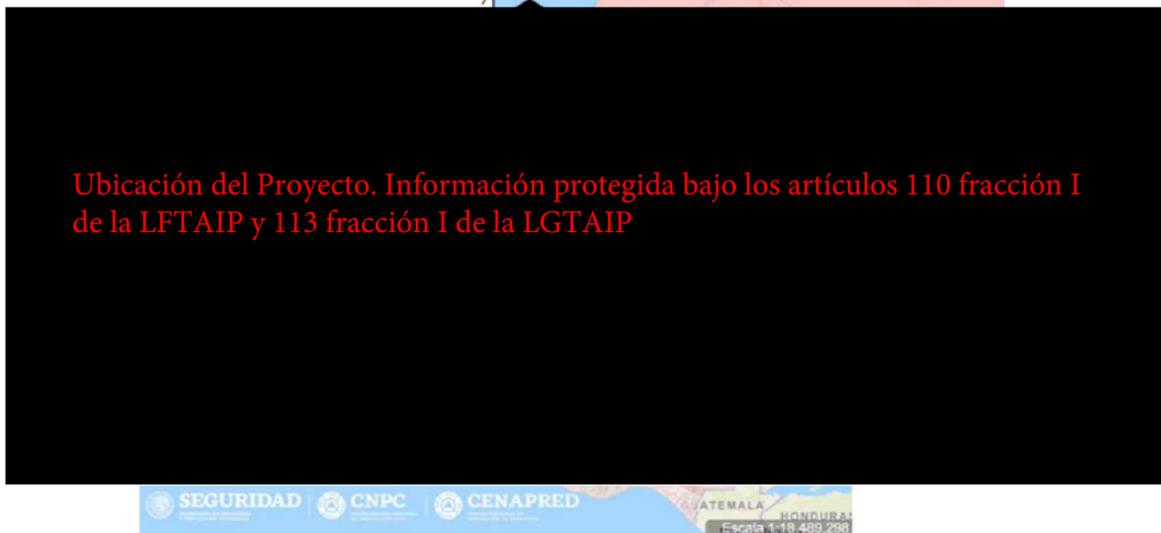


Figura V.30 Número de días con heladas por municipio
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Granizadas.

Las granizadas no guardan un patrón de comportamiento definido, pero generalmente suceden en la época en que las precipitaciones son de tipo tempestuoso. En casi la totalidad del estado de Sinaloa, la frecuencia de granizadas no rebasa el promedio de dos días al año, por lo que, estas son inapreciables, para la ubicación del Proyecto se presenta índice de peligro bajo por tormentas de granizo (ver Figura V.31).

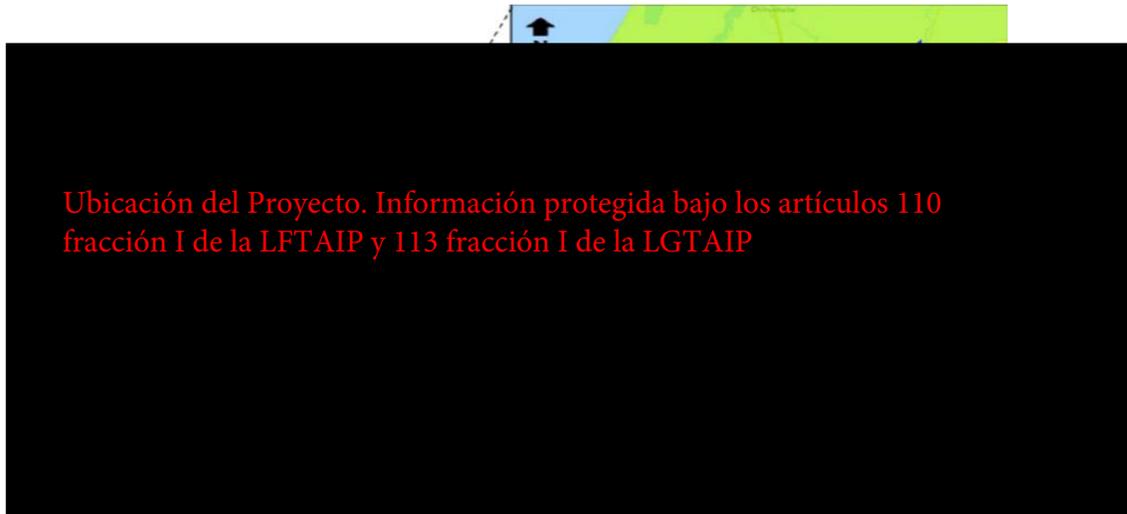


Figura V.31 Índice de peligro por tormentas de granizo
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

V.3.5 Evaluación de proximidades a 500 metros

El trazo del Proyecto, cruza por una serie de carreteras, caminos, brechas y terracerías, así como diversos cuerpos y corrientes de agua perennes e intermitentes, canales de agua, ciudades, poblados y diversas comunidades, así como zonas de cultivo.

V.3.5.1 Zonas vulnerables de población: casas, poblaciones, escuelas, hospitales, centros comerciales, templos, unidades habitacionales de alta densidad, parques, entre otros

En la Tabla V.67, se presenta las proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables, en un entorno de 800 metros a ambos lados del DDV del Ducto.

Tabla V.67 Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población entorno a franja de 800 metros

Tipo de zona vulnerable	Nombre de la zona vulnerable	Ubicación (punto cardinal)	Distancia al ducto (m)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Ducto terrestre						
Localidad rural	Se ubica la localidad rural Buenavista, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 458 habitantes.	Oeste	386 - 800	Proximidad	0+000	2+000
Ducto terrestre	Se ubica la localidad rural Los Ganchos, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 2 habitantes.	Sur	128	Proximidad	4+110	4+250

Tipo de zona vulnerable	Nombre de la zona vulnerable	Ubicación (punto cardinal)	Distancia al ducto (m)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Localidad rural	Se ubica la localidad rural El Opochi, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 35 habitantes.	Sur	195	Proximidad	5+000	5+400
Edificación	Se ubica panteón El Opochi.	Sureste	249	Proximidad	5+779	5+880
Localidad rural	Se ubica la localidad rural Rancho de Los Pachecos, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 125 habitantes.	Sureste	281	Proximidad	6+400	7+232

Tipo de zona vulnerable	Nombre de la zona vulnerable	Ubicación (punto cardinal)	Distancia al ducto (m)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Localidad rural	Se ubica la localidad rural La Palma, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 906 habitantes.	Sureste – Sur	351 - 800	Proximidad	12+937	13+503
Localidad rural	Se ubica la localidad Jahuara Primero (Los Leyva), municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 553 habitantes.	Sureste	627 – 800	Proximidad	19+000	20+000
Localidad rural	Se ubica la localidad El Carricito, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 267 habitantes.	Sur	600 - 800	Proximidad	21+616	22+358
Localidad rural	Se ubica la localidad La Línea, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 337 habitantes.	Sur	407 – 800	Proximidad	27+500	28+200
Localidad rural	Se ubica la localidad La Haciendita, municipio El Fuerte, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 1 habitantes.	Sur	554	Proximidad	28+311	28+500
Escuela	Preescolar Felicitas Cabanillas Roble en la localidad La Bajada de San Miguel, municipio Ahome, Sinaloa.	Sureste	461	Proximidad	31+605	31+800
Escuela	Primaria Venustiano Carranza en la localidad La Bajada de San Miguel, municipio Ahome, Sinaloa.	Sureste	772	Proximidad	31+605	31+800
Localidad rural	Se ubica la localidad La Bajada de San Miguel, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 470 habitantes.	Este – Sur	312 – 800	Proximidad	31+514	32+380
Localidad rural	Se ubica la localidad Juricahui, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 133 habitantes.	Oeste	319	Proximidad	32+730	33+00
Localidad rural	Se ubica la localidad Las Palmitas, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 15 habitantes.	Este	196	Proximidad	33+000	33+200
Localidad rural	Se ubica la localidad Campo Douriet, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 6 habitantes.	Oeste	450	Proximidad	33+348	33+400
Localidad rural	Se ubica la localidad San Miguel, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 8 habitantes.	Este	423	Proximidad	37+370	37+548
Localidad rural	Se ubica la localidad Rancho Vinoramas, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 43 habitantes.	Este	673	Proximidad	37+865	38+000
Localidad rural	Se ubican las localidades San Miguelito y El Algarrobal, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 0 y 1 habitantes respectivamente.	Oeste	307 – 800	Proximidad	46+000	47+000
Localidad rural	Se ubican las localidades San Miguelito y Megablock, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 2 y 0 habitantes respectivamente.	Este	89 - 800	Proximidad	46+553	47+000
Localidad rural	Se ubica la localidad Bojórquez municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 1 habitantes.	Oeste	631	Proximidad	48+000	48+100

Tipo de zona vulnerable	Nombre de la zona vulnerable	Ubicación (punto cardinal)	Distancia al ducto (m)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Localidad rural	Se ubica la localidad Ejido Rosendo G. Castro, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 702 habitantes.	Oeste	259 – 800	Proximidad	71+400	72+250

Tipo de zona vulnerable	Nombre de la zona vulnerable	Ubicación (punto cardinal)	Distancia al ducto (m)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Localidad rural	Se ubica la localidad Ejido Topolobampo, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 111 habitantes.	Oeste	280 – 800	Proximidad	72+250	72+700
Escuela	Primaria Jaime Nunó/ Preescolar Martín González Vázquez, en la localidad Bojórquez, municipio Ahome.	Oeste	430 – 620	Proximidad	71+460	71+700
Localidad urbana	Se ubica la localidad Topolobampo, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 6198 habitantes.	Este – Oeste	100 - 200	Proximidad	73+090	75+442
Escuela	Se ubica el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 13 (CETMAR).	Oeste	380	Proximidad	74+185	75+442
Línea sumergida (Costa Topolobampo – Estación Topolobampo)						
Localidad urbana	Se ubica la localidad Topolobampo, municipio Ahome, Sinaloa. Población Censo INEGI 2020: 6198 habitantes.	Norte Este Sureste Noroeste	100	Proximidad	75+442	78+000
Escuela	Se ubica el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 13 (CETMAR).	Noroeste	290	Proximidad	75+442	75+800

Fuente: INEGI: Mapa Digital de México.

V.3.5.2 Componentes ambientales: Cuerpos de agua, áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal o municipal, regiones hidrológicas prioritarias, regiones marinas prioritarias, regiones terrestres prioritarias, áreas de importancia para la conservación de aves, sitios Ramsar

En la Tabla V.68 se presenta un desglose de los componentes ambientales que tienen injerencia en el Proyecto.

Tabla V.68 Proximidades y cruzamientos con componentes ambientales franja de 800 metros a ambos lados del DDV

Tipo de componente ambiental	Nombre	Descripción breve	Ubicación (punto cardinal)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Para proximidades, distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cadenamiento	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Ducto terrestre							
Cuerpo / corriente de agua	Río Fuerte	Cuerpo de agua perenne	Este – Sur	Proximidad	170 – 800	0+000	2+794
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	7+408.26	7+468.26
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	7+743.50	7+803.50
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	8+871.45	8+931.45
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	9+441.04	9+501.04
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	9+774.86	9+834.86
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	10+808.80	10+868.80
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	11+966.83	12+026.83
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	13+292.62	13+352.62
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	13+754.58	13+793.96
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	14+328.76	14+388.76
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	14+600.04	14+660.04
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	15+203.38	15+263.38
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	15+263.38	15+267.58
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	16+096.38	16+156.38

Tipo de componente ambiental	Nombre	Descripción breve	Ubicación (punto cardinal)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Para proximidades, distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cadenamiento	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	16+616.85	16+676.85
Cuerpo / corriente de agua	Sin nombre	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	17+829.79	17+889.79
Cuerpo / corriente de agua	Aguaje Amargo	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	22+885.36	22+945.36
Cuerpo / corriente de agua	Abolillos	Corriente de agua intermitente	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	23+075.13	23+135.13
Cuerpo / corriente de agua	Río Fuerte	Corriente de agua perenne	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	31+112.00	31+912.00
Región Marina Prioritaria	No aplica	No se encuentra cerca o dentro de alguna RMP (considerando la franja de 800 m).	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Región Terrestre Prioritaria	Marismas Topolobampo-Caimanero	RTP No. 22. RTP No. 22, se ubica en el estado de Sinaloa, en los municipios de Ahome, Angostura, Culiacán, Guasave, Mocorito; tiene una extensión de 4,203 kilómetro ²	Cruzamiento	Cruzamiento		60+000	75+442
Área de importancia para la conservación de las aves	No aplica	No se encuentra cerca o dentro de algún Sitio Ramsar (considerando la franja de 800 m).	No aplica	No aplica	Abarca la franja de 800 metros a ambos lados del gasoducto	No aplica	No aplica
Sitio Ramsar	Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira	Sitio Ramsar Núm. 2025. Se ubica en el estado de Sinaloa, abarca 22,500 ha. Patrimonio de la Humanidad, Reserva de la Biosfera de la UNESCO. Sistema de tres lagunas costeras, con un total de ocho islas: seis en la Bahía de Ohuira, una en la Bahía de Topolobampo y una en la Bahía de Santa María. El sitio se encuentra dentro del Área de Protección de Flora y Fauna "Islas del Golfo de California", sitio natural Patrimonio de la Humanidad y Reserva de la Biosfera de la UNESCO.	Cruzamiento	Cruzamiento	Abarca la franja de 800 metros a ambos lados del gasoducto	72+000	74+000
Linea sumergida							
Cuerpo / corriente de agua	Zona marina	Zona marina	Cruzamiento	Cruzamiento	Cruzamiento	76+410	81+045
Área Natural Protegida	Islas del Golfo de California	Área de Protección de Flora y Fauna.	Oeste	Proximidad	329 - 800	78+000	79+000

Tipo de componente ambiental	Nombre	Descripción breve	Ubicación (punto cardinal)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Para proximidades, distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cadenamiento	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
		Se ubica en los Estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. Superficie Total: 374,553.63 ha. Fecha de Decreto: 02/08/1978					
Región Hidrológica Prioritaria	Bahía de Ohuira-Ensenada del Pabellón	RHP No. 19, se ubica en el estado de Sinaloa, extensión de 4,433.79 kilómetro ² .	Cruzamiento	Cruzamiento	Abarca la franja de 800 m a ambos lados del gasoducto	75+442	79+000
Región Marina Prioritaria	No aplica	No se encuentra cerca o dentro de alguna RMP (considerando la franja de 800 m).	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Región Terrestre Prioritaria	Marismas Topolobampo-Caimanero	RTP No. 22. RTP No. 22, se ubica en el estado de Sinaloa, en los municipios de Ahome, Angostura, Culiacán, Guasave, Mocorito; tiene una extensión de 4,203 kilómetro ²	Cruzamiento	Cruzamiento	Abarca la franja de 800 m a ambos lados del gasoducto	75+442	81+045
Área de importancia para la conservación de las aves	Bahía Navachiste	AICA No. 227, tiene una superficie de 49991.904471, en el AICA se encuentran más de 15,000 aves acuáticas, 100,000 aves playeras, 234 especies de aves.	Cruzamiento	Cruzamiento	Abarca la franja de 800 m a ambos lados del gasoducto	80+217	81+045
Sitio Ramsar	Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira	Sitio Ramsar Núm. 2025. Se ubica en el estado de Sinaloa, abarca 22,500 ha. Patrimonio de la Humanidad, Reserva de la Biosfera de la UNESCO. Sistema de tres lagunas costeras, con un total de ocho islas: seis en la Bahía de Ohuira, una en la Bahía de Topolobampo y una en la Bahía de Santa María. El sitio se encuentra dentro del Área de Protección de Flora y Fauna "Islas del Golfo	Cruzamiento	Cruzamiento	Abarca la franja de 800 metros a ambos lados del gasoducto	75+928	81+045

Tipo de componente ambiental	Nombre	Descripción breve	Ubicación (punto cardinal)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Para proximidades, distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cadenamiento	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
		de California", sitio natural Patrimonio de la Humanidad y Reserva de la Biosfera de la UNESCO.					

Fuente: INEGI: Mapa Digital de México.

Como se puede observar, de los datos presentados en la tabla anterior, únicamente la Línea sumergida se inserta dentro de los siguientes componentes ambientales:

- ⊕ Cuerpo de agua marino: Zona marina.
- ⊕ Región Terrestre Prioritaria No. 22: Marismas Topolobampo - Caimanero.
- ⊕ Área de Importancia para la Conservación de las Aves No. 227: Bahía Navachiste.
- ⊕ Sitio RAMSAR No. 2025: Laguna de Santa María-Topolobampo-Ohuira.

V.3.5.3 Infraestructura vial (carreteras y ferrocarril) e industrial (ductos, líneas de alta tensión y plantas industriales)

En la Tabla V.69, se describe la ubicación de la infraestructura, así como su proximidad al Proyecto, correspondiente a una franja de 800 metros a ambos lados del DDV y a lo largo de toda la trayectoria de este.

Tabla V.69 Proximidades con infraestructura en el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados

Tipo de infraestructura	Nombre	Ubicación (punto cardinal)	Distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Ducto terrestre					
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	3+342.00	3+502.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	5+467.13	5+487.13
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	6+749.40	6+769.40
Carretera	Carretera municipal	Cruzamiento	Cruzamiento	8+145.31	8+185.31
Carretera	Carretera municipal	Cruzamiento	Cruzamiento	9+586.97	9+626.97
Línea de distribución	Línea de distribución	Cruzamiento	Cruzamiento	13+039.11	13+059.11
Acueducto	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	13+367.96	13+387.96
Carretera	Carretera municipal	Cruzamiento	Cruzamiento	13+714.58	13+754.58
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	13+885.57	13+905.57
Pista de aviación	Pista de aviación	Cruzamiento	Cruzamiento	14+999.75	15+099.75
Camino	Camino - Vereda	Cruzamiento	Cruzamiento	17+472.47	17+492.47
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	18+027.74	18+047.74
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	18+776.55	18+796.55
Camino	Camino - Vereda	Cruzamiento	Cruzamiento	20+014.86	20+034.86
Camino	Camino - Vereda	Cruzamiento	Cruzamiento	21+557.67	21+577.67
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	22+590.00	22+690.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	22+590.00	22+690.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	24+135.13	24+155.13
Camino	Camino - Vereda	Cruzamiento	Cruzamiento	26+278.00	26+378.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	26+278.00	26+378.00

Tipo de infraestructura	Nombre	Ubicación (punto cardinal)	Distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Instalación industrial	CC Noroeste (Topoll) Termoeléctrica Topolobampo II	Norte	512 – 800	27+000	28+817
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	27+234.00	27+584.00
Canal -Dren	Cahuinahua	Cruzamiento	Cruzamiento	27+234.00	27+584.00
Camino	Camino	Cruzamiento	Cruzamiento	27+234.00	27+584.00
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	28+610.00	28+710.00
Canal -Dren	Lateral Higueras	Cruzamiento	Cruzamiento	28+912.00	29+262.00
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	28+912.00	29+262.00
Canal -Dren	Lateral Natoches	Cruzamiento	Cruzamiento	29+734.00	29+844.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	29+734.00	29+844.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	31+112.00	31+912.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	31+970.54	32+030.54
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	33+228.00	33+578.00
Canal -Dren	Lateral Sicae	Cruzamiento	Cruzamiento	33+228.00	33+578.00
Camino	Camino	Cruzamiento	Cruzamiento	33+228.00	33+578.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	35+316.75	35+376.75
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	35+875.00	35+995.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	36+657.00	36+802.00
Carretera	Carretera Federal	Cruzamiento	Cruzamiento	36+657.00	36+802.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	39+011.00	39+161.00
Canal -Dren	Dren San Miguel	Cruzamiento	Cruzamiento	39+011.00	39+161.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	39+533.00	39+683.00
Canal -Dren	Dren 10	Cruzamiento	Cruzamiento	39+966.00	40+086.00
Canal -Dren	Camacho	Cruzamiento	Cruzamiento	40+364.00	40+484.00
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	42+287.00	42+487.00
Canal -Dren	Sublateral Sevelbampo	Cruzamiento	Cruzamiento	42+287.00	42+487.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	42+287.00	42+487.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	43+025.94	43+085.94
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	43+289.23	43+349.23
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	43+408.07	43+468.07
Canal	Canal -Dren	Cruzamiento	Cruzamiento	43+575.66	43+635.66
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	44+196.31	44+256.31
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	44+465.76	44+525.76
Canal -Dren	Ramal C-6	Cruzamiento	Cruzamiento	44+952.00	45+192.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	46+417.00	46+597.00
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	46+417.00	46+597.00
Ramal 0	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	46+417.00	46+597.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	46+933.23	46+993.23
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	47+511.17	47+571.17
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	47+797.35	47+857.35
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	48+529.00	48+669.00
Camino	Camino	Cruzamiento	Cruzamiento	48+529.00	48+669.00

Tipo de infraestructura	Nombre	Ubicación (punto cardinal)	Distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Canal -Dren	Dren Buenaventura	Cruzamiento	Cruzamiento	48+529.00	48+669.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	49+698.99	49+758.99
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	50+016.00	50+316.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	50+016.00	50+316.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	50+878.10	50+938.10
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	51+975.66	52+035.66
Canal -Dren	Louisiana 4	Cruzamiento	Cruzamiento	52+183.00	52+423.00
Canal -Dren	Dren Ramal Calle 31	Cruzamiento	Cruzamiento	52+183.00	52+423.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	52+183.00	52+423.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	53+259.00	53+499.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	53+259.00	53+499.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	53+259.00	53+499.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	53+259.00	53+499.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	53+629.00	53+829.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	53+629.00	53+829.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	53+629.00	53+829.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	54+816.55	54+836.55
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	55+076.00	55+276.00
Canal -Dren	Dren Ramal Calle 29	Cruzamiento	Cruzamiento	55+076.00	55+276.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	55+076.00	55+276.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	56+120.00	56+300.00
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	57+535.00	57+695.00
Canal -Dren	Ramal Taxtes	Cruzamiento	Cruzamiento	57+535.00	57+695.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	57+535.00	57+695.00
Canal -Dren	Dren Ramal 5	Cruzamiento	Cruzamiento	58+549.79	58+609.79
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	58+991.00	59+161.00
Canal -Dren	Dren Principal Colector Juárez	Cruzamiento	Cruzamiento	58+991.00	59+161.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	58+991.00	59+161.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	58+991.00	59+161.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	58+991.00	59+161.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	60+209.00	60+369.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	60+209.00	60+369.00
Canal -Dren	Dren Ramal 4-6	Cruzamiento	Cruzamiento	60+209.00	60+369.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	60+209.00	60+369.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	61+416.00	61+656.00
Canal -Dren	Subramal 20+000 Izquierda	Cruzamiento	Cruzamiento	61+416.00	61+656.00
Canal -Dren	Dren Principal Prolongación Mochis	Cruzamiento	Cruzamiento	61+416.00	61+656.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	61+416.00	61+656.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	62+039.00	62+179.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	62+984.00	63+184.00
Canal -Dren	Dren Ramal Prolongación Cañero	Cruzamiento	Cruzamiento	62+984.00	63+184.00

Tipo de infraestructura	Nombre	Ubicación (punto cardinal)	Distancia promedio al ducto (m)	Kilómetro inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Kilómetro final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	62+984.00	63+184.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	64+302.00	64+442.00
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	64+302.00	64+442.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	64+302.00	64+442.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	64+619.57	64+639.57
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	64+639.57	64+644.74
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	65+115.00	65+190.00
Canal -Dren	Dren Subramal 2	Cruzamiento	Cruzamiento	65+115.00	65+190.00
Acueducto	Acueducto	Cruzamiento	Cruzamiento	65+190.00	65+300.00
Carretera	Carretera Federal	Cruzamiento	Cruzamiento	65+190.00	65+300.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	65+432.00	65+692.00
Canal -Dren	Dren Principal Prolongación Mochis	Cruzamiento	Cruzamiento	65+432.00	65+692.00
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	68+323.18	68+343.18
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	69+971.00	70+255.20
Acueducto	Acueducto	Cruzamiento	Cruzamiento	69+971.00	70+255.20
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	69+971.00	70+255.20
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	70+965.77	71+025.77
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	71+060.42	71+120.42
Canal	Sin nombre	Cruzamiento	Cruzamiento	71+812.66	71+872.66
Camino	Camino - Brecha	Cruzamiento	Cruzamiento	72+686.94	72+706.94
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	72+747.00	72+867.00
Carretera	Carretera Estatal	Cruzamiento	Cruzamiento	72+929.00	73+049.00
Acueducto	Acueducto	Cruzamiento	Cruzamiento	72+929.00	73+049.00
Línea de transmisión	Línea de transmisión	Cruzamiento	Cruzamiento	73+049.44	73+109.44
Instalación industrial	EMRyC Topolobampo (gasoducto Encino Topolobampo)	Este	154	73+053	73+228
Instalación industrial	Se ubican las instalaciones: i. TAD Topolobampo PEMEX Logística, ii. Parque Logístico Topolobampo y iii. Central Termoeléctrica Topolobampo CFE.	Este	500 – 800	73+573	75+000
Vialidad	Vialidad	Cruzamiento	Cruzamiento	74+922.00	75+172.00
Vía férrea	Vías de ferrocarril	Cruzamiento	Cruzamiento	74+922.00	75+172.00
Vía férrea	Vías de ferrocarril	Cruzamiento	Cruzamiento	75+369.10	75+416.13
Vialidad	Vialidad	Cruzamiento	Cruzamiento	75+416.13	75+428.86
Línea sumergida (Costa Topolobampo – Estación Topolobampo)					
Instalación industrial de riesgo	Mar – Marina Club Topolobampo - Muelle	Sur – Sureste	250 – 800	75+630	76+410
Transporte	Ferry Topolobampo – La Paz (vía marítima)	Cruzamiento	Cruzamiento	80+892	80+910
Vía férrea	No se encuentra dentro de la franja de 800 m.	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: INEGI: Mapa Digital de México.

V.3.5.4 Uso de suelo: habitacional, industrial, comercial, agrícola, pecuario y forestal

El Proyecto se ubica en un área con uso de suelo agrícola, principalmente para agricultura de riego anual, ver Tabla V.70.

Tabla V.70 Uso de suelo

Kilómetro de inicio (cadenamiento)	Kilómetro de fin (cadenamiento)	Tipo de uso de suelo	Descripción
Ducto terrestre			
0+000	8+000	Agrícola Matorral sarcocuale Bosque de galería	Agricultura de temporal anual vegetación de matorral sarcocuale. Hacia el sur a 447 metros se ubica vegetación de bosque de galería.
8+000	13+704	Matorral sarcocuale	Vegetación de matorral sarcocuale.
13+704	17+400	Agrícola	Agricultura de temporal anual.
17+400	21+000	Agrícola Matorral sarcocuale	Agricultura de temporal anual. Vegetación de matorral sarcocuale.
21+000	23+000	Pastizal	Pastizal cultivado.
23+000	26+318	Agrícola Matorral sarcocuale	Agricultura de riego anual. Vegetación de matorral sarcocuale.
26+318	65+000	Agrícola	Agricultura de riego anual y semipermanente.
65+000	70+843.43	Vegetación halófila xerófila	Vegetación halófila xerófila.
70+843.43	74+503.76	Sin vegetación aparente	Sin vegetación aparente.
73+573	75+000	Industrial	Hacia el Este a partir de los 500 metros se ubican la TAD Topolobampo PEMEX Logística, la Central Termoeléctrica Topolobampo CFE.
74+736.83	75+442	Asentamientos humanos Bahía de Topolobampo	Se ubica la localidad Urbana Topolobampo del municipio Ahome. En el cadenamiento 74+185 al 75+442 hacia el Oeste a 380 metros aproximadamente se ubica el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 13 (CETMAR).
75+184	75+442	Manglar Zona marina	Hacia el Oeste se encuentra vegetación de manglar, y comienza la proximidad con la zona marina.
Línea sumergida			
75+442	78+000	Asentamientos humanos Bahía de Topolobampo	Se ubica la localidad Urbana Topolobampo del municipio Ahome como proximidad hacia el Norte, Este, Sureste y Noroeste del ducto. En el cadenamiento 75+442 al 75+800 hacia el Noroeste a 290 metros aproximadamente se ubica el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 13 (CETMAR).
75+442	79+000	Manglar	Hacia el Oeste – Noroeste del ducto a partir de los 200 metros aproximadamente se ubica vegetación de manglar.
75+630	76+410	Mar – Marina Club Topolobampo - Muelle	Hacia el Sur - Sureste a partir de los 250 metros aproximadamente se ubica Mar – Marina Club Topolobampo - Muelle
76+410	81+045	Zona marina	Zona marina.

Fuente: INEGI: Mapa Digital de México.

V.4 Análisis y evaluación de riesgos

El Estudio de Riesgo incluye la identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo donde se utilizaron las metodologías requeridas para este tipo de proyectos. De igual forma, se llevó a cabo la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgos del Proyecto de manera exhaustiva, con su respectivo análisis de consecuencias; considerando lo que se indica en los apartados siguientes.

V.4.1 Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo

El análisis preliminar de peligros se realizó mediante la utilización de una metodología justificada acorde con las características del Proyecto, donde se identificaron de manera preliminar los peligros y amenazas del Proyecto, reconociendo las sustancias peligrosas, condiciones y posibles peligros que conlleven la utilización de una determinada tecnología.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-06; se presenta la información generada como resultado de la aplicación de la metodología seleccionada (HazOp y ¿Qué pasa si...?) para el Análisis Preliminar de Peligros; tal como las hojas de trabajo de la metodología y los criterios aplicados, entre otros acordes a la metodología empleada. También se incluyen Listas de Verificación y Árbol de Fallas.

El personal que realizó la identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo cuenta con conocimiento y experiencia suficiente en las metodologías empleadas y en el Sector Hidrocarburos, especialmente en el área operativa.

V.4.1.1 Análisis preliminar de peligros

Los aspectos de un análisis sistemático de los riesgos que implica un determinado establecimiento industrial, desde el punto de vista de la prevención de accidentes, están íntimamente relacionados con los siguientes aspectos:

- ⊕ Identificación de eventos no deseados, que pueden conducir a la materialización de un peligro.
- ⊕ Valoración de las consecuencias y de la frecuencia con que estos eventos pueden presentarse.
- ⊕ Análisis de las causas por las que estos eventos tienen lugar.

El primer aspecto trata de contestar a la pregunta siguiente: ¿Qué puede ocurrir? Es propiamente la identificación de los riesgos mediante técnicas adecuadas. La siguiente cuestión para resolver es: ¿Cuál es la frecuencia de que ocurra? Se trata de aplicar métodos que puedan determinar la frecuencia de ocurrencia mediante métodos semi cualitativos o bien mediante Análisis Cuantitativos de Riesgo (ACR) que implican aspectos cualitativos. Por último, trata de contestar a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las consecuencias? Se trata de aplicar programas de simulación matemática de análisis de consecuencias.

En la práctica, cuando se analiza desde el punto de vista de la seguridad una determinada instalación se combinan un conjunto de métodos, desde los análisis históricos, combinados con listas de comprobación para después realizar un análisis sistemático mediante HazOp. En determinados casos también se realizan métodos de estimación de frecuencias (análisis cuantitativo de riesgos).

V.4.1.2 Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares

En la Tabla V.71 se presenta un breve concentrado de la información disponible en internet, sobre accidentes e incidentes ocurridos (nacionales e internacionales), en la operación de manejo de gas natural en proyectos similares; proporcionando el año, ciudad y/o país, el tipo de instalación y sustancia involucrada, tipo de evento, las causas, el nivel de afectación y las acciones realizadas para su atención.

Tabla V.71 Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
1991	Cunduacán, Tabasco	Gasoducto 16"	Gas natural	Explosión	Estallido de ducto, este percance sucedió cuando los trabajadores realizaban actividades de corte en la línea que transporta gas amargo, debido a que las líneas no fueron desfogadas antes de los trabajos de corte.	Daños materiales y humanos	Se bloqueó la línea de gas y desfogó el remanente, se evacuaron áreas cernadas del suceso.
1992	Xalostoc, Morelos	Gasoducto	Gas natural	Fuga	Fuga de gas natural por ruptura de válvula de alivio.	Daños materiales	Se bloqueó la tubería mediante el cierre de válvula y el remanente se desfogó
1994	Cunduacán, Tabasco	Gasoducto 24"	Gas natural	Fuga Explosión	Fuga de gas natural y explosión.	Daños materiales y humanos	Reparación de la fuga, sustituyendo el tramo de tubería dañada en el gasoducto.
2011	Artemas, Pensilvania.	Estación de compresión	Gas natural	Explosión	Con base en datos de análisis visuales y de laboratorio, la ruptura ocurrió en la tubería de drenaje del separador en una región de pérdida de la pared interna. La causa de la falla fue el adelgazamiento de la pared debido a la corrosión interna.	Daños materiales	La tubería de gas natural de la estación compresora en Mann Township fue cerrada por empleados que viven en el área. Entre 40 y 50 viviendas fueron evacuadas a causa del incendio
2012	Mercer, Nueva Jersey	Estación de compresión	Gas natural	Incendio	Un cortocircuito eléctrico probablemente inició el incendio. Los lubricantes utilizados para el compresor, no el gas natural, se incendiaron, reportó el Departamento de Protección Ambiental del estado, el cual regula la perforación de petróleo y gas.	Daños materiales	Algunas casas cercanas fueron evacuadas brevemente como medida de precaución, dijeron funcionarios de emergencia del condado de Mercer. Los bomberos extinguieron las llamas, nadie resultó herido.
2013	Branchburg, Nueva Jersey	Estación de compresión	Gas natural	Incendio	Los trabajadores estaban soldando una parte de una tubería inactiva en la estación de compresión de Williams Co. En Branchburg cuando ocurrió la explosión. No hubo daños en el compresor durante el incendio y el servicio de gas natural no se interrumpió, ya que el incidente ocurrió en un tramo de tubería inactivo.	Daños humanos	Los servicios de emergencia, incluidos los bomberos y las ambulancias, acudieron rápidamente al lugar. Los soldadores sufrieron lesiones que no pusieron en peligro su vida y fueron trasladados a un hospital local.
2013	Houstonia, Missouri.	Estación de compresión	Gas natural	Explosión Incendio	Fue reportada una ruptura en una tubería de gas natural al oeste de Missouri. La explosión dejó un cráter similar a una luna humeante. Se necesitaron más de dos horas para extinguir el incendio.	Daños materiales y humanos	El departamento del alguacil dijo que menos de una docena de residentes en un radio de tres millas de la explosión fueron evacuados, pero se les permitió regresar a sus hogares antes del amanecer. El ayudante del alguacil, Brian Egbert, dijo que la tubería se cerró y que las cuadrillas están trabajando el viernes para reparar la línea.
2014	Kharkiv, Ucrania	Estación de compresión	Gas natural	Explosión	Los servicios de emergencia dijeron que la explosión fue causada por una despresurización del	Daños materiales	No hubo interrupción del flujo del gas ya que existía un gasoducto paralelo.

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
					gasoducto, aunque no explicaron que causó esa menor presión.		
2017	Altamira Tam.	Estación de Compresión	Gas natural	Incendio Explosión	El percance se originó por una fuga de gas que provocó tres explosiones y posteriormente el incendio.	Daños materiales	El incidente sucedido en una estación de compresión de gas fue controlado por unidades contraincendios de la petrolera, así como de personal de Protección Civil del Estado.
2017	Burgenland, Austria	Estación de compresión	Gas natural	Explosión Incendio	La explosión provocó un incendio grave aunado a una columna de fuego que se elevaba desde un paisaje plano, que se ha contenido en unos pocos incendios pequeños. La policía y Gas Connect Austria dijeron que creían que la culpa era de una falla técnica.	Daños materiales y humanos	El incendio se redujo a incendios más pequeños y luego se extinguió poco después, lo que permitió a los expertos evaluar el daño. Una amplia área alrededor del sitio fue acordonada y 250 bomberos acudieron al lugar.
2022	Condado de Coal, Okla.	Estación de Compresión	Gas natural	Explosión Incendio	Se originó una explosión dentro de la instalación de compresión Arkoma 1.	Daños materiales	Casi 20,000 galones de agua estaban disponibles en la escena para la extinción de incendios.
2022	Penhold, Canadá.	Estación de compresión	Gas natural	Incidente	Un semirremolque se salió de la carretera y chocó con una estación compresora de gas natural. Era una estación de medición, La estructura era pequeña, sin embargo, cortó una línea de gas de alta presión, por lo que hubo una fuga de gas.	Daños materiales	Acordonaron el área y cerraron la carretera como medida de precaución. La empresa realizó actividades de reparación en el área, aunque no se detuvo el funcionamiento de la estación.
2022	Portovaya, Rusia.	Estación de compresión	Gas natural	Incidente	Se detectó una fuga de aceite de motor en la única turbina que seguía funcionando en la estación de Portovaya.	Sin daños materiales ni humanos	Se cortó el suministro de gas natural para poder darle mantenimiento y reparar el daño en la turbina.

Fuente: Elaboración propia.

V.4.1.3 Identificación de peligros y de escenarios de riesgo

Los métodos para la identificación, análisis y evaluación de riesgos son una herramienta muy valiosa para abordar su detección, causa y consecuencias que puedan acarrear. El Estudio de Riesgo tiene la finalidad de atenuar tales riesgos, así como limitar sus consecuencias. Los objetivos principales son los siguientes:

- ⊕ Identificar y medir los riesgos que se presentan en una instalación industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.
- ⊕ Reducir los posibles accidentes graves que pudieran producirse.
- ⊕ Determinar las consecuencias en el espacio y el tiempo de los accidentes, aplicando determinados criterios de vulnerabilidad.
- ⊕ Analizar las causas de dichos accidentes.
- ⊕ Discernir sobre la calidad de las instalaciones y operaciones realizadas en el establecimiento industrial.
- ⊕ Definir medidas y procedimientos de prevención y protección para evitar la ocurrencia y/o limitar las consecuencias de los accidentes.
- ⊕ Cumplir los requisitos de la normativa nacional e internacional.

V.4.2 Aspectos para tratar en los análisis de riesgos

Los aspectos de un análisis sistemático de los riesgos que implica un determinado establecimiento industrial, desde el punto de vista de la prevención de accidentes, están íntimamente relacionados con los siguientes aspectos:

- ⊕ Identificación de eventos no deseados, que pueden conducir a la materialización de un peligro.
- ⊕ Valoración de las consecuencias y de la frecuencia con que estos eventos pueden presentarse.
- ⊕ Análisis de las causas por las que estos eventos tienen lugar.

El primer aspecto trata de contestar a la pregunta siguiente: ¿Qué puede ocurrir? Es propiamente la identificación de los riesgos mediante técnicas adecuadas.

La siguiente cuestión para resolver es: ¿Cuál es la frecuencia de que ocurra? Se trata de aplicar métodos que puedan determinar la frecuencia de ocurrencia mediante métodos semi cualitativos o bien mediante Análisis Cuantitativos de Riesgo (ACR) que implican aspectos cualitativos. Por último, trata de contestar a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las consecuencias? Se trata de aplicar programas de simulación matemática de análisis de consecuencias.

En la práctica, cuando se analiza desde el punto de vista de la seguridad una determinada instalación se combinan un conjunto de métodos, desde los análisis históricos, combinados con listas de comprobación para después realizar un análisis sistemático mediante HazOp. En determinados casos también se realizan métodos de estimación de frecuencias. También se elaboraron Listas de Verificación y Árbol de Fallas.

V.4.2.1 Métodos de identificación de riesgos

Básicamente existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos, si atendemos a los aspectos de cuantificación como:

a. Métodos comparativos.

Los métodos comparativos, se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro métodos los existentes:

- ⊕ Manuales técnicos o códigos y normas de diseño.
- ⊕ Listas de comprobación o "Safety check lists".
- ⊕ Análisis histórico de accidentes.
- ⊕ Análisis preliminar de riesgos.

b. Métodos generalizados.

Los métodos generalizados de análisis de riesgos se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, entre otros que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos. Existen varios métodos generalizados, los más importantes se muestran en la Tabla V.72.

Tabla V.72 Metodologías de Análisis de Riesgo

Tipo	Nombre
Metodologías de Análisis de Riesgo cualitativas	What If? / ¿Qué pasa sí?
	Lista de verificación
	Análisis de Peligros y Operatividad (HazOp)
	Método Muhlbauer

Tipo	Nombre
	Análisis de Modos de Falla y Efecto (FMEA)
	Análisis de Modos de Falla y Efecto y Criticidad (FMEAC)
	Análisis de Confiabilidad Humana (ACH)
Metodologías de Análisis de Riesgo semicuantitativas	Análisis de Capas de Protección (LOPA)
	Análisis Bow-Tie
	Índice Dow
	Índice Mond

Fuente: Guía-ARSH.

V.4.3 Metodologías utilizadas

Fue requerido que, para la elaboración del presente Estudio de Riesgo, se tuvieran definidas las fronteras, consideraciones; así como los criterios con los cuales se desarrollan cada una de las metodologías para los análisis preliminar, cualitativo y cuantitativo incluidas en este reporte.

Se analizaron todos los sistemas que forman parte del Proyecto en la etapa de diseño. Y se estableció aplicar cuatro metodologías para el análisis cualitativo. Por lo que, para dos de estas metodologías (HAZOP/¿Qué pasa si...?), fue necesario realizar la delimitación de los nodos de estudio, en común acuerdo con los integrantes del GMAR (Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos).

El Proyecto quedó seccionado en 27 nodos. Los nodos fueron establecidos desde la identificación de peligros con la documentación en revisión 0, por lo que para este estudio fueron revisados y actualizados todos los códigos de equipos e instrumentos que cambiaron con base en los hallazgos y recomendaciones de las secciones multidisciplinarias del HAZOP/¿Qué pasa si...?.

En la Tabla V.73 se mencionan los 27 nodos, sus límites y diagramas aplicables. Los diagramas donde se representan los nodos se muestran en Anexo Técnico ANX-TEC-06.

Tabla V.73 Lista de nodos

Nodo	Descripción	Intención de diseño	Nº Plano
Interconexión de 30" – Estación de Compresión El Fuerte			
01	Interconexión de 30" – Estación de Compresión El Fuerte	Desde línea 3"-GN-030513-D0A1 que toma el gas natural del cabezal de succión de los turbocompresores para la operación normal y desde la interconexión de 30"ø – Estación de Compresión El Fuerte por línea 3"-GN-030109-D0A1 o desde la interconexión de 20"ø – Estación de Compresión El Fuerte por línea 3"-GN-032709-D0A1 para el arranque, pasando por paquete de acondicionamiento de gas combustible PA-031904, hasta la entrada a quemadores de moto generadores a gas GE- 032301/032302/032303. Nota: El paquete está compuesto por dos filtros separadores verticales, dos calentadores eléctricos y dos trenes de regulación.	GN0621-PR-203-DTI-001
Estación de Compresión El Fuerte			
02	Sistema de Filtración (FS-030101 / FS-030102)	Desde la entrada de la interconexión de 30" a la Estación de Compresión El Fuerte (JAM-030102) hasta la HV030103B/HV030104B a la salida por la parte de gas de los FS-030101/030102 y las válvulas de control de nivel (LV-030110/111 y LV-030120/121) por la parte de condensados.	GN0621-PR-203-DTI-001
03	Sistema de Regulación (ER-030201)	Desde la HV030103B/HV030104B a la salida por la parte de gas de los FS-030101/030102 hasta el cabezal de succión del sistema de medición (EM- 030201).	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-002
04	Sistema de Medición (EM-030201)	Desde la descarga del Sistema de regulación al cabezal de succión, pasando por tres (arreglo 2+1) trenes de medición, hasta descarga a cabezal de succión de turbocompresores de gas y línea de descarga directa (30"-GN-032506-D0A1) al gasoducto.	GN0621-PR-203-DTI-002 GN0621-PR-203-DTI-025
05	Sistema de Compresión de Gas (TC-030301 / TC-	Desde las HV-030203 y HV-032802 desde salida de EM-030201 y EM-032801, pasando por los turbocompresores TC-030301/030402/030503 hasta la descarga al cabezal de	GN0621-PR-203-DTI-002 GN0621-PR-203-DTI-003 GN0621-PR-203-DTI-004

Nodo	Descripción	Intención de diseño	Nº Plano
	030402 / TC-030503)	succión de los enfriadores correspondientes (Arreglo 2+1).	GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008
06	Sistema de Enfriamiento de Gas (E-030601 / E-030702 / E-030803)	Desde la descarga de las unidades de compresión, pasando por los enfriadores de gas E- 030601/030702/030803 (8 enfriadores por cada arreglo A-H), hasta la interconexión para la descarga al gasoducto considerando la válvula de ESDV-032501 y MOV-032501.	GN0621-PR-203-DTI-003 GN0621-PR-203-DTI-004 GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008 GN0621-PR-203-DTI-025
07	Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Turbinas (PA-031601 / PA-031702 / PA-031803)	Desde salidas en cabezales de succión de turbocompresores por línea de 6 pulgadas que deriva en líneas de 3 pulgadas que pasan por los paquetes de acondicionamiento de gas combustible PA-031601/031702/031803 (cada paquete considera 2 filtros separadores verticales, 2 calentadores eléctricos para el acondicionamiento y un tren de regulación, hasta entrada a quemador de las turbinas de gas de los turbocompresores TC- 030301/030402/030503.	GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015 GN0621-PR-203-DTI-016 GN0621-PR-203-DTI-017 GN0621-PR-203-DTI-018
08	Sistema de Acondicionamiento de Gas de Sello (PA-032001 / PA-032101 / PA-032201)	Desde salidas en cabezales de cabezal de descarga de aeroenfriadores que pasan por los paquetes de acondicionamiento de gas de sello PA-032001/032101/032201 (cada paquete considera 2 filtros separadores verticales y 2 calentadores eléctricos para el acondicionamiento, hasta entrada a las turbinas de gas de los turbocompresores TC-030301/030402/030503.	GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015 GN0621-PR-203-DTI-020 GN0621-PR-203-DTI-021 GN0621-PR-203-DTI-022
09	Sistema de Recuperación de Condensados (T-030901)	Desde las válvulas de control de nivel de los filtros separadores, las válvulas de no retorno en las líneas de salida de condensador de los filtros y calentadores eléctricos de los paquetes de acondicionamiento de gas combustible y gas de sello y desde salida de condensados del tanque booster del sistema de recuperación de venteos, pasando por el cabezal de condensados 4"-CD- 030902-A0A1 e incluyendo el tanque T-030901.	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-009 GN0621-PR-203-DTI-016 GN0621-PR-203-DTI-017 GN0621-PR-203-DTI-018 GN0621-PR-203-DTI-019 GN0621-PR-203-DTI-020 GN0621-PR-203-DTI-021 GN0621-PR-203-DTI-022 GN0621-PR-203-DTI-026 GN0621-PR-203-DTI-027
10	Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Moto generadores (PA- 031904)	Desde línea 3"-GN-030513-D0A1 que toma el gas natural del cabezal de succión de los turbocompresores para la operación normal y desde la interconexión de 30" – Estación de Compresión El Fuerte por línea 3"-GN-030109-D0A1 o desde interconexión de 20" - Estación de Compresión El Fuerte por línea 3"-GN- 032709-D0A1 para el arranque, pasando por paquete de acondicionamiento de gas combustible PA-031904, hasta la entrada a quemadores de moto generadores a gas GE- 032301/032302/032303. Nota: El paquete está compuesto por dos filtros separadores verticales, dos calentadores eléctricos y dos trenes de regulación.	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-019 GN0621-PR-203-DTI-023 GN0621-PR-203-DTI-027
11	Sistema de Recuperación de Venteos	Desde las líneas para recuperación de vapores instaladas en FS-030101/030102/032701/032702, ER-030201/032801, EM-030201/032801, trampa de envío de diablos, TED-032501 y descarga de enfriadores de gas combustible, hasta su incorporación en cabezal de succión de compresores pasando por el SRV.	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-002 GN0621-PR-203-DTI-003 GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015 GN0621-PR-203-DTI-016 GN0621-PR-203-DTI-017 GN0621-PR-203-DTI-018 GN0621-PR-203-DTI-019 GN0621-PR-203-DTI-026
12	Sistema de Venteo por emergencias	Desde la descarga de las BDV-032502 en descarga del gas a gasoducto, BDV- 030601/030702/030803 en salida de enfriadores, BDV-031601/031701/031801/031901 a la salida de los paquetes de acondicionamiento de gas combustible, BDV-030201/032801 a la salida del sistema de regulación y medición y BDV-030306 del cabezal de succión de turbocompresores hasta su liberación pasando por la columna de venteo V-032401.	GN0621-PR-203-DTI-002, GN0621-PR-203-DTI-003, GN0621-PR-203-DTI-006, GN0621-PR-203-DTI-007, GN0621-PR-203-DTI-008, GN0621-PR-203-DTI-016, GN0621-PR-203-DTI-017, GN0621-PR-203-DTI-018, GN0621-PR-203-DTI-019, GN0621-PR-203-DTI-025

Nodo	Descripción	Intención de diseño	Nº Plano
13	Sistema de Drenajes Aceitosos (T-031001)	Desde salida de drenes aceitosos de las turbinas TG-031301/031402/031503, pasando por el colector de drenes 3"-ARS-031001-A0A1, tanque T-031001, línea 2"-ARS-031005-A0A1, bombas B-031001A/B, hasta la válvula de bola manual de 2"ø de conexión a auto-tanque.	GN0621-PR-203-DTI-010, GN0621-PR-203-DTI-013, GN0621-PR-203-DTI-014, GN0621-PR-203-DTI-015
14	Sistema de Aire de Planta e Instrumentos	Desde compresores C-031101/031102, pasando por paquete de secadores SA-031101/031102, tanque acumulador R-031101, cabezales de distribución de aire de instrumentos 3"-AI-031118- A1W5 y 3/4"-AI-031115-A1W5; hasta la entrada a las turbinas, bombas de aceite residual e instrumentos y cabezal de alimentación de aire a planta 2"-AP-031103-A1W5.	GN0621-PR-203-DTI-010 GN0621-PR-203-DTI-011 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015
Gasoducto Corredor Norte			
15	Gasoducto Corredor Norte 30 pulgadas (Ducto terrestre y Línea sumergida)	Desde la válvula manual en salida de trampa de diablos, TED-032501 en la Estación de Compresión El Fuerte y la interconexión del flujo de la Estación de Compresión El Fuerte, pasando por las MLV-010101/010102/010203 hasta ESDV-040101 en la Estación Topolobampo considerando el Ducto terrestre y l Línea sumergida.	GN0621-PR-203-DTI-025, GN0621-PR-201-DTI-001, GN0621-PR-201-DTI-002, GN0621-PR-204-DTI-001
16	Trampas de diablo (TED-032501, TED/TRD-010201, TED/TRD-040101)	Desde válvulas de bloqueo de la trampa de envío/recibo de diablos, pasando por la trampa de envío/recibo, hasta la válvula manual de envío/recibo del dispositivo de limpieza (diablo). Considera las Trampas: TED-032501 en la Estación de Compresión El Fuerte, TED/TRD-010201 es una trampa móvil bidireccional intermedia ubicada en el predio de la MLV-010203 y la trampa bidireccional TED/TRD-040101 ubicada en la Estación Topolobampo.	GN0621-PR-203-DTI-025, GN0621-PR-201-DTI-002, GN0621-PR-204-DTI-001
Estación Topolobampo			
17	Sistema Filtración (FS-040201 / FS-040202)	Desde la ESDV-040101 en línea de llegada 30"-GN-040201-D0A1, hasta la HV-040203B/HV-040204B a la salida por la parte de gas de los FS-040201/040202 y las válvulas de control de nivel (LV-040210/211 y LV-040220/221) por la parte de condensados.	GN0621-PR-204-DTI-001 GN0621-PR-204-DTI-002
18	Sistema de Medición (EM-040301)	Desde la HV-040203B/HV-040204B a la salida por la parte de gas de los FS-040201/040202, pasando por dos de tres (arreglo 2+1) trenes de medición, hasta el cabezal de entrada del sistema de regulación (ER-040301).	GN0621-PR-204-DTI-002 GN0621-PR-204-DTI-003
19	Sistema de Regulación (ER-040301)	Desde el cabezal de entrada del sistema de regulación 20"-GN-040307-D0A1 en arreglo 1+1 hasta la entrega a la empresa VPLNG	GN0621-PR-204-DTI-003
20	Gas Combustible a Quemador	Desde línea de llegada a sistema de filtración hasta el quemador de gas pasando por las reguladoras PCV-040501 y PCV-040502.	GN0621-PR-204-DTI-002 GN0621-PR-204-DTI-005
21	Sistema de Condensados (T-040401)	Desde las válvulas de control de nivel de los filtros separadores, pasando por el cabezal de condensados 3"-CD-040219-A0A1 e incluyendo el tanque T-040401.	GN0621-PR-204-DTI-002 GN0621-PR-204-DTI-004
22	Sistema de Venteo a Quemador (ET)	Desde los venteos programados por mantenimiento en EM-040301, ER-040301, FS-040201/202, TED/TRD-040101, hasta el quemador QP-040501 pasando por el cabezal de desfogue	GN0621-PR-204-DTI-001, GN0621-PR-204-DTI-002, GN0621-PR-204-DTI-003, GN0621-PR-204-DTI-005
23	Sistema de Venteo por Emergencias (ET)	Desde la descarga de las BDV-040301 a la salida del sistema de medición y BDV-040302 a la salida del sistema de regulación hasta su liberación pasando por cabezal de venteo 10"-GN-010509- D0A1.	GN0621-PR-204-DTI-001, GN0621-PR-204-DTI-003
Interconexión de 20" – Estación de Compresión El Fuerte			
24	Interconexión de 20" – Estación de Compresión El Fuerte	Desde el punto de interconexión de 20" (TIE-IN 02) hasta los límites de la Estación de Compresión El Fuerte en junta aislante monoblock JAM-032702	GN0621-PR-203-DTI-027
Estación de Compresión El Fuerte			
25	Sistema de Filtración (FS-032701 / FS-032702)	Desde la entrada de la interconexión de 20" a la Estación de Compresión El Fuerte (JAM-032702) hasta la HV032703B/HV032704B a la salida por la parte de gas de los FS-032701/032702 y las válvulas de control de nivel (LV-032710/2711 y LV-032720/2721 por la parte de condensados.	GN0621-PR-203-DTI-027
26	Sistema de Regulación (ER-032801)	Desde la HV032703B/ HV032704B a la salida por la parte de gas de los FS-032701/032702 hasta el cabezal de succión del sistema de medición (EM-032801), considerando las válvulas de control de 8" (FV-032801/2802/2803) (una por	GN0621-PR-203-DTI-027 GN0621-PR-203-DTI-028

Nodo	Descripción	Intención de diseño	Nº Plano
		cada tren de regulación en arreglo 2+1).	
27	Sistema de Medición (EM- 032801)	Desde la descarga del sistema de regulación al cabezal de succión, pasando por tres (arreglo 2+1) trenes de medición, hasta la HV-032802 en línea hacia cabezal de succión de turbocompresores de gas.	GN0621-PR-203-DTI-028

Una vez definidos los nodos; se procedió a la aplicación de las siguientes metodologías, para la identificación de riesgos; las cuales, se describen a continuación:

V.4.3.1 Lista de verificación

En el Proyecto se elaboró un Análisis de Lista de Verificación donde utiliza una lista de puntos de un procedimiento para verificar el estado de un sistema. Las listas de verificación varían ampliamente su nivel de detalle y son frecuentemente utilizadas para indicar el cumplimiento con estándares y políticas. El Análisis Lista de Verificación es fácil de usar y puede ser aplicado a cualquier etapa del tiempo de vida de un Proyecto.

Una lista de verificación detallada provee las bases para una evaluación estándar de los peligros de un proceso. Puede ser tan extenso como necesario para satisfacer una situación específica, pero será aplicada rigurosamente para identificar problemas que requieren mayor atención.

Las listas de verificación de peligros genéricas son frecuentemente combinadas con otras metodologías de evaluación de riesgos para evaluar situaciones peligrosas. Las listas de verificación están limitadas por la experiencia del autor; por lo tanto, estas serán desarrolladas por autores que tengan amplia experiencia con el sistema que se está analizando.

Frecuentemente, las listas de verificación son creadas por simple organización de la información a partir de códigos, estándares y regulaciones. Las listas de verificación serán vistas como documentos de vida y serán auditadas y actualizadas regularmente. Utiliza una relación de temas o puntos específicos para verificar el estado de un sistema con una referencia externa, identifica tipos de riesgos conocidos, deficiencias de diseño y situaciones potenciales de accidentes asociados con el proceso y su operación común.

El análisis preliminar de peligros realizado al Proyecto, mediante la metodología de lista de verificación, se basó en estándares nacionales que cubrieran todas las áreas que la componen, así como en las etapas correspondientes.

La evaluación preliminar de peligros mediante lista de verificación basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, Sección 7: Diseño, arrojó que de los 306 requerimientos analizados, el 71% de ellos (219) se encuentran en cumplimiento, el 27% no aplican por tratar puntos que no han sucedido dentro de los activos y solo un 3% (2) se evaluaron como no cumple, concluyéndose que dado que el diseño (ver justificación de ambos requisitos) considera soluciones que evitan las consecuencias del peligro descrito, no se considera que sean necesarias recomendaciones adicionales. En el Anexo Técnico ANX-TEC-06 se presenta la información generada de la aplicación de esta metodología (Listas de Verificación).

V.4.3.2 Identificación de peligros y operabilidad (HazOp)

Otra metodología cualitativa a aplicar, fue el HazOp; la cual fue considerada con la formación de un Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo (GMAR) para la aplicación y evaluación sistemática - estructurada a una sección de proceso o instalación sujeta a estudio (nodo), identificando desviaciones respecto a la intención de su diseño, cómo éstas pueden ocurrir, medidas de seguridad con las que se cuenta para prevenir fallas o mitigar sus consecuencias, determinando su importancia de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia y posibles consecuencias, y proponiendo nuevas medidas preventivas o de mitigación para reforzar la seguridad.

Para el Proyecto se generaron 27 nodos, de los cuales 19 fueron evaluados mediante la metodología de HazOp y 8 nodos fueron evaluados mediante la metodología ¿Qué pasa si...? Los resultados se muestran en la Tabla V.76.

Un HAZOP es un método cualitativo estructurado que se utiliza para identificar los peligros y los principales problemas de operatividad en el diseño y las operaciones de las instalaciones de procesos peligrosos. El proceso HAZOP utiliza los conocimientos de un equipo de participantes competentes que contribuyen a las discusiones y desarrollan colectivamente acciones que mitigan el riesgo potencial. El enfoque utiliza una combinación de palabras guía establecidas y desviaciones de la intención del diseño o funcional/operativa para identificar los peligros potenciales.

Para más detalles sobre el método HAZOP, consulte el documento de términos de referencia facilitado al equipo antes del taller. En el Apéndice D se incluye una copia de los Términos de referencia.

Las hojas de trabajo se compartieron con el equipo durante el taller y se incluyen en el informe del HAZOP.

El propósito de la (palabra guía) HAZOP es identificar posibles desviaciones de la intención del diseño y peligros potenciales asociados con esas desviaciones. El proceso HAZOP para llevarse a cabo se divide en nodos manejables y luego se estudian los nodos uno por uno. La metodología HAZOP proporciona una revisión de los P&ID para:

- ⊕ Verificar el diseño y considere si alguna de las desviaciones que pueden ocurrir, ya sea de un mal funcionamiento o mal funcionamiento, causar un peligro para las personas que trabajan en la instalación (personal de operación o mantenimiento) de la planta y equipo, al público en general o daños a la planta y al equipo o al medio ambiente en general. Para garantizar una revisión completa de los sistemas se sigue la metodología “Causa en el nodo y consecuencias en todas partes”.
- ⊕ Comprobar si las salvaguardas incorporadas en el diseño son suficientes para reducir el riesgo para un nivel tolerable.
- ⊕ Considere cualquier interfaz de seguridad que exista con otras instalaciones.
- ⊕ Asegurar las plantas de proceso, instalaciones generales, almacenamiento y manejo, servicios públicos, otros servicios y fuera de los sitios se pueden poner en marcha, operar, mantener y cerrar de forma segura.
- ⊕ Considere las diferentes fases operativas del sistema bajo revisión:
 - Operación normal
 - Arranque/Apagado
 - Puesta en marcha
 - Mantenimiento

Las soluciones a los problemas identificados no son un objetivo principal del examen HAZOP, pero si se logran, se registran para consideración de los responsables del diseño.

La identificación de riesgos tiene como objetivo principal, analizar e identificar desviaciones en cada una de las etapas donde se maneja sustancias peligrosas, que puedan dar origen a un evento de riesgo, esta identificación se realizó de acuerdo con el procedimiento establecido en la Norma IEC 61882:2016. *Hazard and operability studies* (HAZOP), a través de tres etapas:

- ⊕ En la primera etapa, se llevó a cabo la recopilación de la información de ingeniería; la cual incluye, planos de localización, de distribución, bases de diseño, diagramas de flujo, y de tubería e instrumentación, descripción del proceso y balance de materia, entre otros;
- ⊕ En la segunda fase se llevó a cabo la revisión y definición de nodos, variables y palabras guía aplicables al proceso, y
- ⊕ En la tercera fase se llevó a cabo la identificación de riesgos, aplicando la metodología HAZOP.

El análisis HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables o condiciones del proceso

con respecto de los parámetros normales de operación. Consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guías". Las "palabras guías" son aplicadas a las variables de acuerdo con la intención de diseño del nodo establecido, para identificar y evaluar las desviaciones potenciales de la operación de la instalación. Para cada nodo se plantean de forma sistemática las desviaciones de las variables de proceso aplicando a cada variable una "palabra guía".

El análisis HAZOP consiste en la aplicación exhaustiva de todas las combinaciones posibles entre "palabra guía" y "variable de proceso", descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nodo determinado.

Para la aplicación del análisis HAZOP se procedió de acuerdo con la siguiente secuencia:

- ⊕ Se identificó una desviación de la intención de diseño del nodo, como, por ejemplo, sin flujo, con alto flujo, entre otros;
- ⊕ Se enumeraron las causas creíbles de fallo de la desviación;
- ⊕ Se identificaron las peores consecuencias creíbles de cada causa y clasificaron como personal, público, medio ambiente, activos/propiedad, interrupción de la actividad o medios de comunicación;
- ⊕ Se clasificó el riesgo del escenario sin considerar las salvaguardas, utilizando la matriz de riesgo, de la siguiente manera:
 - La gravedad de la peor consecuencia creíble se evaluó teniendo en cuenta el resultado si todos los controles/protecciones existentes fallaran;
 - Se evaluó la probabilidad de la causa. Se trata de la frecuencia del evento inicial, no de la frecuencia del evento. Es la frecuencia del fallo original, que, si no se mitiga, da lugar al evento real. La frecuencia del suceso iniciador será casi siempre más frecuente que la frecuencia del suceso, a menos que no haya mitigación;
 - Se identificaron las salvaguardas aplicables para cada escenario y se asignó una categoría a cada una (por ejemplo, Sistema Básico de Control de Procesos (BPCS), Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS), Mecánico, entre otros);
 - A cada salvaguarda se le asignó un crédito de Probabilidad de Fallo a la Demanda (PFD);
 - Se clasificó el riesgo de cada escenario teniendo en cuenta las salvaguardas;
 - La probabilidad del Riesgo Mitigado se basó en la suma de la PFD de las salvaguardas, y
 - Sobre la base de la clasificación de los riesgos con salvaguardas, se realizó una recomendación para aplicar salvaguardas adicionales o no tomar ninguna medida si el nivel de riesgo es aceptable según la matriz de riesgo.

El proceso HAZOP utiliza el conocimiento de un equipo de participantes competentes que contribuyen a las discusiones y desarrollar colectivamente acciones que mitiguen el riesgo potencial. El enfoque utiliza una combinación de lineamientos establecidos y desviaciones del diseño o intención funcional/operacional para identificar peligros potenciales.

Para el Proyecto se generaron 27 nodos, de los cuales 19 fueron evaluados mediante la metodología de HazOp. Los resultados se muestran en la Tabla V.74.

Tabla V.74 Desviaciones analizadas en cada nodo del HazOp

Nodo	Descripción	Desviaciones	Intención de diseño	Nº Plano
Estación de Compresión El Fuerte				
02	Sistema de Filtración (FS-030101 / FS-030102)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde la entrada de la interconexión de 30" a la Estación de Compresión El Fuerte (JAM-030102) hasta la HV030103B/HV030104B a la salida por la parte de gas de los FS-030101/030102 y las válvulas de control de nivel (LV-030110/111 y LV-030120/121) por la parte de condensados.	GN0621-PR-203-DTI-001
03	Sistema de Regulación (ER-030201)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Flujo / Bajo Flujo.	Desde la HV030103B/HV030104B a la salida por la parte de gas de los FS-030101/030102 hasta el cabezal de succión del sistema de medición (EM- 030201).	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-002

Nodo	Descripción	Desviaciones	Intención de diseño	Nº Plano
		<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 		
04	Sistema de Medición (EM-030201)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 	Desde la descarga del Sistema de regulación al cabezal de succión, pasando por tres (arreglo 2+1) trenes de medición, hasta descarga a cabezal de succión de turbocompresores de gas y línea de descarga directa (30"-GN-032506-D0A1) al gasoducto.	GN0621-PR-203-DTI-002 GN0621-PR-203-DTI-025
05	Sistema de Compresión de Gas (TC-030301 / TC-030402 / TC-030503)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo / No Flujo. - Alta Temperatura (salida de compresión) / Alta Temperatura Baja Temperatura. - Alta Vibración. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 	Desde las HV-030203 y HV-032802 desde salida de EM-030201 y EM-032801, pasando por los turbocompresores TC-030301/030402/030503 hasta la descarga al cabezal de succión de los enfriadores correspondientes (Arreglo 2+1).	GN0621-PR-203-DTI-002 GN0621-PR-203-DTI-003 GN0621-PR-203-DTI-004 GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008
06	Sistema de Enfriamiento de Gas (E-030601 / E-030702 / E-030803)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo / No Flujo. - Alta Temperatura (salida de enfriadores) / Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 	Desde la descarga de las unidades de compresión, pasando por los enfriadores de gas E- 030601/030702/030803 (8 enfriadores por cada arreglo A-H), hasta la interconexión para la descarga al gasoducto considerando la válvula de ESDV-032501 y MOV-032501.	GN0621-PR-203-DTI-003 GN0621-PR-203-DTI-004 GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008 GN0621-PR-203-DTI-025
07	Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Turbinas (PA-031601 / PA-031702 / PA-031803)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 	Desde salidas en cabezales de succión de turbocompresores por línea de 6 pulgadas que deriva en líneas de 3 pulgadas que pasan por los paquetes de acondicionamiento de gas combustible PA-031601/031702/031803 (cada paquete considera 2 filtros separadores verticales, 2 calentadores eléctricos para el acondicionamiento y un tren de regulación, hasta entrada a quemador de las turbinas de gas de los turbocompresores TC-030301/030402/030503.	GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015 GN0621-PR-203-DTI-016 GN0621-PR-203-DTI-017 GN0621-PR-203-DTI-018
08	Sistema de Acondicionamiento de Gas de Sello (PA-032001 / PA-032101 / PA-032201)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 	Desde salidas en cabezales de cabezal de descarga de aeroenfriadores que pasan por los paquetes de acondicionamiento de gas de sello PA-032001/032101/032201 (cada paquete considera 2 filtros separadores verticales y 2 calentadores eléctricos para el acondicionamiento, hasta entrada a las turbinas de gas de los turbocompresores TC-030301/030402/030503.	GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015 GN0621-PR-203-DTI-020 GN0621-PR-203-DTI-021 GN0621-PR-203-DTI-022
09	Sistema de Recuperación de Condensados (T-030901)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 	Desde las válvulas de control de nivel de los filtros separadores, las válvulas de no retorno en las líneas de salida de condensador de los filtros y calentadores eléctricos de los paquetes de acondicionamiento de gas combustible y gas de sello y desde salida de condensados del tanque booster del sistema de recuperación de venteos, pasando por el cabezal de condensados 4"-CD- 030902-A0A1 e incluyendo el tanque T-030901.	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-009 GN0621-PR-203-DTI-016 GN0621-PR-203-DTI-017 GN0621-PR-203-DTI-018 GN0621-PR-203-DTI-019 GN0621-PR-203-DTI-020 GN0621-PR-203-DTI-021 GN0621-PR-203-DTI-022 GN0621-PR-203-DTI-026 GN0621-PR-203-DTI-027
10	Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Moto generadores (PA- 031904)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición. 	Desde línea 3"-GN-030513-D0A1 que toma el gas natural del cabezal de succión de los turbocompresores para la operación normal y desde la interconexión de 30" – Estación de Compresión El Fuerte de 30 pulgadas de diámetro por línea 3"-GN-030109-D0A1 o desde interconexión de 20" - Estación de Compresión El Fuerte por línea 3"-GN-032709-D0A1 para el arranque, pasando por paquete de acondicionamiento de gas combustible PA-031904, hasta la entrada a quemadores de moto generadores a gas GE- 032301/032302/032303. Nota: El paquete está compuesto por dos filtros separadores verticales, dos calentadores eléctricos y dos trenes de regulación.	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-005 GN0621-PR-203-DTI-019 GN0621-PR-203-DTI-023 GN0621-PR-203-DTI-027
11	Sistema de Recuperación de Venteos	<ul style="list-style-type: none"> - Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Alta Temperatura / Baja 	Desde las líneas para recuperación de vapores instaladas en FS-030101/030102/032701/032702, ER-	GN0621-PR-203-DTI-001 GN0621-PR-203-DTI-002 GN0621-PR-203-DTI-003

Nodo	Descripción	Desviaciones	Intención de diseño	Nº Plano
		Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición	030201/032801, EM-030201/032801, trampa de envío de diablos, TED-032501 y descarga de enfriadores de gas combustible, hasta su incorporación en cabezal de succión de compresores pasando por el SRV.	GN0621-PR-203-DTI-006 GN0621-PR-203-DTI-007 GN0621-PR-203-DTI-008 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015 GN0621-PR-203-DTI-016 GN0621-PR-203-DTI-017 GN0621-PR-203-DTI-018 GN0621-PR-203-DTI-019 GN0621-PR-203-DTI-026
14	Sistema de Aire de Planta e Instrumentos	- Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Pérdida de Contención - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde compresores C-031101/031102; pasando por paquete de secadores SA-031101/031102, tanque acumulador R-031101, cabezales de distribución de aire de instrumentos 3"-AI-031118- A1W5 y 3/4"-AI-031115-A1W5; hasta la entrada a las turbinas, bombas de aceite residual e instrumentos y cabezal de alimentación de aire a planta 2"-AP-031103-A1W5.	GN0621-PR-203-DTI-010 GN0621-PR-203-DTI-011 GN0621-PR-203-DTI-013 GN0621-PR-203-DTI-014 GN0621-PR-203-DTI-015
25	Sistema de Filtración (FS-032701 / FS-032702)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde la entrada de la interconexión de 20" a la Estación de Compresión El Fuerte (JAM-032702) hasta la HV032703B/HV032704B a la salida por la parte de gas de los FS-032701/032702 y las válvulas de control de nivel (LV-032710/2711 y LV- 032720/2721 por la parte de condensados.	GN0621-PR-203-DTI-027
26	Sistema de Regulación (ER-032801)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Flujo / Bajo Flujo - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde la HV032703B/ HV032704B a la salida por la parte de gas de los FS-032701/032702 hasta el cabezal de succión del sistema de medición (EM- 032801), considerando las válvulas de control de 8" (FV-032801/2802/2803) (una por cada tren de regulación en arreglo 2+1).	GN0621-PR-203-DTI-027 GN0621-PR-203-DTI-028
27	Sistema de Medición (EM- 032801)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Flujo / Bajo Flujo - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde la descarga del sistema de regulación al cabezal de succión, pasando por tres (arreglo 2+1) trenes de medición, hasta la HV-032802 en línea hacia cabezal de succión de turbocompresores de gas.	GN0621-PR-203-DTI-028
Estación Topolobampo				
17	Sistema Filtración (FS-040201 / FS-040202)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde la ESDV-040101 en línea de llegada 30"-GN- 040201-D0A1, hasta la HV-040203B/HV-040204B a la salida por la parte de gas de los FS- 040201/040202 y las válvulas de control de nivel (LV-040210/211 y LV-040220/221) por la parte de condensados.	GN0621-PR-204-DTI-001 GN0621-PR-204-DTI-002
18	Sistema de Medición (EM-040301)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Flujo / Bajo Flujo - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde la HV-040203B/HV-040204B a la salida por la parte de gas de los FS-040201/040202, pasando por dos de tres (arreglo 2+1) trenes de medición, hasta el cabezal de entrada del sistema de regulación (ER-040301).	GN0621-PR-204-DTI-002 GN0621-PR-204-DTI-003
19	Sistema de Regulación (ER-040301)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde el cabezal de entrada del sistema de regulación 20"-GN-040307-D0A1 en arreglo 1+1 hasta la entrega a la empresa VPLNG	GN0621-PR-204-DTI-003
20	Gas Combustible a Quemador	- Alta Presión / Baja Presión. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Pérdida de Contención. - Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.	Desde línea de llegada a sistema de filtración hasta el quemador de gas pasando por las reguladoras PCV-040501 y PCV-040502.	GN0621-PR-204-DTI-002 GN0621-PR-204-DTI-005
21	Sistema de Condensados (T-040401)	- Alta Presión / Baja Presión. - Alto Flujo / Bajo Flujo. - Alta Temperatura / Baja Temperatura. - Alto Nivel / Bajo Nivel. - Pérdida de Contención.	Desde las válvulas de control de nivel de los filtros separadores, pasando por el cabezal de condensados 3"-CD-040219-A0A1 e incluyendo el tanque T-040401.	GN0621-PR-204-DTI-002 GN0621-PR-204-DTI-004

Nodo	Descripción	Desviaciones	Intención de diseño	Nº Plano
		- Fuga en Presencia de Fuente de Ignición.		

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

El riesgo inherente, es decir, el riesgo específico o intrínseco del proceso, en las instalaciones que conforman un sistema de transporte hacia los receptores de riesgo es alto, debido a que se realizan actividades donde se trabaja con sustancias peligrosas a altas presiones y altos flujos. Con la aplicación de las técnicas cualitativas de HazOp y ¿Qué pasa si...? se lograron identificar cuáles de las 816 desviaciones pudieran ser analizadas. El mayor número de desviaciones corresponde a la Estación de Compresión El Fuerte y las desviaciones de mayor magnitud son aquellos en los que se considera la posibilidad de error humano, desde la posibilidad de error en manipulación de válvulas hasta posibles golpes externos durante actividades de mantenimiento.

V.4.3.3 Identificación de peligros (¿Qué pasa si...?)

La metodología de análisis ¿Qué pasa si...? tiene el enfoque de una lluvia de ideas en la cual el grupo multidisciplinario familiarizado con el proceso formula preguntas o manifiesta preocupaciones acerca de posibles eventos indeseados. Este análisis no es un proceso estructurado como algunas otras metodologías. En su lugar, este requiere que el analista adapte el concepto básico a la aplicación específica. De cualquier forma, es frecuentemente utilizado por la industria en sus etapas tempranas o durante la vida de un proceso y tiene buena reputación entre aquellos especialistas que lo apliquen. El concepto del análisis ¿Qué pasa si...? anima al grupo de evaluación de riesgos a pensar en preguntas que empiecen con "¿Qué pasa si...?".

Los nodos constituidos por las interconexiones (30" y 20" respectivamente) y el gasoducto fueron evaluados mediante la metodología ¿Qué pasa si...? tomando como base los peligros mencionados en la tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ASEA-2017.

Para el Proyecto se generaron 27 nodos, de los cuales 8 nodos fueron evaluados mediante la metodología ¿Qué pasa si...? Los resultados se muestran en la Tabla V.76.

A continuación, en la Tabla V.75 se presentan las preguntas ¿Qué pasa si...? (desviaciones) de cada nodo evaluado mediante el estudio ¿Qué pasa si...?

Tabla V.75 Desviaciones analizadas en cada nodo del ¿Qué pasa si...?

Nodo	Descripción	Desviaciones	Intención de diseño	No. Plano
Interconexión de 30" - Estación de Compresión El Fuerte				
01	Interconexión de 30" – Estación de Compresión El Fuerte	1. Durante la etapa de diseño. 2. Durante la etapa de diseño se identifican problemas de fabricación. 3. Durante la etapa de diseño del sistema se identifican problemas de construcción. 4. Se presentan afectaciones o daños por terceros. 5. Se presenta daño estructural. 6. Se presentan afectaciones o daños debido a peligros naturales. 7. Se presentan operaciones incorrectas durante la operación del sistema de transporte. 8. Se presentan fallos en los equipos, componentes y accesorios del Sistema de transporte. 9. Se presentan daños por corrosión, erosión o agrietamiento.	Desde línea 3"-GN-030513-D0A1 que toma el gas natural del cabezal de succión de los turbocompresores para la operación normal y desde la interconexión de 30"Ø – Estación de Compresión El Fuerte por línea 3"-GN-030109-D0A1 o desde la interconexión 20"Ø – Estación de Compresión El Fuerte por línea 3"-GN- 032709-D0A1 para el arranque, pasando por paquete de acondicionamiento de gas combustible PA-031904, hasta la entrada a quemadores de moto generadores a gas GE-032301/032302/032303. Nota: El paquete está compuesto por dos filtros separadores verticales, dos calentadores eléctricos y dos trenes de regulación.	GN0621-PR-203-DTI-001
12	Sistema de Venteo por emergencias	1. La columna de venteo contiene agua la columna de venteo contiene residuos sólidos.	Desde la descarga de las BDV-032502 en descarga del gas a gasoducto, BDV-030601/030702/030803 en salida de enfriadores, BDV-031601/031701/031801/031901 a la	GN0621-PR-203-DTI-002, GN0621-PR-203-DTI-003, GN0621-PR-203-DTI-006, GN0621-PR-203-DTI-007,

Node	Description	Deviaciones	Intención de diseño	No. Plano
			salida de los paquetes de acondicionamiento de gas combustible, BDV-030201/032801 a la salida del sistema de regulación y medición y BDV-030306 del cabezal de succión de turbocompresores hasta su liberación pasando por la columna de venteo V-032401.	GN0621-PR-203-DTI-008, GN0621-PR-203-DTI-016, GN0621-PR-203-DTI-017, GN0621-PR-203-DTI-018, GN0621-PR-203-DTI-019, GN0621-PR-203-DTI-025
13	Sistema de Drenajes Aceitosos (T-031001)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se presenta alto nivel en el T-031001. 2. Derrame del T-031001 - Fuga en T-031001. 	Desde salida de drenes aceitosos de las turbinas TG-031301/031402/031503, pasando por el colector de drenes 3"-ARS-031001-A0A1, tanque T-031001, línea 2"-ARS-031005-A0A1, bombas B-031001A/B, hasta la válvula de bola manual de 2"Ø de conexión a auto-tanque.	GN0621-PR-203-DTI-010, GN0621-PR-203-DTI-013, GN0621-PR-203-DTI-014, GN0621-PR-203-DTI-015
Gasoducto Corredor Norte				
15	Gasoducto Corredor Norte 30 pulgadas (Ducto terrestre y Línea sumergida)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durante la etapa de diseño. 2. Durante la etapa de diseño se identifican problemas de fabricación. 3. Durante la etapa de diseño del sistema se identifican problemas de construcción. 4. Se presentan afectaciones o daños por terceros. 5. Se presenta daño estructural. 6. Se presentan afectaciones o daños debido a peligros naturales. 7. Se presentan operaciones incorrectas durante la operación del sistema de transporte. 8. Se presentan fallos en los equipos, componentes y accesorios del sistema de transporte. 9. Se presentan daños por corrosión, erosión o agrietamiento. 	Desde la válvula manual en salida de trampa de diablos, TED-032501 en la Estación de Compresión El Fuerte y la interconexión del flujo de la Estación de Compresión El Fuerte, pasando por las MLV-010101/010102/010203 hasta ESDV-040101 en la Estación Topolobampo considerando el Ducto terrestre y l Línea sumergida.	GN0621-PR-203-DTI-025, GN0621-PR-201-DTI-001, GN0621-PR-201-DTI-002, GN0621-PR-204-DTI-001
16	Trampas de diablo (TED-032501, TED/TRD-010201, TED/TRD-040101)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se presenta ignición en el momento de la extracción del diablo del diablo. 2. Se produce un atoramiento del diablo antes de llegar a la trampa de diablos. 	Desde válvulas de bloqueo de la trampa de envío/recibo de diablos, pasando por la trampa de envío/recibo, hasta la válvula manual de envío/recibo del dispositivo de limpieza (diablo). Considera las Trampas: TED-032501 en la Estación de Compresión El Fuerte, TED/TRD-010201 es una trampa móvil bidireccional intermedia ubicada en el predio de la MLV-010203 y la trampa bidireccional TED/TRD-040101 ubicada en la Estación Topolobampo.	GN0621-PR-203-DTI-025, GN0621-PR-201-DTI-002, GN0621-PR-204-DTI-001
Estación Topolobampo				
22	Sistema de Venteo a Quemador (ET)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisión de gases por sistema de venteo atmosférico durante la operación del equipo o línea. 2. Se produce venteo simultáneo por mantenimiento de un equipo y un tren de medición/regulación. 	Desde los venteos programados por mantenimiento en EM-040301, ER-040301, FS-040201/202, TED/TRD-040101, hasta el quemador QP-040501 pasando por el cabezal de desfogue	GN0621-PR-204-DTI-001, GN0621-PR-204-DTI-002, GN0621-PR-204-DTI-003, GN0621-PR-204-DTI-005
23	Sistema de Venteo por Emergencias (ET)	<ol style="list-style-type: none"> 1. La columna de venteo contiene agua, la columna de venteo y residuos sólidos. 	Desde la descarga de las BDV-040301 a la salida del sistema de medición y BDV-040302 a la salida del sistema de regulación hasta su liberación pasando por cabezal de venteo 10"-GN-010509-D0A1.	GN0621-PR-204-DTI-001, GN0621-PR-204-DTI-003
Interconexión de 20" – Estación de Compresión El Fuerte				
24	Interconexión de 20" - Estación de Compresión El Fuerte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durante la etapa de diseño. 2. Durante la etapa de diseño se identifican problemas de fabricación. 3. Durante la etapa de diseño del sistema se identifican problemas de construcción. 4. Se presentan afectaciones o 	Desde el punto de interconexión de 20" (TIE-IN 02) hasta los límites de la Estación de Compresión El Fuerte en junta aislante monoblock JAM-032702	GN0621-PR-203-DTI-027

Nodo	Descripción	Desviaciones	Intención de diseño	No. Plano
		daños por terceros. 5. Se presenta daño estructural. 6. Se presentan afectaciones o daños debido a peligros naturales. 7. Se presentan operaciones incorrectas durante la operación del sistema de transporte. 8. Se presentan fallos en los equipos, componentes y accesorios del sistema de transporte. 9. Se presentan daños por corrosión, erosión o agrietamiento.		

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

El documento DNV-IP-002²⁴ correspondiente a las hojas de trabajo del análisis HazOp y ¿Qué pasa si...? realizadas por DNV y GCN; se presentan en el Anexo Técnico ANX-TEC-06. De igual forma, en este mismo anexo, se encuentran los diagramas de tubería e instrumentación nodalizados para la identificación de peligros del Proyecto, que fueron utilizados.

V.4.3.4 Árboles de eventos

Un árbol de eventos es un diagrama analítico inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas. Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

El árbol de sucesos así definido tiene las siguientes características:

- ⊕ El suceso iniciador viene determinado por una frecuencia (f), expresada normalmente en eventos por año.
- ⊕ Los N factores condicionantes son sucesos definidos por su probabilidad de ocurrencia: p_i , $i=1, N$.
- ⊕ Los sucesos complementarios de estos tienen asociados, una probabilidad de $1-p_i$, $i= 1, N$.

Como se considera que los factores condicionantes son sucesos independientes, cada una de las secuencias, s , tiene asociada una frecuencia, f_s , de:

$$f_s = f * \prod_{i,j} p_i * (1 - p_j)$$

De esta forma también se cumple que la suma de las frecuencias de todas las secuencias accidentales es igual a la frecuencia del iniciador:

$$\sum f_s = f$$

Para cada uno de los escenarios contemplados en el análisis de consecuencias, se realizó un árbol de eventos para conocer la frecuencia de ocurrencia de los eventos de radiación térmica y/o por ondas, descritos en el documento DNV-AE-001 del análisis de árbol de eventos de todos los escenarios simulados para el Proyecto (ver Anexo Técnico ANX-TEC-06). En la Tabla V.76 se presentan los resultados.

²⁴ Las interconexiones de 20" y 30" podrán identificarse como Interconexión El Oro - EC El Fuerte y Guaymas – El oro – EC El Fuerte respectivamente.

Tabla V.76 Frecuencias de eventos finales

TAG Escenario	Descripción del escenario	Frecuencia controlada	Frecuencia sin control
E1-PCA	Fuga de la línea de alimentación a estación de 30" por orificio de 152.4 mm (6 in) liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 2.57E-05 UVCE: 3.90E-05	CHOF: 2.31E-04 UVCE: 3.51E-04
E2-CMP	Fuga en la línea de 30" de descarga de filtros separadores FS 030101/030102 por orificio de 152.4 mm (6 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65-04 UVCE: 2.50E-04	CHOF: 1.48E-03 UVCE: 2.25E-03
E3-CMP	Fuga en la línea de 16" del patín de medición EM 030201 por orificio de 81.28 mm (3.2 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65E-04 UVCE: 2.50E-0	CHOF: 1.48E-03 UVCE: 2.25E-03
E4-PCA	Fuga en el cabezal general de descarga de 30" de compresores por orificio de 152.4 mm (6 in) de diámetro equivalente liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65E-04 UVCE: 2.50E-04	CHOF: 1.48E-03 UVCE: 2.25E-03
E5-PCA	Derrame del tanque de almacenamiento T 031001 a una capacidad del 50% del volumen total del tanque, liberando aceite residual al dique de contención con posible formación de vapores.	CHOF: 3.69E-04	CHOF: 3.32E-03
E6-CMP	Fuga en la línea de 3" posterior a calentamiento del gas combustible PA 031601 por orificio de 15.24 mm (0.6 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65E-04	CHOF: 1.48E-03
E7-CMP	Fuga en la línea de 4" posterior a regulación del gas combustible PA-031904 por orificio de 20.32 mm (0.8 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65E-04	CHOF: 1.48E-03
E8-PCA	Rotura total de la línea de 10" del bypass de la válvula MLV 010203 en el ducto de transporte (gasoducto) de 30", liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 2.57E-05 UVCE: 3.90E-05	CHOF: 2.31E-04 UVCE: 3.51E-04
E9-CMP	Fuga en la línea de 16" de descarga de filtros separadores FS 040201/040202 por orificio de 81.28 mm (3.2 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65-04 UVCE: 2.50E-04	CHOF: 1.48E-03 UVCE: 2.25E-03
E10-CMP	Fuga en la línea de 20" del patín de medición ER 040301 por orificio de 101.6 mm (4 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65-04 UVCE: 2.50E-04	CHOF: 1.48E-03 UVCE: 2.25E-03
E11-CMP	Fuga en la línea de 16" de descarga de filtros separadores FS 032701/032702 por orificio de 81.28 mm (3.2 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65-04 UVCE: 2.50E-04	CHOF: 1.48E-03 UVCE: 2.25E-03
E12-CMP	Fuga en la línea de 8" del patín de medición EM 032801 por orificio de 40.64 mm (1.6 in) de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 1.65-04	CHOF: 1.48E-03
<p>Efecto dominó. El efecto dominó considera el evento que involucre a la mayor cantidad de sustancia en una tubería (mayor radio de afectación). En base a los resultados obtenidos en los escenarios simulados por el efecto dominó, se observó que el alcance de afectación del escenario concatenado al evento inicial impacta a toda la estación de compresión El Fuerte y sobrepasa el límite del predio. Siempre existe la posibilidad de un efecto dominó en instalaciones donde se manejan materiales peligrosos, en este caso el manejo de gas natural. Factores como el tiempo de incidencia de la radiación térmica sobre los equipos, la presencia de objetos que puedan ser impulsados debido a la onda de choque, son factores clave para la evolución del efecto dominó. Para los escenarios analizados los tiempos de incidencia a radiaciones térmica de 37.5 kW/m², son mínimos debido a la actuación de los sistemas de seguridad que evitará la alimentación de material sobre el evento de fuego presente. En el caso del nivel de sobrepresión de 10 lb/in², la exposición está relacionada con la distancia al punto de explosión que pueda ocasionar un daño severo. Podemos mencionar que el efecto dominó tiene una probabilidad de escalación baja sobre el evento original o inicial.</p>			
E13-DOM	Fuga en el cabezal general de descarga de 30" de compresores por orificio de 152.4 mm (6 in) de diámetro equivalente liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. La onda de choque con el valor de 10 lb/in ² resultante de la explosión no confinada del gas natural, impacta con el equipo E-30803 y lo mueve de sus cimientos logrando una rotura de las líneas tanto de alimentación como de descarga; lo que provoca una fuga masiva de gas natural por un orificio de 16 in (406.4 mm) hacia la atmósfera. En este punto el gas liberado encuentra una fuente de ignición y se forma un chorro de fuego	CHOF: 1.65E-04 UVCE: 2.50E-0	CHOF: 1.48E-03 UVCE: 2.25E-03

TAG Escenario	Descripción del escenario	Frecuencia controlada	Frecuencia sin control
	(jet fire), la duración del escenario peligroso estará en función del material que este en las tuberías y al tiempo de cierre de las válvulas de emergencia al momento del incidente.		

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

V.4.4 Jerarquización de escenarios de riesgo

La jerarquización de riesgos es representada por cinco valores de probabilidad y cinco valores de severidad (consecuencia) para cuatro receptores de riesgo (daños a las personas, comunidad, ambiental e instalaciones) y tres niveles de riesgo (alto, medio y bajo). Ver Figura V.32. Matriz de Riesgos.

Severidad de las consecuencias (S)	Probabilidad de ocurrencia (P)				
	Catastrófico (1)	Mayor (2)	Buena (3)	Menor (4)	Incidental (5)
Frecuente (1) El incidente puede ocurrir muy probablemente en esta instalación. Posiblemente varias veces durante su tiempo de vida.					
Ocasional (2) El incidente en esta instalación alguna vez durante su tiempo de vida.					
Rara vez (3) El incidente ha ocurrido en una instalación similar y puede ocurrir razonablemente en esta instalación.					
Irprobable / remota (4) Dados los procesos actuales y los procedimientos este incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable, sin embargo las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido.					
Muy remota / Casi imposible (5) 10% (5) a 10% (6), o menor.					

Clasificación	
BAJO	Bajo – gestión mediante mejora continua.
MEDIO	Medio – incorporar salvaguardas y medidas de reducción del riesgo y mitigación de consecuencias.
ALTO	Alto – intolerable, valor de riesgo no aceptable. Escenario requiere proponer cambios a procesos, o bien nuevos o mejoras a salvaguardas. En caso de permanecer con valor residual alto, se necesitará evaluar excedido por medio de herramientas semicuantitativas (ej. LOPA) o cuantitativas (ej. simulación, QRA).

Figura V.32 Matriz de Riesgos

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Las matrices de riesgos normalmente se emplean para calificar inicialmente el nivel de riesgo y podría ser la primera etapa dentro de un análisis cuantitativo de éstos. Esta matriz aplica única y exclusivamente para la organización que la desarrolla. Las matrices de riesgos son gráficas en dos dimensiones en cuyos ejes se presenta la categoría de frecuencia de ocurrencia y la categoría de severidad de las consecuencias sobre el personal, la población, el medio ambiente y el negocio. Esas matrices están divididas en regiones que representan los riesgos tolerables, en región ALARP y los no tolerables. Por un lado, las ventajas en el uso de las matrices de riesgos son, entre otras, son simples de entender y fáciles de aplicar y bajo costo de aplicación.

Por otro lado, algunas de las desventajas que se tienen al utilizar las matrices de riesgo son las siguientes:

- ⊕ La evaluación de la frecuencia de ocurrencia es subjetiva, de “Muy Frecuente” a “Extremadamente raro” y,
- ⊕ Las categorías de frecuencia y de consecuencias son cualitativas y generan un alto grado de incertidumbre.

La jerarquización para cada receptor de riesgo (DNV-RR-009 al 012) para el Proyecto se incluye en el Anexo Técnico ANX-TEC-06. En la Figura V.33 y V.34 se muestran los escenarios asociados a las regiones de Alto Riesgo (A), Riesgo Medio (M) y Bajo Riesgo (B) respectivamente, para cada uno de los receptores evaluados.

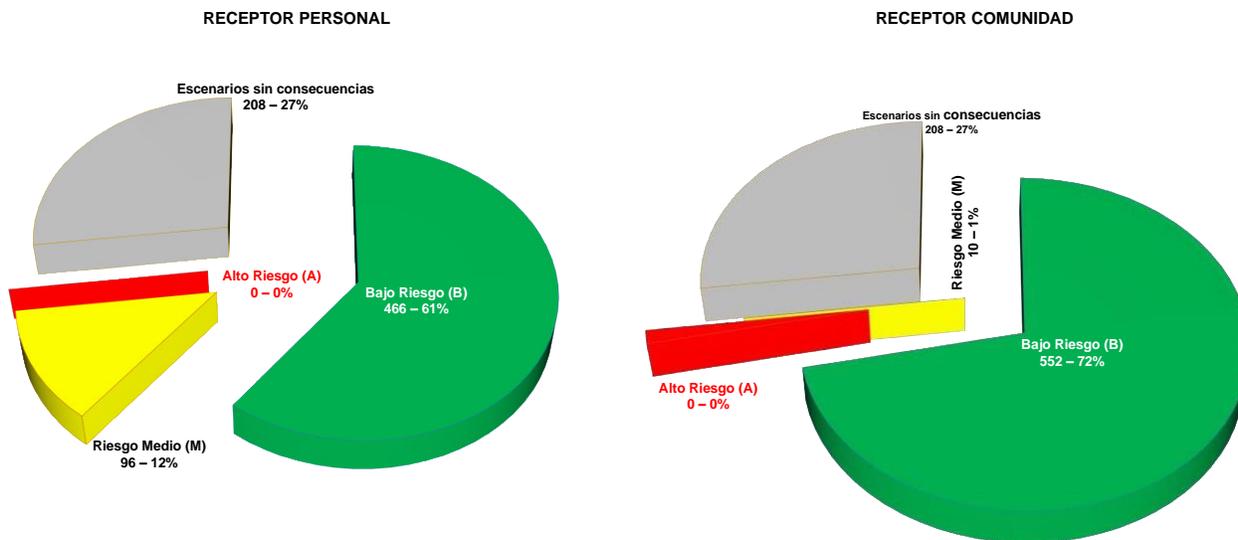


Figura V.33 Jerarquización por receptor individual

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

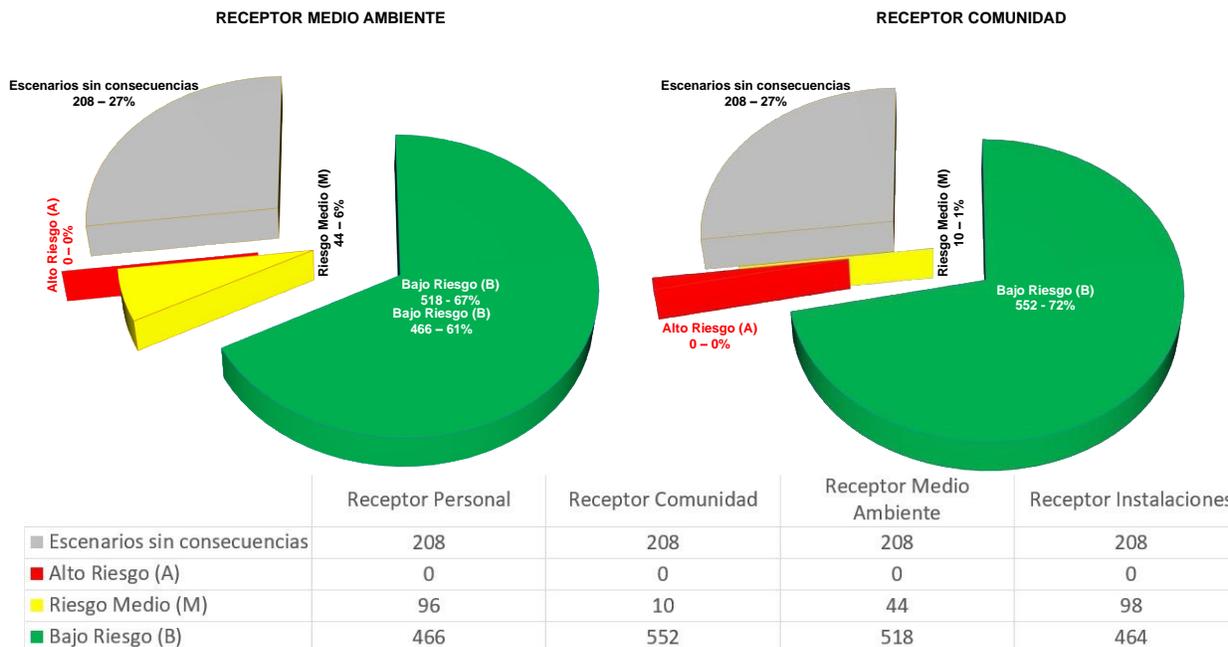


Figura V.34 Jerarquización por receptor individual

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

La jerarquización global de cada escenario de riesgo identificado en el análisis cualitativo se hará mediante magnitud de riesgos. La magnitud de riesgos de los 567 escenarios jerarquizados; se obtendrá por medio de la fórmula de la magnitud de riesgos que representa la sumatoria del producto de cada valor de frecuencia absoluto por los valores absolutos de cada valor de consecuencia de cada receptor de riesgos y el nivel de riesgo se asigna de acuerdo con el resultado de la magnitud de riesgo, ver Anexo Técnico ANX-TEC-06.

De los 770 escenarios analizados ninguno se encuentra en la región de Alto Riesgo, el 14% (111 escenarios) en la región de Riesgo Medio y el 59% (451 escenarios) tienen un nivel de riesgo bajo, mientras que el 27% (208 escenarios) restante no tuvo clasificación de riesgo por tratarse de escenarios sin consecuencias de interés a la seguridad del sistema y/o no tener causa creíble. En la Figura V.35 se ilustra la posición de cada uno de los escenarios jerarquizados por su Magnitud de Riesgo (MR) dentro de la matriz de riesgos.

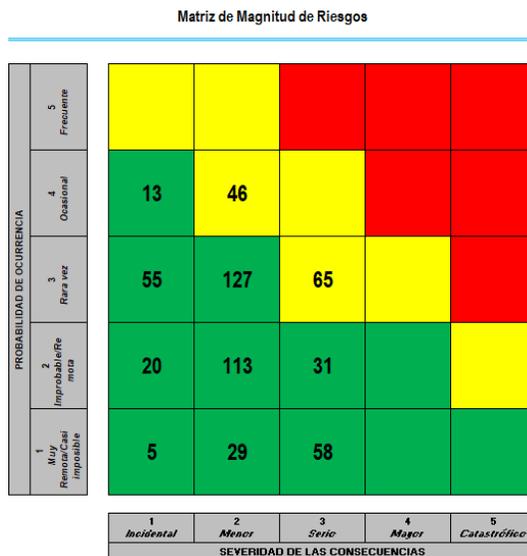


Figura V.35 Posición de cada uno de los escenarios jerarquizados

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

En el Anexo Técnico ANX-TEC-06 se presenta la magnitud de riesgo en el documento DNV-MR-002 con el listado de todos los escenarios clasificados en orden del de mayor magnitud hasta el de menor para el Proyecto.

V.4.5 Análisis cuantitativo de riesgo

Como resultado del análisis cuantitativo de frecuencias, del total de escenarios peligrosos (29); todos redujeron la probabilidad de ocurrencia posicionándose en un nivel de Riesgo Bajo (B).

V.4.5.1 Análisis de frecuencias

De acuerdo con el reporte, el análisis de frecuencias se realiza para aquellos escenarios cuya magnitud de riesgos obtenida en la identificación de peligros se encuentre en la región de Alto Riesgo (A) y aquellos ubicados en la región de Riesgo Medio (M), considerados por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo como escenarios ALARP de interés para la evaluación. En la evaluación cualitativa ninguno de los escenarios jerarquizados se ubica en la región de riesgo alto. De los escenarios en región de riesgo medio, se seleccionarán para el análisis, los escenarios que cumplan las siguientes condiciones:

- ⊕ Escenarios con frecuencias iguales o superiores a 4 (Ocasional: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).
- ⊕ Escenarios con frecuencias iguales a 3 (Rara vez: El incidente ha ocurrido en una instalación similar y puede ocurrir razonablemente en esta instalación) y con consecuencias de fatalidades, es decir, consecuencias: 4 (mayor) o 5 (catastrófico) para daño a las personas o/y comunidad.

Nota: Se descarta el análisis por frecuencias para aquellos escenarios cuya causa estén asociadas a fenómenos naturales cuya frecuencia no es imputable a la instalación.

La Tabla V.77 muestra los escenarios que cumplen estos requisitos y que serán considerados en análisis de frecuencias.

Tabla V.77 Escenarios que cumplen con el análisis de frecuencias

Escenario (Desviación)	Descripción	Magnitud de Riesgo	Probabilidad Ocurrencia
02.10.4.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 4. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
03.8.3.1	8. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
04.8.3.1	8. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
05.11.8.1	11. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 8. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
06.10.3.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
07.10.3.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
08.10.3.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
09.10.3.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
10.10.3.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
11.10.3.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
25.10.3.1	10. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
26.8.3.1	8. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
27.8.3.1	8. Fuga en presencia de Fuente de ignición por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Incendio/explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	30	3
02.9.4.1	9. Pérdida de Contención por 4. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
03.9.4.1	9. Pérdida de Contención por 4. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4

Escenario (Desviación)	Descripción	Magnitud de Riesgo	Probabilidad Ocurrencia
04.7.3.1	7. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
05.10.8.1	10. Pérdida de Contención por 8. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores). Que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
06.9.3.1	9. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
07.9.3.1	9. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
08.9.3.1	9. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
09.9.3.1	9. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
10.9.3.1	9. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
11.9.3.1	9. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
25.9.3.1	9. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
26.7.3.1	7. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
27.7.3.1	7. Pérdida de Contención por 3. Golpe externo grave (por actividades de mantenimiento por parte de contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores), que ocasiona 1. Fuga de producto con posible daño a personas, daño al ambiente y pérdidas económicas.	28	4
08.2.3.1	2. Baja Presión por 3. Saturación del medio filtrante debido a alto contenido de líquidos/sólidos en la corriente de gas, que ocasiona 1. Problemas en el sello de la turbina.	20	4
09.1.1.2	1. Alta Presión por 1. Queda abierta la válvula manual en bypass del lazo de control de nivel de filtros FS-030101/030102, FS-0327101/0327102 o válvulas manuales en descarga del paquete de acondicionamiento de gas combustible y gas de sello a turbinas, descarga de paquete de acondicionamiento de gas combustible a motocompresores por error operativo tras un mantenimiento (Excesos de confianza, stress, falta de experiencia), que ocasiona 2. Daños a instrumentos/ equipos asociados debido al arrastre de gas y la liberación a la atmósfera del gas por la línea de venteo del tanque de condensados.	20	4
12.1.2.1	1. La columna de venteo contiene residuos sólidos por 2. Caída de sólidos o animales pequeños dentro de la columna que ocasiona 1. Posible daño a animales dentro de la columna de venteo.	20	4

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Teniendo en cuenta que los valores de probabilidad propuestos para la matriz de riesgos son valores ponderados del 1 al 5, que corresponden con una descripción de probabilidad dada, se pueden establecer sus valores numéricos. El Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo ponderó y estimó las probabilidades para los diferentes riesgos evaluados en el análisis cualitativo. En la Tabla V.78 se presentan los valores de probabilidad y frecuencias correspondientes a estas estimaciones cualitativas.

Tabla V.78 Datos de confiabilidad

Categoría de Probabilidad	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Tasa de fallos anuales correspondiente, λ ($\gamma-1$)	Probabilidad
1	Muy remota / casi imposible	Entre 100000 y 1000000 años (5.0E-06)	$1E-06 \leq P < 1E-05$ 5.00E-06
2	Improbable / remota Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido.	Entre más de 1000 y 100000 años (1.0E-04)	$1E-05 \leq P < 1E-03$ 1.00E-4
3	Rara vez El incidente ha ocurrido en una instalación similar y puede ocurrir razonablemente en esta instalación	Entre más de 30 y 1000 años (5.15E-3)	$1E-03 \leq P < 3.25E-02$ 5.14E-3
4	Ocasional El incidente ha ocurrido en esta instalación alguna vez durante su tiempo de vida.	1 vez en 30 años (3.3E-02)	3.25E-02
5	Frecuente El incidente puede ocurrir muy probablemente en esta instalación. Posiblemente varias veces durante su tiempo de vida	1 o más veces al año (1.0E00)	6.32E-01

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

El análisis detallado de frecuencias se realizó, primeramente, mediante una comparación de las frecuencias estimadas contra los datos recogidos en bases de datos reconocidas o considerando el efecto de la implementación de las recomendaciones propuestas para el escenario analizado. Además, para contribuir al análisis puede aplicarse la técnica de árbol de fallos, que considera todas las causas que puedan llevar al evento peligroso incorporando la actuación de las protecciones previstas para prevenir la ocurrencia del evento y mitigar sus consecuencias.

Para el análisis de frecuencias se realizó una evaluación detallada de cada escenario. Algunos escenarios de riesgos son muy similares y se repiten en diferentes nodos y en ocasiones se presentan con las mismas causas. Esto permite agrupar algunos de ellos y hacer un análisis por grupo de escenarios, simplificando, pero garantizando que el análisis y resultados de la re-jerarquización, se haya realizado con la profesionalidad requerida.

Escenarios reposicionados por árboles de fallos.

Los escenarios 02.9.4.1, 03.9.4.1, 04.7.3.1, 05.10.8.1, 06.9.3.1, 07.9.3.1, 08.9.3.1, 09.9.3.1, 10.9.3.1, 11.9.3.1, 25.9.3.1, 26.7.3.1, 27.7.3.1., representan a los escenarios de pérdida de contención por golpe externo grave en el Estación de Compresión El Fuerte y que han sido evaluados en las sesiones HazOp:

- ⊕ Probabilidad estimada por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo=4 (Ocasional: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).
- ⊕ Probabilidad re-ponderada=2 (Improbable / remota: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).

Los escenarios 02.10.4.1, 03.8.4.1, 04.8.3.1, 05.11.8.1, 06.10.3.1, 07.10.3.1, 08.10.3.1, 09.10.3.1, 10.10.3.1, 11.10.3.1, 25.10.3.1, 26.8.3.1, 27.8.3.1., representan a los escenarios de incendio/explosión (Fuga en presencia de Fuente de ignición) una vez ocurrida la fuga debido a golpes externos.

La probabilidad de que ocurra una ignición puede considerarse como 0.1 según sitio web de la AIChE, por lo que, la probabilidad de ocurrencia de estos eventos es la probabilidad de la ocurrencia de fuga (los eventos de pérdida de contención por golpe externo fueron re-ponderados a $P=2$) por la probabilidad de ocurrencia de ignición.

- ⊕ Probabilidad estimada por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo=2 (Improbable / remota: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).
- ⊕ Probabilidad re-ponderada=2 (Improbable / remota: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).

El escenario 08.2.3.1., representa posibles problemas en el sello de la turbina por baja presión debido a saturación del medio filtrante en el sistema de acondicionamiento de gas de sello.

- ⊕ Probabilidad estimada por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo=4 (Ocasional: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).
- ⊕ Probabilidad re-ponderada=2 (Improbable / remota: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).

Escenarios reposicionados por estimación de frecuencias.

El escenario 09.1.1.2., representa la ocurrencia de una alta presión en el tanque de condensados al quedar abierta la válvula manual en bypass del lazo de control de nivel de filtros FS-030101/030102, FS-0327101/0327102 o válvulas manuales en descarga del paquete de acondicionamiento de gas combustible y gas de sello a turbinas, descarga de paquete de acondicionamiento de gas combustible a motocompresores por error operativo tras un mantenimiento (excesos de confianza, stress, falta de experiencia) con la posibilidad de ocasionar daños a instrumentos/ equipos asociados debido al arrastre de gas y la liberación a la atmósfera del gas por la línea de venteo del tanque de condensados.

- ⊕ Probabilidad estimada por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo=4 (Ocasional: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).
- ⊕ Probabilidad re-ponderada=2 (Improbable / remota: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).

El escenario 12.1.2.1., representa la posible caída de sólidos o animales pequeños dentro de la columna de venteo que ocasiona un posible daño a animales dentro de la columna de venteo.

- ⊕ Probabilidad estimada por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo=4 (Ocasional: Dadas las prácticas actuales y los procedimientos ese incidente no es probable que ocurra en esta instalación o altamente improbable; sin embargo, las estadísticas muestran que un evento similar ha ocurrido).
- ⊕ Probabilidad re-ponderada=1 (Muy remota / Casi imposible).

En el Anexo Técnico ANX-TEC-06. Frecuencias se presenta el reporte DNV-AF-001 con los cálculos y consideraciones para el análisis detallado de frecuencias de todos los escenarios considerados.

V.4.5.2 Análisis de Consecuencias

Una vez obtenido el listado de los escenarios de riesgo para la elaboración del Análisis de Consecuencias, fueron complementados de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4.2.2 de la Guía-ARSH. En la presente sección se mencionan las consideraciones generales para el programa de simulación matemática (PHAST versión 9.0) para los escenarios de fuga y rotura propuestos:

La composición del gas natural fue obtenida del diagrama de flujo de proceso GN0621-PR-200-DFP-001 conformada por metano (90.31 %vol.), etano (6.83 %vol.), propano (0.53 %vol.), n-butano (0.07 %vol.), isobutano (0.04 %vol.), n-pentano (0.01 %vol.), isopentano (0.01 %vol.), hexano (0.01 %vol.), nitrógeno (2.05 %vol.) y dióxido de carbono (0.16 %vol.) para todos los escenarios.

Para la composición del aceite lubricante, se tomó un aceite lubricante mineral como referencia, al estar hecho de una composición de fluido base proveniente del crudo de petróleo (cadena de 20 a 30 átomos de carbono) en un 85% a 95%, fue usado como compuesto de simulación el n-eicosano (100%).

El tiempo de duración de la fuga está concebido como el tiempo de cierre de los sistemas de bloqueo en la instalación para atención del evento peligroso más el tiempo que tarde el inventario empacado en agotarse. Para el sistema de transporte se contemplaron dos sistemas de cierre (bloqueo) 19, un sistema automático y un sistema semiautomático.

- ⊕ El sistema automático corresponde con el sistema de paro de emergencia mandando a cierre las válvulas SDV y/o ESDV, para este sistema se contempló el tiempo de 120 segundos para las fugas dentro de las instalaciones. En el caso del gasoducto corresponde con el sistema de paro de emergencia mandando a cierre las válvulas de seccionamiento (con sistema line break), el sistema contempla un tiempo de cierre menor de 60 segundos.
- ⊕ El sistema semiautomático corresponde con el sistema del control distribuido y la respuesta del operador ante una respuesta de alarmas críticas y el cierre de las válvulas MOV, para este sistema dentro de las instalaciones, se contempló el tiempo de 300 segundos, mismo que se tomó para las fugas, en el caso de las roturas se contempló un tiempo de 120 segundos.

El cálculo del inventario para escenarios que involucren fluidos compresibles (fase gas) fue mediante el producto del tiempo de cierre de las válvulas de aislamiento y el valor de tasa de descarga obtenida del simulador PHAST, más el volumen entrampado en la sección comprendida por el escenario. Para el cálculo del inventario entrampado se consideró la ecuación de cálculo de empaque siguiente y el resultado se convirtió a gal con el software PHAST:

$$I_{EMP} = \frac{\pi}{4} * D_i^2 * L * \left(\frac{P_{AV}}{P_B}\right) * \left(\frac{Z_B}{Z_{AV}}\right) * \left(\frac{T_B}{T_{AV}}\right) * C_F$$

<p>Donde:</p> <p>I_{EMP} = Inventario empacado. D_i = Diámetro de la tubería. L = Longitud de la tubería. P_{AV} = Presión absoluta promedio del tramo. P_B = Valor de presión a condiciones base (14.73 psia). Z_B = Factor de compresibilidad a condiciones base (1)</p>	<p>Z_{AV} = Factor de compresibilidad a condiciones de P_{AV} y T_{AV}. Valor de temperatura a condiciones base (60 °F). T_B = Temperatura absoluta promedio del tramo T_{AV} = Temperatura absoluta promedio del tramo C_F = Factor de corrección de volumen (1).</p>
--	---

Los tiempos de duración de fuga fueron obtenidos del consenso con el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo de acuerdo con la experiencia y tomando como criterio de salida lo reportado en el punto 4.C.2 “Blocking System” del documento Guidelines for quantitative risk assessment (Purple Book) de diciembre de 2005.

Ecuación modificada basada en la Ley Universal de los Gases del documento “Metodología y Cálculo del Empaque para el Sistema Nacional de Gasoductos (SNG)” propuesta por CENAGAS.

El cálculo del inventario para escenarios que involucren fluidos incompresibles (fase líquida) fue mediante el producto del tiempo de cierre de las válvulas de aislamiento y el valor de tasa de descarga obtenida del simulador PHAST, más el inventario atrapado en la tubería. Para el cálculo del inventario atrapado se consideró la fórmula del volumen de una tubería y el resultado se convirtió a kg con el software PHAST:

$$I_{EMP} = \left(\frac{\pi}{4} * D_i^2 * L \right)$$

Donde:

- IEMP= Inventario empaçado.
- Q = Tasa de descarga.
- L = Longitud de la tubería.
- t =Tiempo de cierre de las válvulas de aislamiento.
- Di = Diámetro de la tubería.

El volumen atrapado que fue contemplado en la ecuación de cálculo de empaque fue con los siguientes datos, que se presentan en la Tabla V.79.

Tabla V.79 Datos para cálculo de volumen atrapado

Tag Escenario	Limite	Longitud (m)	Diámetro pulg (m)
E1-PCA	Fuga de la línea de alimentación a estación de 30" por orificio de 152.4 mm (6") liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y explosiva. Desde válvula de bola (TIE IN 01). Pasando por la línea 30"-GN- 030101-D0A4, hasta la válvula ESDV 030101 y válvula manual HV 030102 de bypass.	300	30 (0.762)
E2-CMP	Fuga en la línea de 30" de descarga de filtros separadores FS 030101/FS030102 por orificio de 152.4 mm (6") de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde la válvula ESDV 030101, pasando por los filtros FS- 030101/030102 y por la línea 30"-GN-030106-D0A1. Hasta las válvulas MOV-030201/030202.	130	30 (0.762)
E3-CMP	Fuga en la línea de 16" del patín de medición EM 030201 por orificio de 81.28 mm (3.2) de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde las válvulas FV 030201/030202. Pasando por el sistema de regulación y de medición. Hasta la válvula HV-030203 y válvula manual HV 030205 de bypass.	255	16 (0.4064)
E4-PCA	Fuga en el cabezal general de descarga de 30" de compresor por orificio de 152.5 mm (8") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde la brida en línea de descarga de unidades de compresión. Pasando por las válvulas SDV 030601/030702/030802, válvulas MOV 030601/030702/030802 hasta válvula ESDV 032501.	136, 523	30, 16 (0.762, 0.4064)
E5-PCA	Derrame del tanque de almacenamiento T 031001 a una capacidad del 50% de volumen total del tanque, liberando aceite mineral al dique de contención con posible formación de vapores inflamables. 50% de la capacidad del tanque de almacenamiento de aceite lubricante.	No Aplica	No Aplica
E6-CMP	Fuga en la línea de 3" posterior a calentamiento del gas combustible PA 031601 por orificio de 15.24 mm (0.6") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde válvula ESDV 031601 y válvula HV 031601 de bypass. Pasando por filtros separadores FS 031601/031602, calentadores eléctricos HE 031601/031602. Hasta válvulas PCV 031601/031603.	46	3 (0.0762)
E7-CMP	Fuga de la línea de 4" posterior a regulación del gas combustible PA031904 por orificio de 20.32 mm (0.8") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde válvula ESDV 031901 y válvula HV 031901 de bypass. Pasando por línea regular filtros separadores FS 031901/031902, calentadores eléctricos HE 031901/031902. Hasta válvulas PCV 031901/031903.	37	4 (0.1016)
E8-PCA	Rotura total de la línea de 10" del baypass de la válvula MLV 010203 en el ducto de transporte (gasoducto), liberando gas natural con posible formación	24,743.99	30 (0.762)

Tag Escenario	Límite	Longitud (m)	Diámetro pulg (m)
	de nube inflamable y/o explosiva. Desde válvula MLV 010102. Pasando por la línea 30"-GN-010202- D0A2. Hasta válvula MLV 010203.		
E9-CMP	Fuga en la línea de 16" de descarga de filtros separadores 040201 040201. Desde la válvula ESDV 040101 y válvula HV 040102 de bypass. Pasando por los filtros FS-040201/040202, la línea 20"-GN-040206- D0A1, los patines de medición EM 040301. Hasta las válvulas MOV 040304/040305/040306.	14, 35, 31, 67	30, 20, 16, 10 (0.762, 0.508, 0.4064, 0.254)
E10-CMP	Fuga de la línea de 20" del patín de medición ER 040301 por orificio de 101.6 mm (4") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde válvulas MOV 040307/040308. Pasando por el patín de regulación EM 040301. Hasta válvulas ESDV 040302 y HV 040306.	25, 30	20, 16 (0.508, 0.4064)
E11-CMP	Fuga en la línea de 16" de descarga de filtros separadores FS 032701 032702 por orificio de 81.28 mm (3.2") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde la válvula ESDV 032701, pasando por los filtros FS- 032701/032702 y por la línea 16"-GN-032706-D0A1. Hasta las válvulas MOV-032801/032802/032803.	76.3, 35.2	20, 16 (0.508, 0.4064)
12-CMP	Fuga en la línea de 8" del patín de medición EM 032801 por orificio de 40.64 mm (1.6") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. Desde las válvulas FV 030201/0302002. Pasando por el sistema de regulación y de medición. Hasta las válvulas manuales HV-032802 y HV 032801 de bypass.	30.6, 54.0, 56.0	10, 16, 8 (0.254, 0.4064, 0.2032)

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Los valores de PAV y TAV usados en la ecuación de cálculo de empaque fueron los reportados en las columnas de Presión y Temperatura.

La condición meteorológica fue bajo el siguiente criterio:

- ⊕ Estabilidad atmosférica 1.5 F:
 - ✓ Punto de Interconexión TIE IN 01: Temperatura mínima promedio de 18.3 °C para simular de noche, humedad relativa media anual del 55% y dirección del viento Oeste-Suroeste.
 - ✓ Estación de Compresión El Fuerte: Temperatura mínima promedio de 18.3 °C para simular de noche, humedad relativa media anual del 55% y dirección del viento Oeste-Suroeste.
 - ✓ EMRyC Topolobampo: Temperatura mínima promedio de 15.3 °C para simular de noche, humedad relativa media anual del 65% y dirección del viento Oeste-Suroeste.
 - ✓ MLV-010203: Temperatura mínima promedio de 15.3 °C para simular de noche, humedad relativa promedio anual del 65% y dirección del viento Oeste-Suroeste.
- ⊕ Estabilidad atmosférica 1.5 A-B:
 - ✓ Punto de Interconexión TIE IN 01: Temperatura máxima promedio de 32.5 °C para simular de día (radiación solar moderada), humedad relativa media anual del 55% y dirección del viento Oeste-Suroeste.
 - ✓ Estación de Compresión El Fuerte: Temperatura máxima promedio de 32.5 °C para simular de día (radiación solar moderada), humedad relativa media anual del 55% y dirección del viento Oeste-Suroeste.
 - ✓ EMRyC Topolobampo: Temperatura máxima promedio de 33.7 °C para simular de día (radiación solar moderada), humedad relativa media anual del 65% y dirección del viento Oeste-Suroeste.
 - ✓ MLV-010203: Temperatura máxima promedio de 33.7 °C para simular de día (radiación solar moderada), humedad relativa media anual del 65% y dirección del viento Oeste – Suroeste.
- ⊕ Condiciones ambientales y meteorológicas permanecen constantes durante el tiempo del evento.
- ⊕ Para las direcciones de las fugas se tomaron horizontales paralelos a la dirección del viento con 45° de inclinación para las fugas y para los escenarios de rotura se tomó la dirección horizontal.
- ⊕ El punto de ignición para las fugas fue tomar en cuenta desde la ubicación del escenario de fuga hasta la periferia de la estación. Para las roturas totales fue tomada la distancia de un metro como fuente de ignición.

- # El flujo y condiciones de presión y temperatura son las establecidas en los diagramas de flujo de proceso GN0621- PR-200-DFP-001, GN0621-PR-203-DFP-001 y GN0621-PR-203-DFP-002, todos en revisión 1.
- # Para la simulación del evento de explosión se utilizó el modelo de Multi-energía, del software PHAST, ya que éste es más sofisticado y físicamente más realista que el modelo de TNT, así mismo, predice la duración y la sobrepresión del evento y representa mejor la explosión de la nube de vapor.

El listado de escenarios de riesgo y los resultados de los radios de afectación obtenidos para el Proyecto se indican en la Tabla V.77. En el Anexo Técnico ANX-TEC-07 se muestran los datos de los escenarios, datos de operación, tiempos de fuga, tasa de descarga, inventario para realizar la modelación con el PHAST.

Los resultados obtenidos de acuerdo con el análisis de consecuencias de los escenarios de riesgo seleccionados por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo a diferentes niveles (radiación térmica y sobrepresión), se presentan en la Tabla V.80; para lo cual, se utilizó la estabilidad meteorológica de 1.5 F (noche) y estabilidad 1.5 A-B (día); (ver hojas de datos de especificaciones en el Anexo Técnico ANX-TEC-07).

Tabla V.80 Resultados de radios de afectación, por cada escenario de riesgo evaluado

Escenario	Zona de Amortiguamiento*		Zona de Alto Riesgo*	
	Radiación Térmica (1.4 kW/m ²)	Sobrepresión (0.5 lb/in ²)	Radiación Térmica (5.0 kW/m ²)	Sobrepresión (1.0 lb/in ²)
E1-PCA Fuga de la línea de alimentación a estación de 30" por orificio de 152.4 mm (6") liberando natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 230.23	UVCE: 209.54	CHOF: 137.24	UVCE: 113.25
E2-CMP Fuga en la línea de 30" de descarga de filtros separadores FS 030101/FS030102 por orificio de 152.4 mm (6") de diámetro equivalente con liberación de gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 228.42	UVCE: 207.49	CHOF: 136.16	UVCE: 112.15
E3-CMP Fuga en la línea de 16" del patín de medición EM 030201 por orificio de 81.28 mm (3.2) de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 113.34	UVCE: 99.90	CHOF: 67.33	UVCE: 53.99
E4-PCA Fuga en el cabezal general de descarga de 30" de compresor por orificio de 152.5 mm (8") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 334.85	UVCE: 307.43	CHOF: 199.79	UVCE: 166.16
E5-PCA Derrame del tanque de almacenamiento T 031001 a una capacidad del 50% de volumen total del tanque, liberando aceite mineral al dique de contención con posible formación de vapores inflamables.	CHAF: 25.46 CHAFT: 25.46	UVCE: N/A	CHAF: 14.81 CHAFT: 14.81	UVCE: N/A
E6-CMP Fuga en la línea de 3" posterior a calentamiento del gas combustible PA 031601 por orificio de 15.24 mm (0.6") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 22.94	UVCE: N/A	CHOF: 12.99	UVCE: N/A
E7-CMP Fuga de la línea de 4" posterior a regulación del gas combustible PA031904 por orificio de 20.32 mm (0.8") de diámetro equivalente con liberación de gas con	CHOF: 30.28	UVCE: N/A	CHOF: 17.46	UVCE: N/A

Escenario	Zona de Amortiguamiento*		Zona de Alto Riesgo*	
	Radiación Térmica (1.4 kW/m ²)	Sobrepresión (0.5 lb/in ²)	Radiación Térmica (5.0 kW/m ²)	Sobrepresión (1.0 lb/in ²)
posible formación de nube inflamable y/o explosiva.				
E8-PCA Rotura total de la línea de 10" del bypass de la válvula MLV 010203 en el ducto de transporte (gasoducto), liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 508.51	UVCE: 482.73	CHOF: 303.28	UVCE: 260.91
E9-CMP Fuga en la línea de 16" de descarga de filtros separadores 040201 040201 orificio de 81.28 mm (3.2") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 188.49	UVCE: 172.89	CHOF: 112.25	UVCE: 93.44
E10-CMP Fuga de la línea de 20" del patín de medición ER 040301 por orificio de 101.6 mm (4") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 228.85	UVCE: 211.42	CHOF: 136.37	UVCE: 114.27
E11-CMP Fuga en la línea de 16" de descarga de filtros separadores FS 032701 032702 por orificio de 81.28 mm (3.2") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 114.58	UVCE: 100.76	CHOF: 68.07	UVCE: 54.46
E12-CMP Fuga en la línea de 8" del patín de medición EM 032801 por orificio de 40.64 mm (1.6") de diámetro equivalente con liberación de gas con posible formación de nube inflamable y/o explosiva.	CHOF: 58.63	UVCE: N/A	CHOF: 34.54	UVCE: N/A
E13-DOM Fuga en el cabezal general de descarga de 30" de compresores por orificio de 152.4 mm (6 in) de diámetro equivalente liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y/o explosiva. La onda de choque con el valor de 10 lb/in ² resultante de la explosión no confinada del gas natural, impacta con el equipo E-30803 y lo mueve de sus cimientos logrando una rotura de las líneas tanto de alimentación como de descarga; lo que provoca una fuga masiva de gas natural por un orificio de 16 in (406.4 mm) hacia la atmósfera. En este punto el gas liberado encuentra una fuente de ignición y se forma un chorro de fuego (jet fire), la duración del escenario peligroso estará en función del material que este en las tuberías y al tiempo de cierre de las válvulas de emergencia al momento del incidente.	CHOF: 908.33	UVCE: 597.22	CHOF: 588.01	UVCE: 322.79

* Los valores reportados para radiación térmica son referentes al radio y los valores de sobrepresión son del diámetro, ambos en metros.

CHOF: Chorro de fuego. CHAF: Charco de fuego temprano. CHAFT: Charco de fuego tardío. UVCE: Ignición tardía.

N.A.: No se alcanza (Not reached at height of interest).

Casos más probables CMP, peores casos PCA y efecto dominó DOM.

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Efecto Dominó.

Evento E13-DOM. Los posibles radios de afectación de los equipos que pueden presentar daños a consecuencia del efecto dominó del escenario E4-PCA (evento iniciador), en su mayoría se encuentran dentro de los posibles radios de afectación de estos mismos. Por lo que, los posibles daños a equipos de procesos en las instalaciones no aumentarían.

Cabe mencionar, que para que se presente un efecto dominó la exposición de los equipos de proceso, a niveles de radiación térmica de 37.5 kW/m², será por tiempo prolongado para que ocurra la fragilización del material. En el caso del nivel de sobrepresión de 10 lb/in², la exposición está relacionada con la distancia al punto de explosión y de la cantidad y tipo de objetos arrojados que puedan ocasionar un daño severo (orificio) al equipo de proceso.

V.5 Representación en planos de los radios potenciales de afectación

Este apartado tiene por objeto principal determinar las zonas vulnerables que están asociadas a los accidentes identificados, mediante la simulación del comportamiento real de una sustancia química, en la cual intervienen una multitud de factores, tales como:

- ⊕ Condiciones en que se produce la liberación de la sustancia.
- ⊕ Características fisicoquímicas de la misma.
- ⊕ Características del medio ambiente en el cual se produce la dispersión.
- ⊕ Interrelación entre la sustancia y el medio ambiente.

Para determinar los radios potenciales de afectación de los escenarios se utilizó el programa de simulación PHAST aceptado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Los eventos modelados en cada escenario fueron incendio y explosión; con fugas a través de orificios del 20% y 100% del diámetro nominal de las tuberías.

En el Anexo Técnico ANX-TEC-07, se presentan las hojas de datos de especificación para cada Escenario de Riesgo (de acuerdo con el Anexo 2 de la Guía-ARSH), donde se incluye los siguientes aspectos:

- a. Condiciones climáticas: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica.
- b. Estabilidad atmosférica.
- c. Dimensiones del equipo o tubería: diámetro, longitud, altura, capacidad.
- d. Condiciones de operación: presión, temperatura, flujo y nivel.
- e. Sustancia y sus propiedades a las condiciones de operación: composición molar o fracción masa, presión de vapor, densidad, estado físico y temperatura de ebullición.
- f. Diámetros de fuga o ruptura considerados.
- g. Tasa de descarga (en caso de que dicho dato sea alimentado manualmente, este dato está en función del tipo de escenario fuga/catastrófico, diámetro de fuga, condiciones de operación, condiciones atmosféricas, propiedades físicas y químicas de la sustancia a las condiciones de operación, el flujo de balance de materia, la cantidad de sustancia en los equipos y/o líneas involucradas).
- h. Tiempos de duración de la fuga.
- i. Inventario liberado la tasa de fuga, el tiempo de fuga, inventario de la sustancia en los equipos y/o líneas involucradas).
- j. Dirección de la fuga, y altura de la fuga.

Finalmente, en el Anexo Técnico ANX-TEC-08 se presentan los planos a escala de 1:500, con los radios de afectación donde se indican las “Zonas de Alto Riesgo” y “Zonas de Amortiguamiento” obtenidas en los resultados del PHAST (radiación térmica y sobrepresión); en estos planos, se señalan los puntos de interés que apliquen: en el entorno, incluyendo sus nombres (zonas vulnerables de población, componentes ambientales, infraestructura vial e industrial).

V.6 Análisis de vulnerabilidad e interacciones de riesgo

V.6.1 Análisis de vulnerabilidad

Para realizar el análisis de vulnerabilidad en el presente Estudio de Riesgo, se consideraron las “Zonas de Alto Riesgo” y “Zonas de Amortiguamiento” de sobrepresión y radiación, así como las posibles afectaciones a los receptores de riesgo siguientes:

- ⊕ Población. Descripción de posibles afectaciones (lesiones, fatalidades) a población aledaña al Proyecto (zonas vulnerables de población).
- ⊕ Medio ambiente. Componentes ambientales como agua, aire, suelo, flora, fauna, principalmente a aquellas especies en peligro de extinción catalogadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, entre otros, tomando en cuenta las afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas (biodiversidad, fragilidad, hábitats, entre otros) para el caso del Estudio de Riesgo que acompaña la Manifestación de Impacto Ambiental.
- ⊕ Personal. Descripción de posibles afectaciones (lesiones, fatalidades) al personal que labora en el Proyecto.
- ⊕ Instalaciones/producción. Daños o afectaciones a equipos e Instalaciones que conforman el Proyecto o la infraestructura vial o industrial externa al Proyecto.

A continuación, de la Tabla V.81 a V.93 se muestra para cada uno de los escenarios simulados (clasificados como: “Peor Caso” y “Caso Más Probable”); el análisis de consecuencias con los posibles receptores de riesgo.

Tabla V.81 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 1)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E1-PCA	Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m ² , se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1 ^{er} grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2 ^{do} grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 209.54 m. Para la zona de radiación de 12.5 kW/m ² se esperan afectaciones a una persona por quemaduras de 1 ^{er} grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve), una persona por quemaduras de 2 ^{do} grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) y una persona puede llegar a presentar quemaduras (destrucción de las terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares) que podrían ocasionar la muerte (pérdida grave de fluidos corporales y alteraciones metabólicas graves) por estar expuesto dentro del radio de 74.55 m. El evento tuvo una máxima radiación incidente de 13.80 kW/m ² ; por tanto, no se registraron radiaciones térmicas de 37.5 kW/m ² . Por último, por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m ² a una distancia de 230.23 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. 	Ver sección de recomendaciones V.8.3 de este reporte punto
	Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 113.25 m, las personas tienen probabilidad del 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 48.54 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 24.22 m, dentro de estas zonas las personas no tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Para la exposición por ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 209.54 m.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	
	Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 137 m, rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y poco probable afectación a la flora (ver Tabla V.28) y fauna terrestre (ver Tabla V.52 y 53).	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia. ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m ² , los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 	
	Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 209.54 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 113.258 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 48.54 m los daños esperados a las áreas de proceso estiman entre \$1,000,000 USD hasta los \$10,000,000 USD por la probable distorsión de las estructuras de acero y daño severo a paneles de instrumentos y golpes a equipos. Por la onda de sobrepresión de 10 psi, no se esperan daños porque la dirección de la onda no alcanza equipos de la estación en un diámetro de 24.22 m.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.82 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 2)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E2-CMP	Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m ² , se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 136.16 m. Para la zona de radiación de 12.5 kW/m ² se esperan afectaciones a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve), una persona por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) y una persona puede llegar a presentar quemaduras (destrucción de las terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares) que podrían ocasionar la muerte (pérdida grave de fluidos corporales y alteraciones metabólicas graves) por estar expuesto dentro del radio de 73.78 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m ² a una distancia de 228.42 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. Por último, no se presentaron radiaciones térmicas de 37.5 kW/m ² (máxima radiación incidente de la flama es de 13.77 kW/m ²).	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. 	Ver sección de recomendaciones V.8.3 de este reporte punto
	Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 112.15 m, las personas tienen probabilidad del 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 48.07 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 23.99 m, dentro de estas zonas las personas no tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Para la exposición por ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 207.49 m de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	
	Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 136.16 m, rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y poco probable afectación a la flora (ver Tabla V.28) y fauna terrestre (ver Tabla V.52 y 53).	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia. ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m ² , los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 	
	Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 207.49 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 112.15 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 48.0719 m los daños esperados a las áreas de proceso estiman un costo mayor a \$1,000,000 USD, pero menor a \$10,000,000 USD, por la probable distorsión de las estructuras de acero y daño severo a paneles de instrumentos y golpes a equipos. Por la onda de sobrepresión de 10 psi, no se esperan daños porque la dirección de la onda no alcanza equipos de la estación en un diámetro de 23.99 m.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.83 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 3)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E3-CMP	<p>Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve) a una distancia de 67.33 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. Por último, no se presentaron radiaciones térmicas de 12.5 y 37.5 kW/m² (máxima radiación incidente de la flama es de 11.55 kW/m²).</p> <p>Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 53.9998 m, las personas tienen probabilidad del 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 23.14 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 12.90 m, dentro de estas zonas las personas no tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Para la exposición por ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 11.55 m de diámetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte
	<p>Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 67.33 m, no rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia. ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	<p>Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m², los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m².</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 	
	<p>Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 99.9081 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 53.9998 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 23.146 m los daños esperados serían mínimos ya que no existen equipos en la trayectoria de la onda de sobrepresión, con un costo estimado mayor a \$250,000 USD, pero menor a \$1,000,000 USD. Por la onda de sobrepresión de 10 psi, alcanza un diámetro de 11.5509 m, con daños mínimos en tuberías, paneles y estructuras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.84 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 4)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E4-PCA	Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m ² , se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 199.79 m. Para la zona de radiación de 12.5 kW/m ² se esperan afectaciones a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve), una persona por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) y una persona puede llegar a presentar quemaduras (destrucción de las terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares) que podrían ocasionar la muerte (pérdida grave de fluidos corporales y alteraciones metabólicas graves) por estar expuesto dentro del radio de 118.16 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m ² a una distancia de 334.85 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. Por último, no se presentaron radiaciones térmicas de 37.5 kW/m ² , debido a que la máxima radiación incidente alcanzada por la flama es de 15.16 kW/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. 	Ver sección de recomendaciones V.8.3 de este reporte punto
	Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 166.16 m, las personas tienen probabilidad del 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 71.22 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 35.54 m, dentro de estas zonas las personas no tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Para la exposición por ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 307.43 m de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	
	Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 199 m, rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y poco probable afectación a la flora (ver Tabla V.28) y fauna terrestre (ver Tabla V.52 y 53).	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m ² , los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 	
	Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 307.43 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 166.16 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi, en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 71.22 m y para la onda de sobrepresión de 10 psi se alcanzó un diámetro de 35.5439 m. Los daños a las unidades proceso se estiman mayor a \$1,000,000 USD, pero menor a \$10,000,000 USD por la probable distorsión de las estructuras de acero y daño severo a paneles de instrumentos y equipos.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.85 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 5)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E5-PCA	<p>Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 14.8123 m. Para la zona de radiación de 12.5 kW/m² se esperan afectaciones a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve), una persona por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) y una persona puede llegar a presentar quemaduras (destrucción de las terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares) que podrían ocasionar la muerte (pérdida grave de fluidos corporales y alteraciones metabólicas graves) por estar expuesto dentro del radio de 10.0712 m.</p> <p>Respecto a la zona con radiaciones térmicas de 37.5 kW/m² es probable la mortalidad para 1 persona de forma inmediata al quedar atrapado en el radio de 4.38 m. Por último, por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² a una distancia de 25.46 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	Ver sección de recomendaciones V.8.3 de este reporte punto
	<p>Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son debido a la ignición del material, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 14.81 m, no rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	<p>Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m², los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m². La zona de radiación térmica de 37.5 kW/m² alcanza un radio de 4.38 m, lo que significa que todo dentro de él se destruiría (trampas, válvulas, etc.) lo que equivale a daños superiores a los \$100 000 USD.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.86 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 6)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E6-CMP	<p>Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 12.99 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² a una distancia de 22.94 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. La máxima radiación incidente generada por el escenario es de 7.18 kW/m², Por tal motivo no se no se presentaron radiaciones térmicas equivalentes a 12.5 y 37.5 kW/m².</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	Ver sección de recomendaciones V.8.3 de este reporte de punto
	<p>Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son debido a la ignición del material, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 12.99 m, no rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias 	
	<p>Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m², los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 y 37.5 kW/m².</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.87 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 7)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E7-CMP	Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m ² , se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 17.4684 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m ² a una distancia de 30.28 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. Por último, la máxima radiación incidente generada por el escenario es de 7.91 kW/m ² , razón por la cual no se registraron afectaciones por radiaciones térmicas equivalentes a 12.5 y 37.5 kW/m.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Monitoreo de condiciones operativas (SCADA). ⊕ Actividades periódicas preventivas y predictivas (Plan de mantenimiento). ⊕ Especificaciones de tuberías y accesorios. ⊕ Sistema de Line Break de emergencias. ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte
	Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son debido a la ignición del material, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 17.46 m, no rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m ² , los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 y 37.5 kW/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.88 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 8)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E8-PCA	Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m ² , se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 303.28 m. Para la zona de radiación de 12.5 kW/m ² se esperan afectaciones a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve), una persona por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) y una persona puede llegar a presentar quemaduras (destrucción de las terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares) que podrían ocasionar la muerte (pérdida grave de fluidos corporales y alteraciones metabólicas graves) por estar expuesto dentro del radio de 189.69 m. Por último, por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m ² a una distancia de 508.51 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte
	Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 260.914 m, las personas tienen una probabilidad de 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 111.836 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 55.811 m, dentro de estas zonas		

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
	<p>las personas no tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Por exposiciones a ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 482.73 m.</p> <p>Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son debido a la ignición del material, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 303.28 m, rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y poco probable la afectación a las instalaciones industriales del área.</p> <p>Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m², los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m². La zona de radiación térmica de 37.5 kW/m² no fue alcanzada en el escenario debido a que la máxima radiación incidente alcanzo solo 16.67 kW/m².</p> <p>Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 482.73 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 260.91 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 111.83 m. Por la trayectoria del evento, no se encuentran equipos de proceso de la instalación o de instalaciones externas, los costos tendrían un estimado de daños mayor a \$250,000 USD, pero menor a \$1,000,000 USD. Por la onda de sobrepresión de 10 psi se registrarían a los 55.811 m de diámetro teniendo costos por daños mayor a \$250,000 USD, pero menor a \$1,000,000 USD.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.89 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 9)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E9-CMP	<p>Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 112.25 m. Para la zona de radiación de 12.5 kW/m² se esperan afectaciones a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve), una persona por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) y una persona puede llegar a presentar quemaduras (destrucción de las terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares) que podrían ocasionar la muerte (pérdida grave de fluidos corporales y alteraciones metabólicas graves) por estar expuesto dentro del radio de 57.66 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² a una distancia de 188.49 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. Por último, no se presentaron radiaciones térmicas de 37.5 kW/m² (la flama produce una radiación incidente máxima de 13.3398 kW/m²).</p> <p>Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 93.44 m, las personas tienen probabilidad del 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 40.05 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 19.98 m, dentro de estas zonas las personas no</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
	tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Para la exposición por ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 172.89 m de diámetro.		
	Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 112.25 m, rebasará los límites de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y poco probable afectación a la flora y fauna marina (ver Tablas V.54, V.58 y V.59).	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m ² , los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. 	
	Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 172.89 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 93.44 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 40.05 m los daños esperados serían mayores a \$250,000 USD, pero menor a \$1,000,000 USD. Por la onda de sobrepresión de 10 psi, los daños esperados serían mayores a \$250,000 USD, pero menor a \$1,000,000 USD, por encontrarse dentro de los 19.989 m de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos del Proyecto "Gasoducto Corredor Norte" (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.90 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 10)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E10-CMP	<p>Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 136.37 m. Para la zona de radiación de 12.5 kW/m² se esperan afectaciones a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve), una persona por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) y una persona puede llegar a presentar quemaduras (destrucción de las terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares) que podrían ocasionar la muerte (pérdida grave de fluidos corporales y alteraciones metabólicas graves) por estar expuesto dentro del radio de 75.02 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² a una distancia de 228.85 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. Por último, no se presentaron radiaciones térmicas de 37.5 kW/m² (la flama produce una radiación incidente máxima de 14.016 kW/m²).</p> <p>Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 114.27 m, las personas tienen probabilidad del 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 48.98 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 24.44 m, dentro de estas zonas las personas no</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
	tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Para la exposición por ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 228.85 m de diámetro.		
	Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 136.37 m, rebasará los límites de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y poco probable afectación a la flora y fauna marina (ver Tabla V.54).	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m ² , los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m ² . Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 228.85 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 114.27 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 48.9814 m los daños esperados serían mayores a \$250,000 USD, pero menor a \$1,000,000 USD. Por la onda de sobrepresión de 10 psi, diámetro de 24.4439 m, se tendrían afectaciones económicas mayores a \$250,000 USD, pero menor a \$1,000,000 USD.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.91 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 11)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E11-CMP	<p>Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). No se esperan daños por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas y durante el periodo de recuperación es posible la pérdida de fluido corporal y alteraciones metabólicas) hacia las personas que se encuentren dentro de un radio de 68.07 m. Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² a una distancia de 114.58 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. No se alcanzaron radiaciones térmicas de 12.5 y 37.5 kW/m².</p> <p>Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi a una distancia de 54.46 m, las personas tienen probabilidad del 1% de sufrir lesiones a tímpanos no habría fatalidades por lesiones a los pulmones. Para ondas de sobrepresión de 3 psi se tiene un diámetro de 23.34 m y para ondas de sobrepresión de 10 psi se alcanza un diámetro de afectación de 11.65 m, dentro de estas zonas las personas no tendrían afectaciones ni fatalidades por lesiones de pulmón. Para la exposición por ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones, esto es a una distancia de 100.76 m de diámetro.</p> <p>Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
	zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 68.07 m, no rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	<p>Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m², los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 y/o 37.5 kW/m².</p> <p>Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 100.76 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 54.46 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas no habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendría un diámetro de 23.34 m los daños esperados rondarían entre \$1,000,000 USD hasta los &10,000,000; por la probable distorsión de las estructuras de acero y daño severo a paneles de instrumentos. Por la onda de sobrepresión de 10 psi, el daño a las áreas de proceso con un costo estimado mayor a \$1,000,000 USD, pero menor a \$10,000,000, se generarían por encontrarse dentro de los 11.6504 m de diámetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.92 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 12)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E12-CMP	<p>Personas: Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², se registrarían daños a una persona por quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve). Por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² a una distancia de 58.63 m no se presentarían molestias, ya que este es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. No se presentaron radiaciones térmicas de 12.5 y 37.5 kW/m². Por exposición a ondas de sobrepresión no se tendrían afectaciones porque a las condiciones simuladas no se presenta el evento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte
	<p>Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 34.54 m, no rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
	<p>Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m², los equipos no sufren daños mecánicos. No habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 y/o 37.5 kW/m².</p> <p>Por exposición de los equipos no se darían afectaciones porque no se presenta el evento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Tabla V.93 Descripción de los posibles receptores de riesgo (escenario 13 Efecto dominó)

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
E13-DOM	<p>Para la radiación de 12.5 kW/m² se encuentran dentro del radio todos los equipos de compresión (compresores, aerofriadores, sistema de gas combustible y sistema de gas de sello); el radio de afectación por a la incidencia de la radiación térmica de 37.5 kW/m² no alcanza equipos propios de la instalación ni equipos externos. El alcance de la radiación térmica de 5.0 kW/m² cubre la totalidad de la estación de compresión El Fuerte y la estación externa de El Oro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). ⊕ Sistema de detección de intrusos. 	Ver sección de recomendaciones punto V.8.3 de este reporte
	<p>Las ondas de choque capaces de causar daño a los equipos (3 y 10 lb/in²), ya sea por desplazamiento o por golpes con objetos impulsados cubren toda el área de compresión (compresores, aerofriadores, sistema de gas combustible y sistema de gas de sello). La zona de deño por ondas de sobrepresión de 1.0 lb/in² alcanza el perímetro de la estación externa de El Oro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Control de acceso y seguridad perimetral 	
	<p>Ambiente: Las afectaciones hacia el aire son por la liberación de gas natural fuera de los límites permitidos y en caso de ocurrir la ignición, por la generación de gases y humos de la combustión. La zona de alto riesgo por radiación térmica que es de 588.01 m, rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y poco probable afectación a la flora (ver Tabla V.28) y fauna terrestre (ver Tabla V.53).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias. 	
	<p>Instalaciones: Por exposición a radiaciones térmicas de 1.4 a 5.0 kW/m², los equipos sufren daños mecánicos. Habría daños a los equipos por la incidencia de radiación térmica de 12.5 kW/m².</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Implementación del Plan de Respuesta a Emergencias 	

Clave del escenario	Receptores de riesgo	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones
		(PRE).	
	Por exposición de los equipos dentro del diámetro de 597.225 m correspondiente a ondas de sobrepresión de 0.5 psi, y dentro del diámetro de 322.797 m para el nivel de sobrepresión de 1 psi; en ambas zonas habría consecuencias hacia los equipos de proceso. Para el valor de sobrepresión de 3 psi se tendrían un diámetro de 138.361 m y para la onda de sobrepresión de 10 psi se alcanzó un diámetro de 69.04 m. Los daños a las unidades proceso se estiman mayor a \$1,000,000 USD, pero menor a \$10,000,000 USD por la probable distorsión de las estructuras de acero y daño severo a paneles de instrumentos y equipos.	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Extintores portátiles y de carretilla. ⊕ Sistema de alarmas críticas de proceso. ⊕ Sistema de paro de emergencia (SPE). ⊕ Sistema de detección de gas y fuego (F&G). ⊕ Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). 	

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

V.6.2 Interacciones de riesgo

Para determinar las interacciones de riesgo en el presente Estudio, se identificaron los escenarios que por su ubicación pudieran potencializar el riesgo a través de un "Efecto Dominó" u otros mecanismos, debido a que dentro de las Zonas de Alto Riesgo por daño a equipos (radiación térmica: 5.0 kW/m² y sobrepresión: 1.0 lb/in²), se ubiquen equipos, ductos u otras Instalaciones industriales que manejen hidrocarburos u otras sustancias peligrosas, dentro o fuera de los límites de propiedad o jurisdicción del Proyecto; dichas interacciones se presentan en la Tabla V.94.

Tabla V.94 Interacciones de riesgo y descripción de los posibles receptores

Clave escenario de riesgo	Equipo / Sitio del Proyecto	Sustancia peligrosa involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga (m)
E1-PCA	Tramo Guaymas El Oro – Estación de Compresión El Fuerte de 30"ø	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	137.24	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tanque T-031201/T0-32001 ➤ Compresores C-031101/031102. ➤ Generadores GE-032301/032302 ➤ Tanque T-031001 ➤ Compresor TC- 032001 ➤ Compresor TC- 032102. ➤ Compresor TC- 032203. ➤ Paquete PA031601 (filtros) ➤ Paquete PA- 031702 (filtros) ➤ Paquete PA- 031904 (filtros) ➤ Filtros FS-030101/030102 ➤ Compresores C-031101/031102. ➤ Compresor TC- 032001 ➤ Paquete PA- 031904 (filtros) 	51
				Sobrepresión	113.25		60
			Alto Riesgo	Radiación	230.23		77
				Sobrepresión	209.54		69
E2-CMP	Sistema de filtración (FS-030101/030102)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	136.16	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tanque T-031201 ➤ Compresores C-031101/031102. ➤ Generadores GE-032301/032302 ➤ Tanque T-031001 ➤ Compresor TC- 032001 ➤ Compresor TC- 032102. ➤ Compresor TC- 032203. ➤ Paquete PA- 031601 (filtros) ➤ Paquete PA- 031702 (filtros) ➤ Paquete PA- 031904 (filtros) 	84
				Sobrepresión	112.15		105
			Alto Riesgo	Radiación	228.42		130
				Sobrepresión	207.49		106

Clave escenario de riesgo	Equipo / Sitio del Proyecto	Sustancia peligrosa involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga (m)
						➤ Aeroenfriadores E- 30601.	113
E3-CMP	Sistema de Medición (EM- 030201)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	67.33	➤ Tanque T-031001 ➤ Compresor TC- 032001 ➤ Paquete PA- 031601 (filtros).	60 75 97
				Sobrepresión	53.99		
			Alto Riesgo	Radiación	228.42		
				Sobrepresión	207.49		
E4-PCA	Sistema de enfriamiento de gas (E- 030601/030702/030803)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	199.79	➤ Compresor TC- 032203. ➤ Paquete PA- 031702 (filtros). ➤ Paquete PA- 031803 (filtros). ➤ Aeroenfriadores E- 30803. ➤ Compresor TC-032102. ➤ Compresor TC- 032203. ➤ Paquete PA- 031601 (filtros) ➤ Paquete PA- 031702 (filtros) ➤ Paquete PA- 031803 (filtros) ➤ Aeroenfriadores E- 30601. ➤ Aeroenfriadores E- 30702. ➤ Aeroenfriadores E- 30803.	60 32 52 25 52 60 30 33 53 8 24 29
				Sobrepresión	166.16		
			Alto Riesgo	Radiación	334.85		
				Sobrepresión	307.43		
E5-PCA32	Sistema de drenajes aceitosos (T- 031001)	Aceite Lubricante	Alto Riesgo en equipos	Radiación	14.81	➤ Compresor TC-032102.	10
				Sobrepresión	No se presenta		
			Alto Riesgo	Radiación	25.46		
				Sobrepresión	No se presenta		
E6-CMP	Sistema de acondicionamiento de gas combustible a turbinas (PA- 031601/031702/031803)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	12.99	➤ Ningún equipo presente en el área de afectación.	No aplica
				Sobrepresión	No se presenta		
			Alto Riesgo	Radiación	22.94		
				Sobrepresión	No se presenta		
E7-CMP	Sistema de acondicionamiento de gas combustible a moto generadores (PA- 031904)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	17.46	➤ Ningún equipo presente en el área de afectación.	No aplica
				Sobrepresión	No se presenta		
			Alto Riesgo	Radiación	30.28		
				Sobrepresión	No se presenta		
E8-PCA	Gasoducto Corredor Norte 30" (Ducto terrestre y Línea sumergida)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	303.28	➤ Equipos verticales (instalaciones ajenas al sistema en evaluación).	251
				Sobrepresión	260.91		
			Alto Riesgo	Radiación	508.51		
				Sobrepresión	482.73		
E9-CMP	Sistema Filtración (FS- 040201/040202)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	112.25	➤ Filtros FS- 040201/040202. ➤ Tanque T-040401	2.50 14
				Sobrepresión	93.44		

Clave escenario de riesgo	Equipo / Sitio del Proyecto	Sustancia peligrosa involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga (m)
			Alto Riesgo	Radiación	188.49		
				Sobrepresión	172.89		
E10-CMP	Sistema de medición (EM- 040301)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	136.37	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Filtro FS-040201/040202 ➤ Tanque T-040401 	5 8
				Sobrepresión	114.27		
			Alto Riesgo	Radiación	228.85		
				Sobrepresión	211.42		
E11-CMP	Sistema de filtración (FS-032701/032702)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	68.07	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aeroenfriadores E- 30601. ➤ Filtro FS-032702. 	52.83 12.39
				Sobrepresión	54.46		
			Alto Riesgo	Radiación	114.58		
				Sobrepresión	100.76		
E12-CMP	Sistema de medición (EM- 032801)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	34.54	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ningún equipo presente en el área de afectación. 	No aplica
				Sobrepresión	No se presenta		
			Alto Riesgo	Radiación	58.63		
				Sobrepresión	No se presenta		
E13-DOM	Sistema de enfriamiento de gas (E-030601/030702/030803)	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	588.01	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Compresor TC- 032203. ➤ Paquete PA- 031702 (filtros). ➤ Paquete PA- 031803 (filtros). ➤ Aeroenfriadores E- 30803. ➤ Compresor TC-032102. ➤ Compresor TC- 032203. ➤ Paquete PA- 031601 (filtros) ➤ Paquete PA- 031702 (filtros) ➤ Paquete PA- 031803 (filtros) ➤ Aeroenfriadores E- 30601. ➤ Aeroenfriadores E- 30702. ➤ Aeroenfriadores E- 30803. 	60 32 52 25 52 60 30 33 53 8 24 29
				Sobrepresión	322.79		
			Alto Riesgo	Radiación	908.33		
				Sobrepresión	597.22		

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

V.7 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo

En la Tabla V.95 se muestran las desviaciones que, basado en los resultados de los análisis cuantitativos por frecuencias, así como por consecuencias, tuvieron reposicionamiento:

- ⊕ Las primeros 46 desviaciones que por su nivel de riesgo (magnitud de riesgos, "MR") se ubican en la región de riesgo en la cual se debe realizar un análisis cuantitativo de riesgos; en este caso el nivel de Riesgo Medio, considerado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo como ALARP y de interés para la evaluación. De los cuales 37 de ellos (81%) disminuyeron su valor de consecuencia y frecuencia posicionándose en la región de Riesgo Bajo; 4 escenarios (8%) disminuyeron su valor de consecuencia en algunos receptores, pero mantuvo el mismo nivel de riesgo, es decir riesgo medio. Las 5 desviaciones restantes mantienen el nivel de riesgo asignado desde el análisis cualitativo.
- ⊕ Las restantes 60 desviaciones corresponden a los vinculados con el análisis detallado de consecuencias de radiación y sobrepresión; en cuyo caso se incluyen dentro del reposicionamiento, para demostrar metodológica y sistemáticamente que se encuentran con el nivel de Riesgo Bajo asignado desde el análisis cualitativo. En 12 de las desviaciones (20%) se mantuvo el valor de magnitud de riesgo; en 27 (45%) se disminuyó su valor de magnitud de riesgo y los restantes 21 (35%) incrementaron su valor de magnitud. En todos los casos no se incrementó el nivel de riesgo asignado, quedando en la región de Riesgo Bajo.

Tabla V.95 Reposicionamiento de escenarios

Desviaciones	Cualitativa						Reposicionamiento					
	Probabilidad	CPE	CPR	CMA	CAC	MR	Probabilidad	CPE	CPR	CMA	CAC	MR *
02.10.4.1	3	4	1	2	3	30	2	4	1	2	3	20
02.10.5.1	3	4	1	2	3	30	3	4	1	2	3	30
02.10.7.1	3	4	1	2	3	30	3	4	1	2	3	30
03.8.3.1	3	4	1	2	3	30	3	4	1	2	3	30
04.8.3.1	3	4	1	2	3	30	2	2	1	2	2	14
04.8.4.1	3	4	1	2	3	30	3	2	1	2	2	21
04.8.5.1	3	4	1	2	3	30	3	2	1	2	2	21
05.11.8.1	3	4	1	2	3	30	2	4	1	2	3	20
06.10.3.1	3	4	1	2	3	30	2	4	1	2	3	20
06.10.4.1	3	4	1	2	3	30	3	4	1	2	3	30
06.10.5.1	3	4	1	2	3	30	3	4	1	2	3	30
07.10.3.1	3	4	1	2	3	30	2	3	1	2	2	16
07.10.4.1	3	4	1	2	3	30	3	3	1	2	2	24
07.10.5.1	3	4	1	2	3	30	3	3	1	2	2	24
08.10.3.1	3	4	1	2	3	30	2	4	1	2	3	20
09.10.3.1	3	4	1	2	3	30	2	4	1	2	3	20
10.10.3.1	3	4	1	2	3	30	2	2	1	2	2	14
10.10.4.1	3	4	1	2	3	30	3	2	1	2	2	21
10.10.5.1	3	4	1	2	3	30	3	2	1	2	2	21
10.11.1.1	3	4	1	2	3	30	3	2	1	2	2	21
11.10.3.1	3	4	1	2	3	30	2	4	1	2	3	20
17.10.3.1	3	4	1	2	3	30	3	4	1	2	2	27
18.8.3.1	3	4	1	2	3	30	3	4	1	2	2	27
25.10.3.1	3	4	1	2	3	30	2	3	1	2	3	18
25.10.5.1	3	4	1	2	3	30	3	3	1	2	3	27
25.10.7.1	3	4	1	2	3	30	3	3	1	2	3	27

Desviaciones	Cualitativa						Reposicionamiento					
	Probabilidad	CPE	CPR	CMA	CAC	MR	Probabilidad	CPE	CPR	CMA	CAC	MR *
26.8.3.1	3	4	1	2	3	30	2	4	1	2	3	20
27.8.3.1	3	4	1	2	3	30	2	3	1	2	2	16
27.8.5.1	3	4	1	2	3	30	3	3	1	2	2	24
27.8.7.1	3	4	1	2	3	30	3	3	1	2	2	24
02.9.4.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
03.7.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
04.7.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
05.10.8.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
06.9.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
07.9.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
08.9.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
09.9.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
10.9.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
11.9.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
25.9.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
26.7.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
27.7.3.1	4	2	1	2	2	28	2	2	1	2	2	14
08.2.3.1	4	1	1	1	2	20	2	1	1	1	2	10
09.1.1.2	4	1	1	2	1	20	2	1	1	2	1	10
12.1.2.1	4	1	1	2	1	20	1	1	1	2	1	5
15.4.21.3	2	3	4	2	3	24	2	2	5	2	2	22
15.6.28.3	2	3	4	2	3	24	2	2	5	2	2	22
15.6.33.3	2	3	4	2	3	24	2	2	5	2	2	22
15.8.40.2	2	3	4	2	3	24	2	2	5	2	2	22
15.9.42.3	2	3	4	2	3	24	2	2	5	2	2	22
15.9.44.3	2	3	4	2	3	24	2	2	5	2	2	22
15.4.17.4	2	3	4	2	2	22	2	2	5	2	2	22
15.4.18.3	2	3	4	2	2	22	2	2	5	2	2	22
15.4.19.3	2	3	4	2	2	22	2	2	5	2	2	22
15.4.20.3	2	3	4	2	2	22	2	2	5	2	2	22
02.10.6.1	2	4	1	2	3	20	2	4	1	2	3	20
04.8.6.1	2	4	1	2	3	20	2	2	1	2	2	14
06.10.6.1	2	4	1	2	3	20	2	4	1	2	3	20
07.10.6.1	2	4	1	2	3	20	2	3	1	2	2	16
10.10.6.1	2	4	1	2	3	20	2	2	1	2	2	14
25.10.1.1	2	4	1	2	3	20	2	3	1	2	3	18
25.10.6.1	2	4	1	2	3	20	2	3	1	2	3	18
27.8.6.1	2	4	1	2	3	20	2	3	1	2	2	16
01.9.42.3	2	3	1	2	3	18	2	4	1	2	3	20
07.10.1.1	3	1	1	2	1	15	3	3	1	2	2	24
02.10.2.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	2	18
04.8.1.1	2	2	1	2	2	14	2	2	1	2	2	14

Desviaciones	Cualitativa						Reposicionamiento					
	Probabilidad	CPE	CPR	CMA	CAC	MR	Probabilidad	CPE	CPR	CMA	CAC	MR *
06.10.2.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	3	20
10.10.2.1	2	2	1	2	2	14	2	2	1	2	2	14
17.10.2.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	2	18
17.10.4.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	2	18
17.10.5.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	2	18
18.8.1.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	2	18
18.8.4.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	2	18
18.8.5.1	2	2	1	2	2	14	2	4	1	2	2	18
25.10.2.1	2	2	1	2	2	14	2	3	1	2	3	18
27.8.4.1	2	2	1	2	2	14	2	3	1	2	2	16
15.1.1.3	1	3	4	2	3	12	1	2	5	2	2	11
15.1.2.3	1	3	4	2	3	12	1	2	5	2	2	11
15.1.3.3	1	3	4	2	3	12	1	2	5	2	2	11
15.1.4.3	1	3	4	2	3	12	1	2	5	2	2	11
15.9.41.3	1	3	4	2	3	12	1	2	5	2	2	11
15.9.45.3	1	3	4	2	3	12	1	2	5	2	2	11
15.1.5.3	1	3	4	2	2	11	1	2	5	2	2	11
02.10.1.1	1	4	1	2	3	10	1	4	1	2	3	10
02.10.3.1	1	4	1	2	3	10	1	4	1	2	3	10
04.8.2.1	1	4	1	2	3	10	1	2	1	2	2	7
06.10.1.1	1	4	1	2	3	10	1	4	1	2	3	10
07.10.2.1	1	4	1	2	3	10	1	3	1	2	2	8
10.10.7.1	1	4	1	2	3	10	1	2	1	2	2	7
17.10.1.1	1	4	1	2	3	10	1	4	1	2	2	9
18.8.2.1	1	4	1	2	3	10	1	4	1	2	2	9
25.10.4.1	1	4	1	2	3	10	1	3	1	2	3	9
27.8.1.1	1	4	1	2	3	10	1	3	1	2	2	8
27.8.2.1	1	4	1	2	3	10	1	3	1	2	2	8
01.1.1.3	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
01.1.2.2	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
01.1.4.3	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
01.1.5.3	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
01.4.16.3	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
01.9.41.3	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
01.9.44.3	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
01.9.45.3	1	3	1	2	3	9	1	4	1	2	3	10
10.10.1.1	1	4	1	2	2	9	1	2	1	2	2	7
17.10.6.1	1	2	1	2	2	7	1	4	1	2	2	9

* MR = Matriz de Riesgo

Fuente: Información tomada del documento Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (Reporte No.: 10497833-2024-SEMPRA-ARSH-GCN).

Esto nos dice que, de las 111 desviaciones identificadas en la parte cualitativa con un nivel de riesgo medio, el 67% (74 desviaciones) mantuvo el nivel de riesgo asignado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo y el 33% (37) fueron reposicionados.

De las 451 desviaciones identificadas con el nivel de riesgo bajo en la etapa cualitativa, estos se incrementaron un 8% (37) después de su reposicionamiento.

Por lo tanto, la nueva distribución de las desviaciones con un nivel de riesgo asignado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo en la etapa cualitativa; posterior al reposicionamiento, sería de 488 con un nivel de riesgo bajo, lo que equivale al 63% y 74 con un nivel de riesgo medio, lo que equivale al 10% y 208 sin clasificación de riesgo, equivalente al 27%.

V.8 Sistemas de seguridad y medidas para administrar los escenarios de riesgo

V.8.1 Sistemas de seguridad

V.8.1.1 Ducto, válvulas de seccionamiento y trampa intermedia

Los sistemas de detección y alarma cumplirán con los requisitos especificados en la NFPA 72 “National Fire Alarm Code”, y Especificación del Sistema de Detección y Alarma en Edificios que a continuación se describe:

Se deben considerar dispositivos de detección y alarma en todos los edificios de cada una de las instalaciones indicadas, de acuerdo con los dispositivos mostrados en el documento GN0621-FP-201-PL-001 (ver planos en el Anexo Técnico ANX-TEC-03).

Los dispositivos de los edificios de las instalaciones de las válvulas de seccionamiento (MLV) serán conectados a un tablero de detección y alarma de cada una de las instalaciones a fin de supervisar el estado y las condiciones de los sistemas de detección y alarma de todos los dispositivos del sistema de los edificios a proteger. Todas las alarmas y estatus de los dispositivos del sistema de detección y alarma serán monitoreados por el SCADA. Los equipos del sistema de detección y alarma, así como los accesorios y materiales a utilizar estarán listados por UL y/o aprobados por FM para servicio contra incendio.

El sistema de detección y alarma consistirá básicamente de los siguientes elementos y dispositivos:

- ⊕ Tablero de detección y alarma.
- ⊕ Detectores humo.
- ⊕ Detectores de humo a prueba de explosión.
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para hidrógeno en cuarto de baterías (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de baterías de níquel-cadmio).
- ⊕ Detector de gas tóxico para sulfuro de hidrógeno (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Equipo de respiración autónoma (se debe considerar instalar el equipo para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Alarmas audio visibles.
- ⊕ Alarmas visibles.
- ⊕ Alarmas audibles.
- ⊕ Detector de temperatura para cuarto de baterías.
- ⊕ Detectores de mezcla explosivas en las entradas de aire de los sistemas de HVAC.

V.8.1.2 Estación Topolobampo

Todos los dispositivos, cableado, canalizaciones y equipos serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

Se deben considerar dispositivos de detección y alarma en todos los edificios de cada una de las instalaciones indicadas, de acuerdo con los dispositivos mostrados en el documento GN0621-FP-204-PL-001 (ver planos en el Anexo Técnico ANX-TEC-03).

- ⊕ Cuarto/Caseta de analizadores. Las señales de los dispositivos de este edificio se dirigirán hacia el Panel Central del Cuarto de Control y serán alambrados punto a punto.
- ⊕ Cuarto eléctrico. Los dispositivos de seguridad de este edificio se dirigirán a un tablero de seguridad.
- ⊕ Cuarto de baterías. Los dispositivos de seguridad de este edificio se dirigirán a un tablero de seguridad.
- ⊕ Cuarto de Control. Los dispositivos de seguridad de este edificio se dirigirán a un tablero de seguridad.

Los dispositivos de todos los edificios de las instalaciones a excepción de los dispositivos de las casetas de analizadores serán conectados a un tablero de seguridad a fin de supervisar el estado y las condiciones de los sistemas de detección y alarma de los edificios a proteger. Todas las alarmas y estatus de los

dispositivos del sistema de detección y alarma serán monitoreados por el SCADA. Los equipos del sistema de detección y alarma, así como los accesorios y materiales a utilizar estarán listados por UL y/o aprobados por FM para servicio contra incendio.

El sistema de detección y alarma consistirá básicamente de los siguientes elementos y dispositivos:

- ⊕ Tablero de detección y alarma.
- ⊕ Detectores humo.
- ⊕ Detectores de humo a prueba de explosión.
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para hidrógeno en cuarto de baterías (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de baterías de níquel-cadmio).
- ⊕ Detector de gas toxico para sulfuro de hidrogeno (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Equipo de respiración autónoma (se debe considerar instalar el equipo para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Detectores de temperatura (cuarto de baterías).
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para detección de metano en cuarto de analizadores.
- ⊕ Alarmas audio visibles.
- ⊕ Alarmas visibles.
- ⊕ Alarmas audibles.
- ⊕ Generador de tonos.
- ⊕ Detectores de mezcla explosivas en las entradas de aire de los sistemas de HVAC.

V.8.1.3 Estación de Compresión El Fuerte

Los sistemas de detección, alarma y supresión cumplirán con los requisitos especificados en la NFPA 72, NFPA 2001. Los sistemas serán del tipo inteligente y direccionable, y estarán integrados por un tablero ubicado en el Cuarto de Control (ver planos Anexo Técnico ANX-TEC-03).

El tablero será conectado al sistema de fuego y gas (SFG) a través de protocolo de comunicación Modbus TCP/IP o al SCADA directamente a definirse durante la Ingeniería de Detalle, a fin de supervisar el estado y las condiciones de los sistemas de detección, alarma y supresión de todos los dispositivos del sistema de detección, alarma y supresión de los edificios a proteger. Los equipos del sistema de detección, alarma y supresión, así como los accesorios y materiales a utilizar estarán listados por UL y/o aprobados por FM para servicio contra incendio.

El sistema de detección y alarma consistirá básicamente de los siguientes elementos y dispositivos:

- ⊕ Tablero de Control.
- ⊕ Detectores humo.
- ⊕ Detectores térmicos.
- ⊕ Detectores multicriterio.
- ⊕ Detector de mezclas explosivas para hidrógeno en cuarto de baterías (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de baterías de níquel-cadmio).
- ⊕ Detector de gas toxico para sulfuro de hidrogeno (se debe considerar instalar el sensor al interior del cuarto y el transmisor al exterior para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Equipo de respiración autónoma (se debe considerar instalar el equipo para el caso de utilizar baterías de ion litio).
- ⊕ Dispositivos de notificación (alarmas audiovisuales, alarmas audibles y alarmas visibles).
- ⊕ Estaciones manuales de alarma.
- ⊕ Generador de tonos.
- ⊕ Detectores de mezclas explosivas en las entradas de aire para el sistema de aire acondicionado.

El tablero de control enviará una señal a través de módulos direccionales al Panel de Control para el paro de equipo de aire acondicionado y cierre de compuertas, en caso de presentarse una alarma por fuego.

V.8.1.4 Sistema de Supresión en Edificios

a. Sistema de supresión a base de agente limpio.

El cuarto de control principal, cuarto de gabinetes, cuarto eléctrico y sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) (SFI) (incluyendo sus respectivas áreas piso falso, falso plafón, área plena y área de ductos de acuerdo con el diseño arquitectónico) contarán con un sistema de supresión de fuego a base de agente limpio en cumplimiento con la NFPA 2001, cumpliendo con las características arquitectónicas adecuadas en los cuartos.

Los sistemas de supresión de fuego a base de agente limpio FK-5-1-12 serán por inundación total, con una concentración de diseño del 5% (dependiendo del tipo de instalación), tal que se alcance dicha concentración de diseño en un tiempo máximo de 10 segundos. Después que la concentración de diseño ha sido alcanzada, esta debe mantenerse por un periodo de tiempo no menor a 10 minutos.

Los sistemas de supresión, incluyendo el agente extinguidor, contarán con certificados de cumplimiento, emitidos por UL y/o FM. Los sistemas de supresión cubrirán los riesgos de incendio, tanto en área plena de los respectivos cuartos, como en el piso falso y falso plafón, en caso de existir.

Los sistemas de supresión de fuego tipo paquete a base de agente limpio serán activados por un sistema de detección de humo (fotoeléctrico) de zona cruzada, es decir, activación de un detector y la confirmación de un segundo.

Los sistemas estarán constituidos principalmente por los elementos siguientes:

- ⊕ Boquillas de descarga del agente limpio.
- ⊕ Red de tubería y accesorios.
- ⊕ Detectores de humo, multicriterio y/o térmicos.
- ⊕ Alarmas audibles y visibles.
- ⊕ Cilindros (principales y reserva).
- ⊕ Válvulas check a la descarga del cilindro.
- ⊕ Botón de aborto.
- ⊕ Interruptor por alta presión.
- ⊕ Interruptor de baja presión.
- ⊕ Estación manual de descarga.
- ⊕ Interruptor selector automático / mantenimiento.
- ⊕ Interruptor selector principal / reserva.
- ⊕ Válvulas solenoides.
- ⊕ Señalización.

Cada uno de los cuartos a proteger: cuarto de control, cuarto de gabinetes y cuarto eléctrico y UPS (SFI) deben contar con sus cilindros (principales y reserva) con activación independiente. Estos cilindros estarán protegidos de la intemperie (techados y cercados, con sus respectivos accesos y espacios para mantenimiento).

Los sistemas de supresión, una vez activados, enviarán una señal a través de módulos direccionales, hacia el panel de control de sistema de climatización y ventilación (HVAC) para el paro de equipo de aire acondicionado y cierre de compuertas (según corresponda). Se instalará equipo de respiración autónoma, en los cuartos con descarga del agente limpio. Este equipo cumplirá con las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-116-STPS-2009.

V.8.1.5 Sistema de Fuego y Gas (SFG)

El sistema de fuego y gas se describe a continuación:

El sistema de fuego y gas tiene como función principal, detectar oportunamente un conato de incendio o fuga para alertar al personal de manera que se realicen las acciones necesarias para protección de las personas, y se minimicen los daños materiales y pérdidas económicas.

La selección del tipo de tecnología de detección debe basarse en la identificación de los posibles escenarios contemplados durante el Análisis de Riesgo, Análisis de Consecuencias y en los requerimientos de NFPA 72, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- ⊕ La tasa de crecimiento del incendio.
- ⊕ Los riesgos de fuegos y de explosiones.
- ⊕ La naturaleza de los fluidos que se manejan.
- ⊕ Las condiciones ambientales.
- ⊕ La temperatura y la presión de los fluidos que se manejan.
- ⊕ Las cantidades de los materiales inflamables y combustibles.
- ⊕ Las capacidades del equipo y de los medios de extinción.

El sistema de fuego y gas estará diseñado para proteger las instalaciones exteriores de proceso, que se integrará mediante un Controlador Electrónico Programable ubicado en el cuarto de gabinetes. A través de su lógica, el Controlador Electrónico del sistema de fuego y gas realizará las acciones oportunas de forma segura y confiable para la activación de las válvulas automáticas e interruptores de presión de los sistemas de aspersión de espuma, alarmas audibles y alarmas visibles, previniendo al personal de las situaciones detectadas de peligro.

El sistema de fuego y gas será independiente y estará alojado en el Cuarto de Gabinetes de la Instalación; asimismo, será enlazado al SCADA por medio de una red LAN con el sistema SCADA para su monitoreo y control, dicho enlace será redundante. Estará basado en una arquitectura de controlador maestro para las operaciones de supervisión y control de toda la instrumentación de campo, así como de los servicios auxiliares requeridos.

El sistema de fuego y gas será localizado en el cuarto de gabinetes, estará basado en una arquitectura de controlador maestro para las operaciones de supervisión y control de toda la instrumentación de campo, así como de los servicios auxiliares requeridos.

El sistema de fuego y gas tendrá la capacidad de comunicarse por medio de una red LAN con el sistema SCADA y con la Estación de Operación del sistema de fuego y gas, dichos enlaces serán redundantes. Los equipos paquete deben contar con un controlador y/o un panel de control local que se comunique a través de MODBUS TCP/IP al sistema de fuego y gas.

El enlace entre los equipos paquete y el gabinete del sistema de fuego y gas que sean mediante Modbus TCP/IP, tendrá una velocidad de, al menos, 100 Mb/s a una distancia no mayor a 90 metros. Los dispositivos que conforman el sistema de fuego y gas son los siguientes (dependiendo de alcance de cada área):

- ⊕ Detectores de mezclas explosivas (tipo puntual tecnología infrarroja).
- ⊕ Detectores de flama (tecnología IR3).
- ⊕ Estaciones manuales de alarma por fuego.
- ⊕ Estación manual por abandono de instalación.
- ⊕ Alarmas visibles (semáforos).
- ⊕ Alarmas audibles.
- ⊕ Generadores de tonos.
- ⊕ Válvulas solenoides.
- ⊕ Interruptores de alta presión.

Los dispositivos antes mencionados deben ser cableados punto a punto al panel de control del Sistema de Fuego y Gas.

El Sistema de Fuego y Gas tendrá interacción con los siguientes sistemas, de acuerdo con el alcance de cada estación:

- ⊕ El Controlador Electrónico del sistema de fuego y gas monitoreará las señales de estado, alarma y falla de los Sistemas de Detección, Alarma y Supresión instalados en los edificios del Proyecto provenientes del Tablero de Control ubicado en el Cuarto de Control. El tablero será conectado al sistema de fuego y gas a través de protocolo de comunicación Modbus TCP/IP o al SCADA directamente a definirse durante la Ingeniería de Detalle.
- ⊕ El Controlador Electrónico del sistema de fuego y gas monitoreará y controlará las señales de estado, alarma y falla de las válvulas solenoides e interruptores de presión de los sistemas de espuma.
- ⊕ El Controlador Electrónico del sistema de fuego y gas enviará una señal al SPE en caso de contar con la confirmación de la detección de al menos 2 detectores de fuego o 2 detectores de mezclas explosivas. Señal por fuego confirmado y señal por confirmación de alta concentración de mezclas explosivas, mediante señales duras.
- ⊕ El Controlador Electrónico del sistema de fuego y gas enviará una señal al Sistema de CCTV en caso de presentarse una señal por fuego o detección de alta concentración de mezclas explosiva. Señal por fuego confirmado y señal por confirmación de alta concentración de mezclas explosivas, en la zona donde se presente el evento, vía comunicación. El sistema de fuego y gas envía una señal dura de contacto seco por fuego y una señal dura de contacto seco por gas a cada controlador de los turbocompresores.
- ⊕ Sistema de Control de Acceso.

Todos los dispositivos deben contar con sus placas de datos en material de acero inoxidable 304 adheridos de forma permanente al dispositivo, placa de identificación colgantes indicando TAG y servicio, y letreros de identificación para las condiciones de las alarmas audibles, alarmas visibles y estaciones manuales de alarma.

Localización e instalación de los dispositivos del sistema de fuego y gas.

Durante la etapa de Ingeniería de Detalle se debe elaborar un estudio de análisis y consecuencias en un software reconocido (PHA/ST) por personal especializado, en donde se analicen los diferentes escenarios de riesgo de cada uno de los equipos e instalaciones del Proyecto y se evalúen los puntos probables de fuga en la instalación, con la finalidad de determinar la correcta ubicación y altura de los detectores de fuego y mezclas explosivas.

La localización de los dispositivos del sistema de fuego y gas estará basada en los resultados de este estudio el cual se debe entregar al cliente como parte de los documentos/estudios de la Ingeniería de Detalle, los cuales deben mostrar la ubicación específica de cada uno de los dispositivos. Se deben considerar para el monitoreo de cada uno de los equipos y áreas de proceso, así como para edificios su monitoreo a través del traslape y confirmación de los conos de visión de los detectores de fuego (confirmación de detección de fuego a través de dos detectores) y confirmación de al menos dos detectores de mezclas explosivas.

Se deberá asegurar el monitoreo de gas y fuego en su totalidad de cada una de las instalaciones del proyecto. Los detectores de gas deberán ser instalados en los puntos probables de fuga.

Cada turbocompresor contará con un escabinado el cual debe tener su propio sistema de detección, alarma y supresión. Las señales de este sistema deben estar conectadas al PLC (Controlador) de cada turbocompresor. Este sistema es parte del suministro del proveedor de los turbocompresores.

Es alcance del EPC la canalización/cableado/conexión de las señales duras entre el PLC (Controlador) de cada turbocompresor y el sistema de paro de emergencia, por ejemplo: paro rápido, paro de emergencia, detección de fuego en el interior del escabinado, detección de gas dentro del escabinado, entre otros.

Las áreas externas del turbocompresor (áreas fuera del encabinado) deben contar con detectores de fuego, detectores de mezclas explosivas en los puntos más probables de fuga (por ejemplo, bridas). Se considerarán botoneras del sistema de fuego y gas y alarmas audibles y visibles.

Los detectores de fuego y mezclas explosivas cubrirán de forma efectiva los puntos probables de fuga de cada turbocompresor considerando al menos dos detectores de mezclas explosivas en succión, dos detectores de mezclas explosivas en la descarga y cuatro detectores de fuego cubriendo estos mismos puntos.

El diseño del sistema de fuego y gas dará servicio a las siguientes áreas y/o equipos, se deben considerar detectores de mezclas explosivas, detectores de fuego, alarmas y estaciones manuales de alarma en los siguientes equipos:

- ⊕ Filtros.
- ⊕ Patines de medición.
- ⊕ Patines de regulación.
- ⊕ Válvulas de paro de emergencia.
- ⊕ Turbocompresores de gas.
- ⊕ Enfriadores de gas.
- ⊕ Paquetes de acondicionamiento de gas combustible.
- ⊕ Paquete de acondicionamiento de gas de sello.
- ⊕ Tanque de aceite residual.
- ⊕ Tanque de condensados.
- ⊕ Moto generadores.
- ⊕ Enfriadores de gas.
- ⊕ Bombas de aceite residual.
- ⊕ Trampa de envío de diablos.
- ⊕ Paquete de recuperación de venteos.
- ⊕ Cuarto de analizadores.
- ⊕ Paquete de HVAC.
- ⊕ Válvulas de corte que forman parte del Sistema de Paro de Emergencia

V.8.1.6 Detectores de mezclas explosivas

Para la protección de las áreas de proceso se considerarán detectores de gas combustible/mezclas explosivas (específicos para metano) del tipo IR (tecnología por absorción energía en la banda de Infrarrojo) y con operación en forma “puntual”, formados por un transmisor y un sensor con capacidad de medir la explosividad de una mezcla (aire + gas combustible) en un rango de 0 a 100% LEL (Nivel bajo de Explosividad, por sus siglas en inglés) y transmitir una señal analógica en el rango de 0-20 mA / Hart, proporcional al valor medido. al igual se podrán obtener las siguientes condiciones para ser monitoreadas desde la estación de operación del Sistema de Fuego y Gas:

- ⊕ Alarma por baja concentración (20% LEL).
- ⊕ Alarma por alta concentración (40%LEL).
- ⊕ Falla del detector.
- ⊕ Detector en calibración.
- ⊕ Óptica bloqueada.
- ⊕ Estado normal.

Estas señales deben ser configuradas y desplegadas en la estación de operación del Sistema de Fuego y Gas para su monitoreo.

El ensamble será acorde para Clase 1, División 1, Grupo D y con un mínimo de dos entradas roscadas para tubería conduit de ¾ “NPT. La caja del detector será de aluminio libre de cobre con recubrimiento epóxico o de acero inoxidable, a prueba de explosión. Se instalarán detectores de mezclas explosivas en los puntos probables de fuga y de acuerdo con los resultados de los análisis de consecuencias. Se realizará un estudio específico para la adecuada ubicación de los detectores de mezclas explosivas y fuego, considerando el comportamiento de la sustancia a fugar, dirección del viento y escenarios de riesgo, este estudio será entregado, utilizando para ello el software PHAST.

Los detectores de mezclas explosivas serán calibrados para la detección de metano de acuerdo con las recomendaciones del proveedor y se debe garantizar la correcta calibración y funcionalidad de estos.

Los detectores para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuados y cumplir con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estos también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo. Se suministrará, junto con los detectores de mezclas explosivas, los kits de calibración necesarios incluyendo el gas necesario y apropiado para la calibración de todos los sensores suministrados de acuerdo con la sustancia a detectar, así como los equipos y herramientas necesarias para las pruebas y puesta en operación de los detectores. Dichos detectores estarán aprobados por FM o listados por UL.

V.8.1.7 Detectores de flama (IR3)

Los detectores de fuego de triple infrarrojo (IR3) serán colocados en áreas abiertas específicas donde el fuego se puede producir instantáneamente y donde la velocidad de respuesta es una característica vital, tienen la función de supervisar continuamente el área en donde se encuentran instalados y cuando estos detectan la presencia de fuego, mandan la señal al PLC/SFG, el cual, a su vez, envía una respuesta como señal de salida hacia las alarmas visibles y audibles de campo, y a las válvulas solenoides de los sistemas de espuma correspondientes para su apertura y activación de los sistemas de espuma, donde aplique.

Los detectores de fuego operarán a 24 VCD nominales, con señal de salida de 0-20 mA / HART (0-4 diagnóstico, 4-20 medición) la cual es enviada al PLC del SFG, quien recibe y registra las siguientes condiciones:

- ⊕ Falla de suministro de energía
- ⊕ Falla general
- ⊕ Falla de integridad óptica (lente sucio)
- ⊕ Falla de IR
- ⊕ Operación normal
- ⊕ Alarma por fuego

Estas señales deben ser configuradas y desplegadas en la estación de operación del Sistema de Fuego y Gas para su monitoreo.

La carcasa del detector será de aluminio libre de cobre con recubrimiento epóxico o acero inoxidable, con una entrada para tubería conduit roscada de ¾" NPT. Apropiado para instalación en áreas clasificadas Clase 1, División 2, Grupo D, a prueba de explosión.

Los detectores serán instalados de forma tal, que al menos, dos detectores de fuego monitoreen la misma zona de riesgo.

Los detectores para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuados y cumplir con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estos también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

Los detectores deben tener un cono de visión para metano mínimo de 38 metros. Los detectores estarán aprobados por FM o listados por UL.

V.8.1.8 Estaciones manuales de alarma por fuego

Las estaciones manuales de alarma serán del tipo doble acción, con contactos normalmente abiertos que operarán con la segunda acción. Las estaciones manuales de alarma estarán instaladas de tal manera que se recorrerá una distancia no mayor a 60 metros para tener acceso a una estación manual de alarma, de acuerdo con NFPA 72.

En campo, se instalarán en los mismos puntos donde se coloquen las alarmas visibles y audibles, aunque podrá haber algunas independientes donde se considere conveniente. Su ubicación será en lugares de fácil acceso, libres de obstrucciones y fácilmente identificables por el personal. La activación de cualquier estación manual de alarma enviará una señal al sistema de fuego y gas, para ejecutar la acción correspondiente.

Las estaciones manuales de alarma que estén en campo tendrán una clasificación eléctrica a prueba de explosión. Las estaciones que estén ubicadas dentro de edificios tendrán una clasificación de acuerdo con la clasificación eléctrica de los edificios.

La caja de conexiones de la alarma manual será hermética y con entrada roscada de 3/4" NPT, con recubrimiento epóxico en color rojo bermellón, apropiada para instalación en áreas clasificadas, a prueba de explosión, para clasificación de área Clase 1, División 1, Grupo D.

Las estaciones manuales de alarma para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuadas y cumplir con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estas también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo. Las estaciones manuales de alarma serán suministradas en color rojo con su respectivo letrero.

V.8.1.9 Estación manual de alarma de abandono de instalaciones

La estación manual de alarma para abandono de instalaciones será del tipo doble acción, con contactos normalmente abiertos que operarán con la segunda acción. La estación estará ubicada en el cuarto de control, tendrá una clasificación eléctrica de usos generales y será suministrada en color blanco con su respectivo letrero. La activación de cualquier estación manual de alarma enviará una señal al sistema de fuego y gas, para ejecutar la acción correspondiente.

V.8.1.10 Alarmas visibles (semáforos)

Este tipo de alarmas servirán para indicar al personal, el grado de seguridad existente en el área en que se encuentran y serán operadas por una señal proveniente del sistema de fuego y gas, tendrán una distribución tipo semáforo. Las alarmas visibles estarán de acuerdo con la luz como se indica a continuación:

- ⊕ Condición Normal: Verde.
- ⊕ Fuego: Rojo.
- ⊕ Alta y alta -alta concentración de mezclas explosivas: Ámbar.
- ⊕ Abandono de instalaciones: Blanco.

Cada luz contará con su respectivo significado indicada en el letrero correspondiente. Las alarmas visibles serán apropiadas para la clasificación de área en donde serán instaladas. Podrán estar funcionando una o más alarmas a la vez, excepto la verde, que sólo funcionará si no se recibe alguna otra señal para alarma visible.

Serán activadas para emitir luces de colores específicos con luz intensa, para permitir avisar al personal que se encuentra en el área, de la existencia de una condición de emergencia, son operadas por una señal proveniente del sistema de fuego y gas. Las alarmas visibles serán adecuadas para áreas clasificadas como Clase 1, División 1, Grupo D, a prueba de explosión.

Las alarmas visibles para instalarse en la Estación Topolobampo serán adecuadas y cumplir con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo y ser a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estas también serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo. Las áreas donde se localizarán las alarmas visibles serán aquellas que brinden la cobertura adecuada, de tal modo que puedan ser vistas claramente por todo el personal de campo y oficinas.

V.8.1.11 Alarmas audibles

Las alarmas audibles consisten en altavoces capaces de producir un sonido diferente para cada tipo de riesgo detectado, localizados en los caminos de acceso y en las áreas de campo que puedan ser escuchadas por el personal operativo. En caso de que reciba más de una señal eléctrica de alarma a la vez en el generador de tonos, se respetará el orden de prioridades de tonos y mensajes de voz que tenga programadas. Las áreas donde se localizarán las alarmas audibles serán aquellas que brinden la cobertura adecuada, de tal modo que puedan ser escuchadas claramente por todo el personal.

El sistema de alarmas audibles debe contar con un generador de tonos, este será capaz de producir los sonidos y mensajes de voz en idioma español para distinguir el tipo de riesgo que se detecta, conforme a la Norma ISO 7240-19:2007.

En áreas abiertas las bocinas serán tipo trompeta con amplificador con una alimentación de 24 VCD, y con una intensidad sonora de 114 dB a tres metros, la frecuencia debe estar dentro del rango de 300 a 1,500 Hz, construido en aluminio con recubrimiento epóxico para instalación y uso en áreas Clase I, División 1, Grupo D, a prueba de explosión.

Las alarmas audibles que serán instaladas en la Estación Topolobampo serán adecuadas y cumplirán con las características y protecciones para ambiente marino altamente corrosivo, y serán a prueba de explosión. Los accesorios para la instalación de estas, también serán adecuadas para ambiente marino altamente corrosivo. Para la cantidad y localización de las alarmas audibles se considerará una intensidad de tono 15 dBA sobre el nivel medio de ruido de la instalación y considerar la reducción, debido a la distancia de acuerdo con lo indicado en el punto A.18.4.4 de la NFPA 72.

V.8.1.12 Sistema de Espuma Contra Incendio

El Sistema de Espuma Contra Incendio tiene como finalidad dar cumplimiento normativo a los requerimientos indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 numeral 7.38. Paro por emergencia y sistemas de seguridad.

Las válvulas del sistema de paro por emergencia ESDV y todas las válvulas que formen parte del sistema de paro por emergencia serán protegidas con un sistema de aspersión a base de concentrado espumante (se debe considerar la protección de la válvula incluyendo el actuador).

El sistema estará diseñado de acuerdo con la Norma NFPA 11 como cumplimiento normativo para protección de las válvulas de corte que forman parte del Sistema de Paro por Emergencia (SPE). Se utilizarán sistemas fijos de concentrado de espuma premezclada conectados a un sistema de tuberías para protección mediante un sistema de aspersión a las válvulas de corte. Cada sistema incluirá una válvula solenoide la cual se activará por medio de la señal confirmada de los detectores de fuego.

El sistema tiene la intención de proporcionar una respuesta inmediata ante la presencia de un incendio. La activación de los paquetes de espuma se debe realizar de manera automática al enviarse una señal por fuego confirmado a la válvula solenoide localizada en cada uno de los paquetes de espuma, desde el Controlador del sistema de fuego y gas y por la activación de los detectores de fuego localizados en la instalación.

Se diseñará, fabricará, suministrará, instalará y probará todo el equipo, con todos los accesorios y materiales necesarios para la operación satisfactoria del sistema de espuma contra incendio. El suministro de cada uno de los paquetes de espuma contra incendio comprende todos los elementos principales que incluyen, pero no se limitan a lo siguiente:

- ⊕ La localización, cantidad y capacidad de los paquetes de espuma, flujo, cantidad y tamaño de boquillas y tamaño de tuberías será desarrollada en los documentos de la etapa de Ingeniería de Detalle.

- ⊕ Se asegurará la cobertura con espuma de las válvulas ESDV y válvulas de corte que forman parte del sistema de espuma (considerando la cobertura total del actuador).
- ⊕ La cantidad de espuma será la adecuada para cubrir como mínimo el tiempo total de desfogue de la estación.
- ⊕ Se entregará como mínimo la siguiente documentación del sistema de espuma:
 - ✓ Arreglo general del Skid de espuma.
 - ✓ Detalles típicos de instalación.
 - ✓ Hojas de datos del sistema y sus componentes (no se aceptan catálogo).
 - ✓ Catálogos del sistema de espuma y sus componentes.
 - ✓ Manual de operación y mantenimiento del sistema en idioma español (electrónico e impreso).

 - ✓ Reporte y certificados de Calibración de todos los elementos del paquete (PSV, manómetros, válvula reguladora de presión, safety pop-off etc.)
 - ✓ Diagramas de tubería de instrumentación.
 - ✓ Memorias de cálculo.
 - ✓ Isométricos.
 - ✓ Planos de Rutas de tuberías.
 - ✓ Análisis hidráulico en un software certificado par dichos fines.

V.8.1.13 Extintores

Las instalaciones contarán con equipo contra incendio, por lo que habrá los dispositivos siguientes:

- ⊕ Extintor portátil de Polvo Químico Seco PQS ABC (fosfato monoamónico).
- ⊕ Extintor tipo Carretilla PQS ABC (fosfato monoamónico).
- ⊕ Extintores a base de CO₂ tipo BC.

Los extintores portátiles están planeados como una primera línea de defensa contra incendios de proporciones iniciales.

El equipo de extinción cumplirá con todos los requerimientos establecidos en los códigos y normas: Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010. Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo y NFPA-10. Standard for Portable Fire Extinguishers, edición 2022.

El agente de extinción considerarse de acuerdo con el tipo de fuego y clasificación de riesgo:

- ⊕ Clase A. Son los fuegos en materiales combustibles comunes como maderas, tela, papel, caucho y plásticos.
- ⊕ Clase B. Son los fuegos líquidos inflamables y combustibles. Grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
- ⊕ Clase C. Son incendios en sitios que involucran equipos eléctricos energizados.

Los extintores se distribuirán alrededor de las instalaciones extintores tipo carretilla de 56.7 kg (125 lb) y tipo portátiles de 9.07 kg (20 lb) de PQS ABC (fosfato monoamónico) de acuerdo con el alcance del equipo y a la distancia indicada bajo la normativa y el lugar a proteger. Para áreas comunes se emplearán extintores portátiles de 9.07 kg (20 lb) de PQS ABC (fosfato monoamónico), mientras tanto que, para las áreas donde el riesgo de incendio sea del tipo eléctrico serán a base de CO₂ de 9.07 kg (20 lb).

El tipo de extintor (agente de extinción) se ubicará de acuerdo con la clasificación de fuego determinada en el lugar de la instalación. Los extintores serán colocados en el recorrido de las salidas de emergencia. Los extintores serán colocados en lugares visibles, de fácil acceso y libres de obstáculos, de tal forma que el recorrido hacia el extintor más cercano, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios para llegar a uno de ellos, no exceda de 50 ft (15.25 metros) desde cualquier lugar ocupado en el centro de trabajo para fuego tipo B. Para fuego tipo A y C en áreas en donde el riesgo es alto, la distancia de recorrido hacia el extintor más cercano, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios para llegar a éste, no excederá de 75.46 pies (23 metros).

Como parte del desarrollo de esta Ingeniería de Detalle se desarrollará y entregará la memoria de cálculo y distribución de los extintores del área de proceso y edificios del Proyecto de cada una de las instalaciones.

V.8.1.14 Letreros de señalización

Los letreros de seguridad indicarán los tipos de riesgos, la prohibición de acciones que representen peligro, la obligatoriedad del uso de los equipos de protección y la localización de extintores. Los letreros de seguridad se ubicarán en sitios que estén bien iluminados de día y de noche, que sean fácilmente visibles y que alerten y comuniquen al personal sobre los riesgos y peligros presentes en el sitio y el tipo de protección requerida. Las características de los letreros deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEGOB-2011 y la Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008.

Las dimensiones mínimas que deben tener los letreros para ciertos valores típicos de distancia de visualización deberán ser de acuerdo con lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008.

Los letreros deben instalarse en lugares en los que no quede obstruida su visibilidad de tal manera que puedan ser vistos desde cualquier punto en un ángulo de 180 grados, serán con acabado luminiscente para interiores y reflejante para exteriores, en ambos casos deben poder ser observados aun en presencia de humo muy denso o en la obscuridad, la luminiscencia no será radioactiva, no tóxica, no biodegradable.

La señalización, así como sus características de colores, dimensiones, símbolos, figuras, textos, formas y número, serán obtenidas, mediante un análisis del riesgo de la instalación correspondiente y con la ubicación de los equipos contra incendio y de seguridad.

V.8.1.15 Conos indicadores de vientos

Los conos de viento o mangas de viento son elementos que permiten indicar la fuerza y dirección del viento en las industrias. Su información es de vital importancia en el funcionamiento cotidiano y en emergencias industriales originadas por incendios, liberación de gases o vientos atípicos, entre otras situaciones. Se debe considerar la instalación de los conos de viento de acuerdo con la distribución de los equipos e instalaciones y la dirección de los vientos. Los conos indicadores de viento serán fabricados en vinil anaranjado con mástil y herrajes de acero inoxidable de las siguientes características:

- ⊕ **Peso total:** 139.2 Newtons (14.2 kg).
- ⊕ **Color:** Naranja fosforescente.
- ⊕ **Dimensiones:** Diámetro en boca mayor de 470 mm, longitud de 2.44 metros, diámetro de la boca menor de 299 mm.
- ⊕ **Ojales:** Ojales de latón del No. 2 en la boca del cono y periferia para sujetar la manga del cono.
- ⊕ **Herrajes:** Fabricados en acero con base reforzada tiras de acero de 1” y 3/16” que permite movimiento del cono pintado en color naranja con protección anticorrosiva.
- ⊕ **Mástil:** El mástil del cono debe considerar una longitud total del 6 m de la base hasta la parte superior del cono, en la parte superior del perfil contará con una brida ciega para acoplamiento del mástil del fabricante del cono, este incluirá base piramidal para anclaje.

Los conos de viento y sus accesorios por instalarse en Estación Topolobampo serán adecuados para ambiente marino altamente corrosivo.

V.8.1.16 Rutas de evacuación y salidas de escape

La distribución de las rutas de evacuación y salidas de escape debe cumplir con lo establecido en el capítulo 7 y 40 de la NFPA 101, el capítulo 19 de la NFPA 5000, lo estipulado en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-002-STPS-2010, NOM-007-ASEA-2016 y NOM-003-SEGOB-2011.

La instalación debe estar provista de suficientes salidas, salidas de emergencia y vías de evacuación para asegurar un escape inmediato del personal. Las salidas y salidas de emergencia deben estar libres y sin obstáculos desde todas las partes de cada edificio, estructura, sección o zona en todo momento.

Preverán un mínimo de dos salidas separadas y alejadas; sin embargo, la distancia por recorrer desde el punto más alejado al interior del área no tendrá una distancia de recorrido de escape mayor a 30 metros de la salida y el tiempo máximo de evacuación de los ocupantes a un lugar seguro será de 3 minutos.

Las aberturas de los medios de egreso no serán menores a un ancho de 36 pulgadas (915 mm) para una nueva salida acceso, y no menos de 28 pulgadas (710 mm) para acceso de salida existente de acuerdo con el punto 7.3.4.1.1 de la NFPA 101.

Cuando se requiera más de una salida en un edificio o parte de este, se contemplará que cada una de ellas se sitúe y se construya apropiadamente para reducir al mínimo la posibilidad de que más de una de ellas se pueda bloquear por cualquier incendio u otra situación de emergencia. Las puertas de evacuación fuera del área, siempre se abrirá hacia la dirección de escape. La puerta de salida de emergencia contará con barra de pánico y contar con un mecanismo que permita abrirlas desde el interior, mediante una operación simple de empuje.

Las rutas de evacuación que conduzcan a la salida más cercana deben estar claramente marcadas, por lo que la dirección de escape desde cualquier punto debe de ser fácilmente visible. Todas las salidas de emergencia deben contar con andadores seguros que conduzcan al personal hasta un camino seguro.

En cualquier punto de las áreas de proceso donde se encuentre el personal realizando trabajos de inspección / operación / mantenimiento se deben proveer al menos dos rutas de evacuación seguras para el personal, se contemplará que cada una de ellas se sitúe, se diseñe y se construya apropiadamente para reducir al mínimo la posibilidad de que una de ellas se pueda bloquear por cualquier incendio u otra situación de emergencia y evite la evacuación segura del personal. Se debe considerar que el personal en campo tenga acceso a dos rutas de evacuación de forma segura.

Se considerarán las rutas de evacuaciones desde cualquier punto donde el personal pueda estar presente para realizar los trabajos de inspección, operación y mantenimiento.

V.8.2 Medidas preventivas

V.8.2.1 Manual de Operación

El Manual de Operación estará disponible en un lugar de acceso inmediato, donde pueda ser consultado por el personal que lo requiera, y en él se describen todos los componentes operativos de acuerdo con los procedimientos establecidos. Se actualizará cuando se presenten cambios en los equipos o procesos.

Se incorporará un Programa de Capacitación al personal operativo con objeto de desarrollar conocimientos y experiencia en la aplicación de procedimientos e instrucciones de forma tal que las instalaciones se operen de manera segura y apegada a la regulación vigente.

El contenido del Manual de Operación será de al menos los documentos siguientes:

- ⊕ La documentación actualizada para la operación del sistema (DTI, condiciones operativas, planos constructivos, diagramas unifilares, planos de clasificación de áreas eléctricas, manuales del fabricante, entre otros).
- ⊕ Los procedimientos de operación para los sistemas y componentes.
- ⊕ El Plan de Respuesta a Emergencias.
- ⊕ El Programa de Capacitación.

El Manual de Operación tendrá procedimientos para el inicio de operaciones, procedimientos de operación normal, paro y vuelta a servicio normal de las instalaciones, así como aquéllos específicos para

operaciones de transferencia de gas natural comprimido y procedimientos especiales. Los procedimientos para la operación normal incluirán al menos los aspectos siguientes:

- ⊕ Descripción de los componentes y sistemas del procedimiento, filosofía de operación y control, limitaciones, propósito y condiciones de operación normal.
- ⊕ Ajuste de los sistemas de control para asegurarse que la operación se realice dentro de los límites de diseño, incluyendo un listado de alarmas de alta y baja donde corresponda.
- ⊕ Monitoreo y control de temperatura, presión y flujo de entrega de gas natural para mantenerlos dentro de los límites de operación previstos.
- ⊕ Identificación de condiciones de operación anormales y procedimientos para corregirlas y volver a la operación normal.
- ⊕ Descripción para parar y volver a poner en servicio los componentes de la Estación de Compresión Los Algodones.
- ⊕ Calificación del personal.
- ⊕ Descripción de las obligaciones de la persona asignada a la operación de cada sistema o instalación.
- ⊕ Especificaciones de los ajustes de los dispositivos de relevo de presión o vacío, o la presión de operación máxima o mínima de cada componente.
- ⊕ Descripción de los sistemas de seguridad del sistema de transporte.

Por otra parte, se contará con un plan de atención de condiciones anormales que describa los procedimientos que se deben aplicar para corregir, en el menor tiempo posible, las condiciones anormales de operación para evitar una fuga de gas natural en alguna parte del centro de trabajo, que pudiese causar daños a las personas e instalaciones propias o de terceros en la vecindad.

V.8.2.2 Capacitación y realización de simulacros

La organización establecerá un programa de capacitación al personal, mismo que atenderá como mínimo lo siguiente:

- ⊕ El desarrollo de conocimientos sobre la operación y mantenimiento correctos.
- ⊕ La atención de situaciones de riesgo y emergencia que pudieran presentarse.
- ⊕ La implementación de simulacros que tengan como objetivo probar los conocimientos obtenidos en la capacitación y desarrollar las habilidades necesarias para tomar decisiones y atender adecuadamente situaciones de emergencia.

V.8.2.3 Programa de Mantenimiento

Las instalaciones se mantendrán en las condiciones seguras de operación de los sistemas de tuberías, equipos de compresión, controles y dispositivos de detección, de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.

De igual forma, contará con un manual de mantenimiento por escrito en español, sobre el mantenimiento de equipos e instalaciones, para dar cumplimiento a las instrucciones de los fabricantes y a las disposiciones legales aplicables. Este manual contendrá al menos lo siguiente:

- ⊕ Los planes, procedimientos e instructivos de trabajos de mantenimiento y detección de fugas de gas.
- ⊕ El Programa Anual de Mantenimiento.
- ⊕ El Programa Anual de Capacitación y entrenamiento del personal de mantenimiento.
- ⊕ Registro, plan de capacitación y entrenamiento, así como establecer el nivel de competencia individual del personal de mantenimiento.

El Programa Anual de Mantenimiento tendrá como objetivo controlar y mantener el equipo que conforma las instalaciones en apropiadas condiciones de uso y funcionamiento a través del mantenimiento preventivo y correctivo de cada elemento.

El mantenimiento preventivo consiste en la sustitución de las piezas no metálicas normalmente sujetas a desgaste y/o abrasión, el envejecimiento, o que requieren lubricación y/o limpieza. El mantenimiento preventivo incluirá las siguientes actividades:

- ⊕ Puesta fuera de servicio.
- ⊕ Desmontaje total o parcial.
- ⊕ La inspección visual de las partes internas.
- ⊕ Sustitución de usados o envejecidos.
- ⊕ De lubricación y/o de limpieza en caso necesario.
- ⊕ Montaje.
- ⊕ Pruebas y verificación.
- ⊕ Volver a poner en servicio y verificación.

Las instalaciones contarán con una bitácora de mantenimiento donde se elaborará un registro de la totalidad de los trabajos de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en cada cambio de turno del personal de mantenimiento en un documento denominado Bitácora de Mantenimiento, que contenga fecha, personal que realizó el trabajo correspondiente y comentarios que aclaren o proporcionen información adicional. La bitácora será conservada durante toda la vida útil del Proyecto y puede ser elaborada en medios electrónicos. Se conservarán los registros de mantenimiento durante la vida útil de la instalación.

El Programa de Operación y Mantenimiento actualmente instaurado incluye las siguientes actividades:

- ⊕ Verificación de filtro de gas combustible.
- ⊕ Verificación de tanques de condensado.
- ⊕ Revisión de almacén de materiales peligrosos.
- ⊕ Revisión de almacenes de residuos peligrosos.
- ⊕ Revisión y prueba de bomba contra incendios.
- ⊕ Limpieza de edificio de control.
- ⊕ Revisión de taller, almacén y sus materiales.
- ⊕ Inspección de instalaciones superficiales.
- ⊕ Revisión de luminarias de emergencia.
- ⊕ Revisión de botiquín primeros auxilios (formato en botiquín de baño).
- ⊕ Recolección de aguas residuales.
- ⊕ Revisión de extintores.
- ⊕ Revisión de equipos de aire acondicionados, minisplits y equipo evaporativo.
- ⊕ Revisión de recipientes sujetos a presión.
- ⊕ Revisión de almacenes de materiales y residuos peligrosos.
- ⊕ Revisión de puertas de salidas de emergencia.
- ⊕ Revisión de unidades vehiculares.
- ⊕ Revisión de máquina de aire fresco.
- ⊕ Revisión de equipo contra incendios (trajes).
- ⊕ Limpieza y protección de tubería y equipos expuestos a la atmosfera para prevenir corrosión.
- ⊕ Mantenimiento y limpieza de cárcamos, fosas y tanques colectores de condensados aceitosos.
- ⊕ Revisión de luminarias de periferia e internas.
- ⊕ Revisión de maquinaria y herramientas.
- ⊕ Revisión de señalamientos en instalaciones superficiales.
- ⊕ Revisión de equipo de protección personal y arneses.
- ⊕ Recolección de residuos peligrosos (cuando se requiera).
- ⊕ Chapodeo y limpieza de válvulas, medidores, reguladores, rectificadores, entre otros.
- ⊕ Revisión de detectores de humo.

V.8.2.4 Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente

Se desarrollará e implementará un Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISPOPA), en cumplimiento a lo requerido en las disposiciones

administrativas de carácter general (DACG) que establecen los lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los SASISOPA, aplicables a las Actividades del sector hidrocarburos (última Reforma DOF 4 de mayo de 2020)

V.8.2.5 Control en la generación de residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial

Las instalaciones cumplirán con las disposiciones, obligaciones y requisitos en el manejo de residuos de acuerdo con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Título Cuarto, Capítulo I, Artículos 35 y 37, Capítulo II, 42, 43, 44, 45, 46, 47, Capítulo III Artículo 65, Capítulo IV, Artículo 71, 72, 73 y 75, Capítulo IV Sección I, 82, Sección III, 87. Artículos Transitorios Séptimo y Octavo. Entre los principales se encuentra las siguientes obligaciones legales:

- ⊕ Licencia Ambiental Única.
- ⊕ Cédula de Operación Anual.
- ⊕ Alta como generador de residuos peligrosos.
- ⊕ Dictamen de Gases de Efecto Invernadero.
- ⊕ Manifiesto de entrega, transporte y disposición final de residuos peligrosos.
- ⊕ Procedimientos para el control de los residuos peligrosos generados dentro de las instalaciones.
- ⊕ Bitácoras de entradas y salidas de residuos.
- ⊕ Capacitación en la materia al personal a cargo del manejo de residuos.
- ⊕ Disposición final y transporte de residuos peligrosos con empresas autorizadas por la ASEA.

V.8.2.6 Control y administración del riesgo ambiental

El Proyecto contará con un programa sistematizado de mantenimiento mediante el cual se administrarán, controlarán y organizarán las actividades en las instalaciones. Para el manejo de gas natural contará con un programa de seguridad y mantenimiento de instalaciones eléctricas a prueba de explosión, protección catódica, señalización, revisión y mantenimiento de válvulas, tuberías y sistema contra incendio adecuado a las necesidades de la instalación y suficientes para mantener controlado el riesgo.

La Organización contará con el historial de cada equipo donde registrará las reparaciones, inspecciones realizadas, condiciones iniciales, modificaciones, mejoras y pruebas de integridad mecánica.

Las instalaciones contarán con procedimientos para trabajos peligrosos donde dará a conocer las reglas básicas de seguridad e higiene industrial, así como los procedimientos a seguir y el equipo de protección personal requerido en la realización de trabajos peligrosos. Mediante formatos se realizará el control donde analizarán las medidas de seguridad que aplicará. A continuación, se mencionan las actividades que se incluirán en el procedimiento:

- ⊕ Permiso para trabajo de contratistas.
- ⊕ Permisos para trabajos con soldadura.

La identificación del tipo y magnitud de los eventos específicos de riesgo, permitirán establecer las medidas preventivas y correctivas para determinar el radio de seguridad y de riesgo para instalaciones, personal laboral, pobladores y al ambiente con el fin de disminuir la probabilidad de afectación.

La evaluación de consecuencias de los tres eventos se considera aceptable, pero se cumplirán durante la construcción con las bases de diseño e ingeniería, planos según construcción y en la operación de las instalaciones con los programas de mantenimiento, inspección y pruebas.

V.8.2.7 Programa de Prevención de Accidentes (PPA)

La empresa contará con PPA autorizado, cuyos objetivos estarán enfocados a:

- ⊕ Evitar que los accidentes provocados por la realización de Actividades Altamente Riesgosas (AAR), alcance de nivel de desastre.
- ⊕ Propiciar que quienes realicen actividades de riesgo, comunidad y empresas aledañas, así como autoridades locales, desarrollen una conciencia de alerta continua ante cualquier contingencia ocasionada por la liberación de sustancias peligrosas.
- ⊕ Propiciar un ambiente de seguridad en la comunidad y empresas aledañas a una actividad de alto riesgo.
- ⊕ Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar respuesta a cualquier contingencia ocasionada por el manejo de las sustancias peligrosas.
- ⊕ Contar con planes procedimientos, recursos y programas para dar atención a cualquier situación de emergencia ocasionada por la liberación de sustancias peligrosas.
- ⊕ Establecer los mecanismos de comunicación, coordinación y concentración de acciones para incrementar adecuadamente el PPA en la localidad.
- ⊕ Que las industrias de alto riesgo difundan en la localidad, la información relacionada con las actividades que desarrollan y los riesgos que estas representan para la población, sus bienes y el ambiente, así como los planes, procedimientos y programas con los que se cuenta, para disminuir y controlar dichos riesgos, enfrentar cualquier contingencia y atender desastres provocados por la liberación accidental de sustancias peligrosas.

El PPA está basado en la guía publicada por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y para la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (SEMARNAT-COFEMER) en mayo de 2010, donde incluye los siguientes puntos:

I. Datos generales del establecimiento o instalación, del representante legal de la empresa y del responsable de la elaboración del programa para la prevención de accidentes.

I.1 Establecimiento o instalación.

I.1.1 Nombre o razón social.

I.1.2 Actividad principal productiva del establecimiento.

I.1.3 Clave mexicana de actividades productivas (CMAP) de INEGI.

I.1.4 Código ambiental.

I.1.5 Domicilio del establecimiento o instalación.

I.1.6 Nombre y cargo del representante legal o datos del registro único de personas acreditadas.

I.1.7 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.

I.2. Responsable de la información contenida en el programa para la prevención de accidentes.

I.2.1 Puesto o cargo dentro de la organización de la empresa.

II. Descripción del entorno del establecimiento o instalación donde se desarrollan las actividades altamente riesgosas.

II.1 Descripción de las características físicas del entorno.

II.2 Descripción de las características socioeconómicas.

II.3 Infraestructura, servicios de apoyo y zonas vulnerables.

III. Materiales peligrosos manejados y zonas potenciales de afectación.

III.1 Listado de materiales peligrosos.

III.2 Eventos detectados en el estudio de riesgo ambiental.

IV. Identificación de medidas preventivas para controlar, mitigar o eliminar las consecuencias y reducir su probabilidad.

IV.1 Sistemas de seguridad.

IV.2 Medidas preventivas.

V. Programa de actividades a realizar derivadas del estudio de riesgo ambiental presentado por el establecimiento o instalación.

VI. Plan de respuesta de emergencias.

VI.1 Procedimientos específicos para la respuesta a los posibles eventos de riesgo identificados dentro de las instalaciones.

VII. Directorio de la estructura funcional para la respuesta a emergencias.

VII.1 Directorio de la estructura funcional para la instrumentación del plan de respuesta a emergencias al interior y exterior de las instalaciones.

VIII. Plan para revertir los efectos de las liberaciones potenciales de los materiales peligrosos, en las personas y en el ambiente (cuerpos de agua, flora, fauna, suelo).

VIII.1 Métodos de limpieza y/o descontaminación en el interior y exterior de la planta.

IX. Cumplimiento de la normatividad en materia de seguridad, prevención y atención de emergencias emitidas por las dependencias del gobierno federal que conforman la comisión, en términos del artículo 147 de la LGEEPA.

X. Plan de respuesta a emergencias químicas nivel externo.

X.1 Identificación de grupos o instituciones de apoyo.

X.2 Procedimientos específicos para la respuesta a emergencias cuando el nivel de afectación rebasa los límites de propiedad de las instalaciones.

X.3 Inventario de equipo y servicios con que se cuenta para la atención de emergencias.

X.4 Principales vialidades identificadas para el ingreso de grupo de ayuda externa.

XI. Comunicación de riesgos.

XI.1 Procedimientos específicos para la comunicación de riesgos.

XI.2 Procedimientos para el desarrollo de simulacros con la población aledaña.

XI.3 Programa de simulacros.

V.8.2.8 Programa de Seguridad y Salud (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud)

El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud incluirá las siguientes actividades:

- ⊕ Plan de seguridad y salud.
- ⊕ Cultura, liderazgo y participación.
- ⊕ Manejo de químicos y comunicación de peligros.
- ⊕ Comisión de Seguridad e Higiene.
- ⊕ Mejora continua.
- ⊕ Equipo de protección personal.
- ⊕ Procedimientos.
- ⊕ Competencia laboral.
- ⊕ Socios estratégicos.
- ⊕ Integridad de equipos, herramienta, maquinaria y equipo.
- ⊕ Permisos de trabajo.
- ⊕ Vehículos automotores.
- ⊕ Manejo del cambio.
- ⊕ Revisión de seguridad pre-arranque.
- ⊕ Información de proceso, diseño e ingeniería.
- ⊕ Análisis de peligros.
- ⊕ Investigación y análisis de sucesos.
- ⊕ Planeación, preparación y respuesta a emergencias.
- ⊕ Seguridad y salud en el hogar.
- ⊕ Certificaciones en seguridad y salud.
- ⊕ Higiene industrial.
- ⊕ Ergonomía.
- ⊕ Factores humanos.
- ⊕ Servicios médicos.
- ⊕ Bienestar (wellness).
- ⊕ Difusión.
- ⊕ Fauna peligrosa.
- ⊕ Instalaciones (facilities).
- ⊕ Trabajos en altura.
- ⊕ Espacios confinados.
- ⊕ Seguridad eléctrica.
- ⊕ Bloqueo de energías peligrosas (LOTO).
- ⊕ Trabajos en caliente.
- ⊕ Zanjas y excavaciones.
- ⊕ Control de tráfico.

- ⊕ Grúas, polipastos y montacargas.
- ⊕ Guardas en maquinaria.
- ⊕ Secretos comerciales.
- ⊕ Manejo de crisis.
- ⊕ Seguridad Física y Patrimonial.

V.8.2.9 Acta Constitutiva de Unidad Interna de Protección Civil

Las instalaciones en operación contarán con una Acta Constitutiva de Unidad Interna de Protección Civil con fundamento en: i) Ley General de Protección Civil y su Reglamento, ii) Ley de Protección Civil y iii) Gestión Integral de Riesgos del Estado de Sinaloa.

V.8.2.10 Brigadas de atención de emergencias

Las instalaciones contarán con el siguiente personal para la atención de emergencias:

- ⊕ Coordinador de la Unidad Interna de Protección Civil. Tiene como objetivo mantener la comunicación continua con el coordinador General de Brigadas de Emergencias y Enlace (dar soporte), autorizar los recursos para el control de la emergencia y reportar a los dueños de la empresa, apoyar al notificador de emergencias en la coordinación de la atención a medios de comunicación y autoridades.
- ⊕ Coordinador de la Brigada. Evaluar la gravedad de la emergencia. Coordinar las acciones operativas necesarias para minimizar el daño a instalaciones, ambiente y activos, dirigir la brigada multifuncional.
- ⊕ Brigada Multifuncional. Llevarán a cabo las medidas de contingencia establecidas de acuerdo con el nivel de emergencia y a lo establecido por el Controlador de la Emergencia. La brigada multifuncional, asume las funciones de la brigada contra incendio, brigada de evacuación, brigada de primeros auxilios, brigada de comunicación.

V.8.2.11 Programa de Capacitación

Las instalaciones contarán con Programa de Capacitación Anual donde incluyen los siguientes temas:

- ⊕ Procedimiento Investigación de Incidentes y Accidentes.
- ⊕ Permiso de trabajo.
- ⊕ Identificación de peligros análisis de riesgos comunicación de conceptos de la ASEA, ISO45001:2018, PASST.
- ⊕ Procedimiento de primeros auxilios.
- ⊕ Control de fauna nociva y peligrosa.
- ⊕ Control de tráfico.
- ⊕ Trabajos en altura.
- ⊕ Trabajos en caliente.
- ⊕ Seguridad en trabajos eléctricos.
- ⊕ Etiquetado y candado (LoTo)-Teórico.
- ⊕ Trabajos en espacios confinados teórico práctico.
- ⊕ Excavaciones y zanjas.
- ⊕ Factores humanos físicos y bienestar.
- ⊕ Manejo de cargas.
- ⊕ Procedimiento para el manejo de químicos y comunicación de riesgos.
- ⊕ Procedimiento de gestión del cambio.
- ⊕ Procedimiento Revisión de Seguridad Pre-arranque (RSPA).
- ⊕ Respuesta a emergencias.
- ⊕ Recipientes sujetos a presión (Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011).
- ⊕ Brigadas de emergencia (búsqueda y rescate, primeros auxilios, y rescate, evacuación y comunicación).
- ⊕ Seguridad eléctrica: actualizaciones NFPA 70E.

V.8.2.12 Programa Anual de Simulacros

Las instalaciones contarán con programa anual de simulacros donde se incluirán los escenarios de riesgos resultantes del estudio de riesgo.

V.8.2.13 Instrucciones generales en caso de emergencia

La organización cuenta con instrucciones generales en caso de emergencia, que considera lo siguiente:

- ⊕ El personal que detecte la fuga notificará la emergencia al operador en cuarto de control a través de radio, teléfono o activando la alarma más cercana.
- ⊕ La persona que contacte al Cuarto de Control seguirá las instrucciones que proporcione el Operador en turno o su suplente.
- ⊕ En caso de que el trabajador/contratista/visitante, pueda controlar la situación sin exponerse a un riesgo (por ejemplo, un fuego incipiente y éste sea competente en el uso de extintores), podrá intervenir para controlar la situación, caso contrario, acudirá al punto de reunión más cercano y seguro según lo establecido en la plática de seguridad o por el Controlador de la Emergencia.
- ⊕ Todas las emergencias serán reportadas de acuerdo con los requerimientos del Procedimiento de Investigación de Incidentes y Accidentes.
- ⊕ En caso de que el trabajador/contratista/visitante, no tenga la capacidad para controlar la situación, estos deben mantener la calma, suspender inmediatamente sus actividades y si tiene equipos encendidos, apáguelos, desalojar el área y dirigirse al punto de reunión siguiendo las rutas de evacuación establecida, integrarse al grupo con el que estaba trabajando y no regresar al área de trabajo hasta ser notificado del fin de la emergencia y se autorice el reingreso al área o instalación.
- ⊕ El trabajador evaluará la gravedad de la situación y durante la emergencia, asumirá inmediatamente la responsabilidad del Controlador de la Emergencia hasta que el Jefe Inmediato tome el puesto de Controlador de Emergencia.
- ⊕ El Controlador de la Emergencia, determinará con base en la gravedad de la situación, si la emergencia se puede controlar con recursos internos y/o externos.
- ⊕ Para el caso de daño a las instalaciones, se debe realizar un paro de las MLV aguas arriba y debajo de la posición de ruptura, mediante el cierre de las válvulas de seccionamiento MLV y el venteo de la sección afectada.
- ⊕ En caso de presencia de fuego, evaluar si se puede extinguir con recursos propios, de no ser posible, solicitar apoyo de bomberos municipales.
- ⊕ En caso de no poder extinguir el fuego, esperar que el gas natural se consuma hasta que se cuente con apoyo externo.
- ⊕ Realizar las reparaciones pertinentes, conforme a los lineamientos establecidos por el área de integridad de la empresa.

Como parte del Plan de Emergencias, formará parte del Organismo de Ayuda Mutua.

V.8.2.14 Normas, estándares y especificaciones nacionales e internacionales

Para el diseño de este Proyecto, se realizó la revisión de las normas, códigos y especificaciones tanto nacionales como internacionales aplicables a las características y necesidades del mismo. Para tal fin, se revisaron y evaluaron 193 normas o criterios técnicos y tres especificaciones de referencias.

Una vez que se definieron las características del Proyecto y se identificó la aplicabilidad de cada una de las especificaciones técnicas, se elaboraron los documentos denominados Bases de Diseño y Filosofía de Operación, donde se especifican los parámetros operativos, de seguridad, así como los requerimientos constructivos.

A continuación, en la Tabla V.96 se enlistan los instrumentos legales y técnicos revisados y aplicados, de conformidad con las características necesarias de cada etapa del Proyecto.

Tabla V.96 Normas y criterios técnicos empleados

Referencia	Concepto
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones de gas natural
NOM-002-STPS-2011	Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo
NOM-003-SEGOB/2011	Señales y avisos para protección civil. - colores, formas y símbolos a utilizar
NOM-003-ASEA-2016	Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos
NOM-008-SCFI-2002	Sistema general de unidades de medida
NOM-008-SECRE 1999.	Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos
NOM-001-SEDE-2012.	Instalaciones Eléctricas
NOM-020-STPS-2011.	Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - funcionamiento - condiciones de seguridad
API RP 14E	Recommended practice for design and installation of offshore production platform piping systems Práctica recomendada para el diseño e instalación de sistemas de tuberías de plataformas de producción en alta mar
API-RP-12J	Specification for oil and gas separators Especificación para separadores de petróleo y gas
API-RP-520.	Sizing, selection, and installation of pressure-relieving devices in refineries Dimensionamiento, selección e instalación de dispositivos de alivio de presión en refinerías
API-RP-521	Pressure-relieving and depressuring systems Sistemas de alivio y despresurización de presión
API-RP-553	Refinery control valves (1998) Válvulas de control de refinería (1998)
ISO 9001	Quality management systems requirements Requisitos de los sistemas de gestión de la calidad
CFE D8500-01-2012	Aplicación de recubrimientos anticorrosivos
DACG	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y protección al medio ambiente para las etapas de Cierre, Desmantelamiento y/o Abandono de Instalaciones del Sector Hidrocarburos (Diario Oficial de la Federación publicado el día 21 de mayo de 2020).
DACG	Disposiciones Administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la prevención y el control integral de las emisiones de metano del Sector Hidrocarburos (Diario Oficial de la Federación publicado el día 6 de noviembre de 2018).
NOM-008-SCFI-2010	Sistema general de unidades de medida
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.
NOM-018-STPS-2015	Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías
NOM-093-SCFI-1994	Válvulas de relevo de presión (Seguridad, seguridad-alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce
NOM-031-STPS-2011	Construcción-condiciones de seguridad y salud en el trabajo
NOM-034-STPS-2016	Condiciones de seguridad para el acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad en los centros de trabajo
NOM-086-SCT2-2015	Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales, Secretaría de Comunicaciones y Transportes
NMX-J-010-ANCE-2011	Productos Eléctricos Conductores –Conductores con aislamiento termoplástico para instalaciones hasta 600 V - Especificaciones

Referencia	Concepto
NMX-J-012-ANCE-2014	Conductores- Cable de cobre con cableado concéntrico para usos eléctricos - Especificaciones
NMX-J-017-ANCE-2001	Accesorios para Cables y Tubos-Especificaciones y Métodos de prueba
NMX-J023/1-ANCE-2007	Cajas de registro metálicas y sus accesorios
NMX-J-061-ANCE-2009	Conductores-cables multiconductores para distribución aérea o subterránea a baja tensión
NMX-X-031-SCFI-2005	Industria del Gas-Válvulas de paso especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-118/1-ANCE-2000	Productos Eléctricos – Tableros de alumbrado y distribución en baja tensión – Especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-118/2-ANCE-2007	Productos Eléctricos -Tableros de distribución de fuerza en baja tensión-Especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-136-ANCE-2007	Abreviaturas y símbolos para diagramas, planos y equipo eléctricos
NMX-J-142/1-ANCE-2011	Conductores - Cables de energía con pantalla metálica, aislados con polietileno de cadena cruzada o a base de etileno Propileno para tensiones de 5 kV a 35 kV
NMX-J-235/1-ANCE-2008	Envolventes – Envolventes (gabinetes) para uso en equipo eléctrico – Parte 1 Requerimientos generales – Especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-235/2-ANCE-2008	Envolventes – Envolventes (gabinetes) para uso en equipo eléctrico – Parte 2 Requerimientos generales – Especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-264-1977	Coples flexibles a prueba de explosión
NMX-J-266-ANCE-2014	Productos eléctricos - Interruptores - Interruptores automáticos en caja moldeada - Especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-307-ANCE-2011	Luminarios de uso general para interiores y exteriores
NMX-J-353-ANCE-2008	Productos eléctricos – Centros de control de motores - Especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-359-ANCE-1997	Productos Eléctricos - Luminarias para áreas clasificadas como peligrosas
NMX-J-436-ANCE-2007	Conductores - Cordones flexibles para uso rudo y extra rudo hasta 600V – Especificaciones
NMX-J-438-ANCE-2003	Productos Eléctricos - Cables con aislamiento de policloruro de vinilo 75°C y 90°C para alambrado de tableros - Especificaciones
NMX-J-451-ANCE-2011	Conductores-Conductores con aislamiento termofijo especificaciones
NMX-J-529-ANCE-2012	Grados de protección proporcionados por los envolventes (Código IP)
NMX-J-515-ANCE-2014	Equipos de control y distribución - Requisitos generales de seguridad – Especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-538/2-ANCE-2005	Productos de distribución y de control de baja tensión parte 2: Interruptores automáticos
NMX-J-580/1-ANCE-2012	Ensamblajes de tableros de control y distribución de baja tensión parte 1 reglas generales
NMX-J-535-ANCE	Tubos rígidos de acero tipo semipesado para la protección de conductores y sus accesorios - Especificaciones y métodos de prueba
NMX-E-012-SCFI-1999	Industria del plástico-tubos y conexiones-tubos y conexiones de poli (cloruro de vinilo, PVC) sin plastificante para instalaciones eléctricas-especificaciones
MDOC, C.1.3 Diseño por Sismo, 2015	Manual de Diseño de Obras Civiles, CFE. Sección C: Estructuras; Tema 1: Criterios generales de análisis y diseño; Capítulo C.1.3 Diseño por Sismo
MDOC, C.1.4 Diseño por Viento, 2008	Manual de Diseño de Obras Civiles, CFE. Sección C: Estructuras; Tema 1: Criterios generales de análisis y diseño; Capítulo C.1.4 Diseño por Viento
RCDF-2017 y sus NTC	Reglamento de construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias
Códigos internacionales	
API 5L	Specification for line pipe
	Especificación para líneas de tubería
API 616	Gas Turbines for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services
	Turbinas de gas para servicios de la industria petrolera, química y del gas
API 618	Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services
	Compresores alternativos para servicios de la industria del petróleo, química y gas
API 617	Axial and Centrifugal Compressors and Expander- Compressors
	Compresores Axiales y Centrífugos y Compresores Expansores
API 661	Petroleum, Petrochemical, and Natural Gas Industries-Air-Cooled Heat Exchangers

Referencia	Concepto
	Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural: intercambiadores de calor enfriados por aire
API-RP-520	Sizing, selection, and installation of pressure-relieving devices in refineries Dimensionamiento, selección e instalación de dispositivos de alivio de presión en refinerías
API-RP- 500	Recommended practice for classification of locations for electrical installations at petroleum facilities classified as class I, division 1, and division 2. Industrial locations Práctica recomendada para la clasificación de ubicaciones para instalaciones eléctricas en instalaciones petroleras clasificadas como clase I, división 1 y división 2. Ubicaciones industriales
API RP 551	Process Instrumentation and Control Instrumentación y Control de Procesos
API 594	Check Valves: Flanged, Lug, Wafer and Butt-welding Válvulas check: con bridas soldadas.
API 598	Valve Inspection and Testing Inspección y prueba de válvulas
API 599	Metal Plug Valves-Flanged and Welding Ends Válvulas de Tapón Metálico-Extremos Bridados y para Soldar
API 600	Steel Gate Valves, Flanged and Butt-welding Ends Válvulas de Compuerta de Acero, Extremos Bridados y para Soldar a Tope
API 602	Compact Steel Gate Valves-Flanged, Threaded, Welding and Extended-Body Ends Válvulas de compuerta compactas de acero con extremos bridados, roscados, para soldar y de cuerpo extendido
API 607	Fire test for soft seated quarter turn valves Prueba de fuego para válvulas de cuarto de vuelta de asiento blando
API 608	Metal Ball Valves – Flanged, Threaded and Butt-Welding Ends Válvulas de bola de metal: extremos con bridas, roscados y para soldar a tope
API 609	Butterfly valves, Lug-Type and Wafer-Type Válvulas de mariposa tipo roscada
API 623	Steel Globe Valves – Flanged and Butt-welding Ends, Bolted Bonnets Válvulas de globo de acero: extremos bridados y soldados a tope, bonetes atornillados
API 624	Type Testing of Rising Stem Valves Equipped with Graphite Packing for Fugitive Emissions Pruebas de tipo de válvulas de vástago ascendente equipadas con empaque de grafito para emisiones fugitivas
API 6D	Pipeline Valves (Gate, Plug, Ball and Check-Valves) Válvulas de Tubería (Compuerta, Tapón, Bola y Check-Valves)
API 6FA	Specification for Fire Test for Valves Especificación para Prueba de Fuego para Válvulas
API 6FD	Specification for Fire Test for Check Valves Especificación para prueba de fuego para válvulas check
API 1102	Steel Pipelines crossing Railroads and Highways Tuberías de acero que cruzan vías férreas y carreteras
API 1104	Welding of Pipelines and Related facilities Soldadura de tuberías e instalaciones relacionadas
API RP 5L9	External Fusion Bonded Epoxy Coating of Line Pipe Recubrimiento epóxico adherido por fusión externa de tubería de conducción
API RP 574	Inspection Practices for Piping System Components

Referencia	Concepto
	Prácticas de inspección para los componentes del sistema de tuberías
API-RP-14E	Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems Práctica recomendada para el diseño e instalación de sistemas de tuberías de plataformas de producción costa afuera
API-RP-521	Pressure-relieving and depressuring systems Sistemas de alivio y despresurización de presión
API-RP-12J	Specification for oil and gas separators Especificación para separadores de petróleo y gas
API RP 1113 – 2012	Developing a Pipeline Supervisory Control Center Desarrollo de un Centro de Control de Supervisión de Ductos
API RP 1165 – 2022	Recommended Practice for Pipeline SCADA Displays Práctica recomendada para pantallas SCADA de tuberías
API RP 1167 – 2021	Pipeline SCADA Alarm Management Gestión de alarmas SCADA de tuberías
API STD.1164 – 2021	Pipeline SCADA Security Gestión de alarmas SCADA de tuberías
ASME Sección VIII, División 1	ASME Boiler and Pressure Vessel Code Código ASME para calderas y recipientes a presión
ASME B31.3 – 2022	Process Piping Proceso de tuberías
ASME B16.5 – 2020	Pipe Flanges and Flanges Fittings Bridas de tubería y accesorios de bridas
ASME B16.34 – 2020	Valves – flanged, threaded and welding end Válvulas: bridadas, roscadas y soldadas
ASME B16.9 – 2018	Factory-Made Wrought Steel Buttwelding Fittings Accesorios de soldadura a tope de acero forjado fabricados en fábrica
ASME B16.10 – 2022	Face to Face and End to End Dimensions of Valves Dimensiones cara a cara y extremo a extremo de las válvulas
ASME B16.11 – 2021	Forged Steel Fittings, Socket Welding and Threaded Accesorios de Acero Forjado, Soldadura Socket y Roscados
ASME B16.20 – 2023	Metallic Gaskets for Pipe Flanges-Ring Joint, Spiral-Wound, and Jacketed Juntas Metálicas para Bridas de Tubería-Juntas roscadas y encamisadas
ASME B16.21 – 2021	Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges Juntas planas no metálicas para bridas de tubería
ASME B16.24 – 2021	Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings Bridas de tubería de aleación de cobre fundido y accesorios con bridas
ASME B16.25 – 2022	Buttwelding Ends Extremos de soldadura a tope
ASME B16.36 – 2020	Orifice Flanges Bridas de orificio
ASME B16.47 – 2020	Large Diameter Steel Flanges NPS 26 through NPS 60 Bridas de acero de gran diámetro NPS 26 a NPS 60
ASME B16.48 – 2020	Line Blanks

Referencia	Concepto
	Líneas en blanco
ASME B18.2.1 – 2021	Square and Hex Bolts and Screws
	Pernos y tornillos cuadrados y hexagonales
ASME B18.2.2 – 2022	Square and Hex Nuts (Inch Series)
	Tuercas cuadradas y hexagonales (serie en pulgadas)
ASME B31.8 – 2022	Gas Transmission and Distribution Piping Systems
	Sistemas de Tuberías de Transmisión y Distribución de Gas
ASME B36.10 – 2022	Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
	Tubería de acero forjado con y sin costura
ASME B36.19 – 2022	Stainless Steel Pipe
	Tubería de acero inoxidable
ASME B40.100-2022	Pressure Guages and Guages Attachments
	Manómetros y accesorios para manómetros
ASME B46.1 – 2019	Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)
	Textura superficial (rugosidad superficial, ondulación y disposición)
ASME Sección V – 2023	Non destructive Examination
	Examen no destructivo
ASME Sección IX – 2021	Welding, Brazing, and Fusion Qualifications.
	Calificaciones de soldadura, soldadura fuerte y fusión.
ASME B1.20.1 – 2018	Pipe threads, General Purpose.
	Tuberías roscas de uso general.
ASME PTC 19.3	Thermowells
	Termopozos
API RP 111-2015	Design, Construction, Operation and Maintenance of Offshores hydrocarbon pipelines (Limit State Design)
ASTM A53	Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc Coated Welded and Seamless
	Tubería, acero, negra y sumergida en caliente, recubierta de zinc, soldada y sin costura
ASTM A105	Forgings, Carbon Steel for Piping Components.
	Piezas forjadas, acero al carbono para componentes de tuberías.
ASTM A106	Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.
	Tubería de acero al carbono sin costura para servicio de alta temperatura.
ASTM A123	Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products.
	Recubrimientos de zinc (galvanizado en caliente) sobre productos de hierro y acero.
ASTM A153	Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.
	Recubrimiento de zinc (inmersión en caliente) en herrajes de hierro y acero.
ASTM A182	Forged or Rolled Alloy Steel Pipe Flanges, Forged Fittings and Valves and Parts for High-Temperature Service.
	Bridas de tubería de acero aleado forjado o laminado, accesorios y válvulas forjados y piezas para servicio a alta temperatura.
ASTM A193	Alloy-Steel and Stainless-Steel Bolting Materials for High Temperature Service.
	Materiales de unión de acero aleado y acero inoxidable para servicio a alta temperatura.
ASTM A194	Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure and High Temperature Service or Both
	Tuercas de acero al carbono y aleado para pernos para servicio de alta presión y temperatura o ambos
ASTM A216	Steel Castings Carbon Suitable for Fusion Welding, for High Temperature Service or Both.

Referencia	Concepto
	Piezas de acero al carbono aptas para soldadura por fusión, para servicio de alta temperatura o ambos.
ASTM A234	Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for moderate and High Temperature Service. Accesorios de tubería de acero al carbono forjado y acero aleado para servicio de temperatura moderada y alta.
ASTM A240	Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications. Especificación estándar para placas, láminas y tiras de acero inoxidable al cromo y al cromo-níquel para recipientes a presión y para aplicaciones generales.
ASTM A276	Stainless Steel Bars and Shapes. Barras y formas de acero inoxidable.
ASTM A312	Seamless and Welded Austenitic Stainless-Steel Pipes. Tuberías de acero inoxidable austenítico sin soldadura y soldadas.
ASTM A351	Castings, Austenitic, for Pressure Containing Parts. Fundiciones, austeníticas, para piezas que contienen presión.
ASTM A403	Standard Specification for Wrought Austenitic Steel Piping Fittings. Especificación estándar para accesorios de tubería de acero austenítico forjado.
ASTM A516	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, For Moderate and Lower Temperature Service. Placas para recipientes a presión, acero al carbón, para servicio de temperatura moderada y baja.
ASTM A733	Standard Specification for Welded and Seamless Carbon Steel and Austenitic Stainless. Especificación estándar para acero al carbono soldado y sin costura y acero inoxidable austenítico.
AGA REPORT #5	Natural Gas Energy Measurement – Global. Medición de Energía de Gas Natural – Global.
AGA REPORT #8	Compressibility Factors of Natural Gas and Other Hydrocarbon Gases. Factores de Compresibilidad del Gas Natural y Otros Gases Hidrocarburos.
AGA 9	Measurement of gas by multipath ultrasonic meters. Medida de gas mediante contadores ultrasónicos multitrayecto.
NFPA 70	National Electrical Code. Código Eléctrico Nacional.
ISO 9001	Quality management systems requirements. Requisitos de los sistemas de gestión de la calidad.
ISO 1461	Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods. Recubrimientos galvanizados en caliente sobre artículos fabricados de hierro y acero - Especificaciones y métodos de prueba.
ISO 14313	Petroleum and natural gas industries - Pipeline transportation systems - Pipeline valves. Industrias del petróleo y gas natural - Sistemas de transporte por tuberías - Válvulas de tuberías.
ISO 15848-1	Industrial valves - Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions - Part 1: Classification system and qualification procedures for type testing of valves. Válvulas industriales - Procedimientos de medición, prueba y calificación para emisiones fugitivas - Parte 1: Sistema de clasificación y procedimientos de calificación para pruebas tipo de válvulas.
ISO 15848-2	Industrial valves - Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions - Part 2: Classification system and qualification procedures for type testing of valves. Válvulas industriales - Procedimientos de medición, prueba y calificación para emisiones fugitivas - Parte 2: Sistema de clasificación y procedimientos de calificación para pruebas tipo de válvulas.
ISO 16852	Flame arresters - Performance requirements, test methods and limits for use. Arresta flamas: requisitos de rendimiento, métodos de prueba y límites de uso.

Referencia	Concepto
ISO 5208	Pressure Testing of Metallic valves.
	Pruebas de Presión de Válvulas Metálicas.
ISO 5211	Industrial Valves – Part – Turn Actuator Attachments.
	Válvulas Industriales – Pieza – Acoplamiento de Actuador de Giro.
ISO 10474	Steel and Steel Products – Inspection Documents.
	Acero y Productos de Acero – Documentos de Inspección.
ISO 10497	Industrial Valves – Measurement, Test and Qualification Procedures for Fugitive Emissions – Part 2: Production Acceptance Test of Valves.
	Válvulas industriales – Procedimientos de medición, prueba y calificación para emisiones fugitivas – Parte 2: Prueba de aceptación de producción de válvulas.
ISO 14313-2007	Petroleum and natural gas industries – Pipeline transportation systems -pipeline valves.
	Industrias del petróleo y gas natural -- Sistemas de transporte por oleoductos - válvulas de oleoductos.
ISO 15848-2015	Industrial valves - Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions.
	Válvulas industriales - Procedimientos de medición, prueba y calificación de emisiones fugitivas.
MSS SP-6	Standard Finishes for Contact Faces of Pipe Flanges and Connecting End Flanges of Valves and Fittings.
	Acabados estándar para caras de contacto de bridas de tubería y bridas de extremo de conexión de válvulas y accesorios.
MSS SP-25	Standard Marking System for valves, Fittings, Flanges & Unions.
	Sistema de Marcado Estándar para Válvulas, Accesorios, Bridas y Uniones.
MSS SP-79	Socket Welding Reducer Inserts.
	Insertos reductores para soldadura por encastre.
MSS SP-80	Bronze Gate, Globe, Angle and Check Valves.
	Válvulas de compuerta, globo, ángulo y check de bronce.
MSS SP-95	Swage (d) Nipples and Bull Plugs
	Estampado (d) nipples y tapones
MSS SP-97	Integrally Reinforced Forged Branch Outlet Fittings – Socket Welding, Threaded, and Butt-welding Ends.
	Accesorios de salida de derivación forjados integralmente reforzados: extremos de soldadura por encastre, roscados y de soldadura a tope.
MSS SP-110	Ball Valves Threaded, Socket-Welding, Solder Joint, Grooved and Flared Ends.
	Válvulas de Bola Roscadas, Soldadas, Juntas Soldadas, Ranuradas y Extremos abocardados.
ACI 318	American Concrete Institute, Building Code Requirements for Structural Concrete, 2019.
	Instituto Americano del Concreto, Requisitos del Código de Construcción para Concreto Estructural, 2019.
ACI 351.1R	American Concrete Institute, Grouting between foundations and bases for support of equipment and machinery.
	Instituto Americano del Concreto, Lechada entre cimientos y bases para soporte de equipo y maquinaria.
ACI 351.2R	American Concrete Institute, Foundations for static equipment.
	American Concrete Institute, Cimentación para equipos estáticos.
ACI 351.3R	American Concrete Institute, Foundations for dynamic equipment.
	American Concrete Institute, Cimentaciones para equipos dinámicos.
ACI 360R	American Concrete Institute, Guide to design of slabs on ground.
	American Concrete Institute, Guía para el diseño de losas sobre suelo.
AISC 360	Specification for structural steel buildings, Design for Strength using Load and Resistance Factor Design (LRFD).
	Especificación para edificios de acero estructural, diseño para la resistencia usando Diseño de Factor de Carga y Resistencia (LRFD).
AISC 325	Specification for Structural Joints using ASTM A325 or A490 Bolts.

Referencia	Concepto
	Especificación para juntas estructurales usando pernos ASTM A325 o A490.
AWS D1.1/D1	American Welding Society, Structural Welding Code-Steel.
	Sociedad Estadounidense de Soldadura, Código de soldadura estructural de acero.
ISA S5.1	Instrument Symbols and Identification.
	Símbolos e identificación del instrumento.
ISA S5.2	Binary Logic Diagrams for Process Operations.
	Diagramas de lógica binaria para operaciones de proceso.
ISA 5.3	Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems
	Símbolos gráficos para sistemas informáticos, lógicos e instrumentación de control distribuido/pantalla compartida
ISA 5.4	Instrument Loop Diagrams.
	Diagramas de ciclo de instrumentos.
ISA RP12.1	Electrical Instruments in Hazardous Atmospheres.
	Instrumentos eléctricos en atmósferas peligrosas.
ISA S12.10	Area classification in Hazardous Athmospheres (Clasificación de Area en Atmósferas Peligrosas).
	Area classification of Hazardous Atmospheres (Clasificación de Area en Atmósferas Peligrosas).
ISA RP12.12	Electrical Equipment for Use in Class I, Division 2, Hazardous (Classified) Locations.
	Equipo eléctrico para uso en ubicaciones (clasificadas) peligrosas de Clase I, División 2.
ANSI/ISA 18.2	Management of alarm system for the process industries.
	Gestión de sistema de alarmas para las industrias de proceso.
ISA 20	Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments
	Formularios de especificación para instrumentos de medición y control de procesos
ISA 71.04	Environmental Conditions for Process Measurement and Control.
	Condiciones Ambientales para la Medición y Control de Procesos.
ISA 75.08.01	Face-to-Face Dimensions for Integral Flanged Globe-Style Control Valve.
	Dimensiones cara a cara para válvula de control estilo globo con brida integral.
IEC 60529	Degree of protection provided by enclosures (IP Code).
	Grado de protección proporcionado por envoltentes (Código IP).
IEC 61131-1	Programmable controllers part 1: general information
	Controladores programables parte 1: información general
IEC 61131-2	Programmable controllers part 2: equipment requirements and test.
	Controladores programables parte 2: requisitos de equipo y prueba.
IEC 61131-3	Programmable controllers part 3: programming languages.
	Controladores programables parte 3: lenguajes de programación.
IEC 61131-4	Programmable controllers part 4: user guidelines
	Controladores programables, parte 4: directrices para el usuario
IEC 60770-3	Transmitters for use in industrial-Process control Systems – Part. 3: Methods for performance evaluation of intelligent transmitters.
	Transmisores para uso en sistemas de control de procesos industriales – Part. 3: Métodos para la evaluación del desempeño de transmisores inteligentes.
IEC 801-1	Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement.
	Compatibilidad electromagnética para la medición de procesos industriales.
IEEE C37.1	Standard for SCADA and Automation Systems.
	Estándar para SCADA y Sistemas de Automatización.

Referencia	Concepto
ANSI/TIA/EIA-568	Cableado de telecomunicaciones para edificios.
ANSI/TIA/EIA-569	Espacios y canalizaciones para telecomunicaciones.
ANSI/EIA/TIA-598	Código de Colores para Cable de Fibra Óptica.
NEMA 250	Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum).
	Recintos para Equipos Eléctricos (1000 Volts Máximo).
NMX-I-248-NYCE-2008	Telecomunicaciones-Cableado-Cableado Estructurado genérico- Cableado de telecomunicaciones para edificios comerciales. Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-I-274-NYCE-2011	Telecomunicaciones-cables- de fibras ópticas para uso exterior, especificaciones y métodos de prueba.
NFPA 10, Ed. 2018	Extintores Portátiles Contra incendios (Standard for Portable Fire Extinguishers).
NFPA 101, Ed. 2018	Código de Seguridad Humana (Life Safety Code).
NFPA 5000, Ed. 2018	Código de Seguridad de Construcción de Edificios (Building Construction Safety Code).
FM	Factory Mutual Research Center.
UL	Underwriter Laboratories Inc.
Especificaciones de referencia	
IC-05-I451	Especificación de materiales de tuberías en instalaciones de Semptra Infraestructura.
IC-02-ES07-A01	Plan de Calidad

Fuente: Bases de diseño

Aunado al cumplimiento de la normatividad aplicable al Gasoducto Corredor Norte, se contará con procedimientos de operación, procedimientos y programas de mantenimiento, programa de capacitación, programa de simulacros, entre otros; los cuales tendrán el objetivo de fortalecer las capacidades para lograr un alto grado de seguridad.

V.8.3 Recomendaciones técnico-operativas

En la presente sección se indican las recomendaciones técnico-operativas (que incluyen equipos, dispositivos, sistemas de seguridad y medidas preventivas) identificadas como oportunidades de mejora para reducir el nivel de riesgo, derivadas de la aplicación de la metodología para el análisis y evaluación de riesgos (identificación de peligros del HazOp, jerarquización de escenarios de riesgo, análisis de frecuencias y consecuencias); incluyendo las identificadas en el apartado V.6. Análisis de vulnerabilidad e interacciones de riesgo; y en su caso, las del apartado V.7. Reposicionamiento de escenarios de riesgo.

En la Tabla V.97 se describen las recomendaciones técnico-operativas de acuerdo con el orden de los escenarios de riesgo identificados, mientras que en la Tabla V.98 se muestra el programa para la implementación de dichas recomendaciones.

Tabla V.97 Recomendaciones Técnico-Operativas

Núm.	Código	Descripción	Identificación del nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo		Responsable	MR
					Núm.	Descripción		
R1	ARSH-001-2024	Asignar diferentes TAG a válvulas e instrumentación de las SDV y MOV en descarga de enfriadores.	Nodo 06: Sistema de enfriamiento de gas (E-030601 / 030702 / 030803)	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	06.1.1.1	Alta presión debido a cierre inadvertido de la válvula MOV-030601/702/802 o por factores humanos (Excesos de confianza, stress, falta de experiencia) que provoca daños a instrumentos y equipos aguas arriba del bloqueo.	Ingeniería	15
R2	ARSH-002-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales ubicadas en los venteos	Nodo 11: Sistema de recuperación de venteos	SASISOPA: Elemento X. Control de	11.1.1.1	Alta presión por que queda abierto un venteo de un equipo o	Ingeniería, Proceso	12

Núm.	Código	Descripción	Identificación del nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo		Responsable	MR
					Núm.	Descripción		
		al SRV y atmosféricos al programa de Car Seal.		actividades y procesos.		línea presurizada tras mantenimiento que provoca daños a líneas e instrumentos.		
R3	ARSH-003-2024	Considerar la inclusión de las válvulas en línea a condensados del SRV en programa de Car Seal.	Nodo 11: Sistema de recuperación de venteos	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	11.8.1.1	Bajo Nivel por que queda abierta las válvulas manuales de envío a condensados.	Ingeniería, Proceso	12
R4	ARSH-004-2024	Difundir a las dependencias de gobierno del sitio y empresas con infraestructuras la información que se considere relevante del GCN.	Nodo 15: Gasoducto Corredor Norte 30"	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	15.4.20.2	Se presentan afectaciones o daños por terceros por impactos mecánicos durante actividades de excavación o construcción que provoca posible liberación de gas natural que provoca paro de las operaciones para atención del evento con posibles pérdidas económicas y daños ambientales.	Ingeniería, Proceso	30
R5	ARSH-005-2024	Revisar y homologar los valores de los parámetros de diseño y de operación establecidos en las bases de diseño en toda la documentación del Proyecto.	Nodo 27 Sistema de medición (EM-032801)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	27.1.1.1	Alta presión por problemas operativos aguas arriba del nodo que provoca afectaciones a la medición del flujo.	Ingeniería, Proceso	15
R6	ARSH-006-2024	Analizar la incorporación de una válvula check o manual posterior a la MOV-030204 en líneas de by pass de compresores para evitar flujo inverso ante el fallo de la MOV-030204.	Nodo 4 Sistema de medición (EM-030201)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	04.1.2.1	Alta presión por apertura inadvertida de la válvula MOV-030204 en salida de EM-030201 a cabezal de bypass de paquete de compresión por factores humanos que provoca daño de las unidades de compresión.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	15
R7	ARSH-007-2024	Completar los TAG de la medición y transmisión de temperatura del compresor TG- 030503.	Nodo 5 Sistema de compresión de gas	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	2.2	Fuga en presenciade fuente de ignición por alta vibración por bajo flujo en la succión de las unidades de compresión que provoca incendio / explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	Ingeniería, Proceso	15
R8	ARSH-008-2024	Completar las indicaciones de alarmas en los DTI en los instrumentos que apliquen	Nodo 5 Sistema de compresión de gas	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	05.2.2.2	Fuga en presenciade fuente de ignición por alta vibración por bajo flujo en la succión de las unidades de compresión que provoca incendio / explosión con posibles daños a personas, ambiente, pérdidas económicas e instalación.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	15
R9	ARSH-009-2024	Analizar la capacidad del quemador considerando el venteo simultáneo de una unidad de filtración y algún tren de medición o regulación.	Nodo 22 Sistema de venteo a quemador (ET)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	22.2.1.1	Se produce venteo simultáneo por mantenimiento de un equipo y un tren de medición/regulación. Se programa el mantenimiento simultáneo de filtro y trenes de medición /	Ingeniería, Proceso	15

Núm.	Código	Descripción	Identificación del nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo		Responsable	MR
					Núm.	Descripción		
						regulación que provoca no se cuenta con salvaguardas.		
R10	ARSH-010-2024	Revisar y homologar los valores de los parámetros de diseño y de operación establecidos en las bases de diseño en toda la documentación del Proyecto.	Nodo 3 Sistema de regulación (ER-030201)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	03.2.3.1,	Baja presión por actividades erróneas post- mantenimiento que provocan pérdida de gas natural por sistema de venteo al quemador con afectaciones al proceso, ambiente y al negocio.	Ingeniería, Proceso	10
R11	ARSH-011-2024	Sustituir SPE (Sistema de Paro de Emergencia) por SIS (Sistema Instrumentado de Seguridad en la documentación técnica de la Estación Topolobampo.	Nodo 17 Sistema Filtración (FS-040201/040202)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	17.1.1.1	Alta presión por problemas operativos en la Estación de Compresión El Fuerte que provoca daños a instrumentos y equipos asociados en el nodo.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	10
R12	ARSH-012-2024	Sustituir SCP (Sistema de Control de Proceso) por UTR (Unidad Terminal Remota) en la documentación de Proyecto de la Estación Topolobampo.	Nodo 17 Sistema Filtración (FS-040201/040202)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	17.2.2.1	Baja presión desde el suministro de gas que provoca pérdidas de tiempo por paro de las actividades de la estación.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	12
R13	ARSH-013-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales ubicadas en os venteos al quemador y atmosféricos de estación Topolobampo al programa de Car Seal.	Nodo 22 Sistema de venteo a quemador (ET)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	22.1.1.1	Emisión de gases por sistema de venteo atmosférico durante la operación del equipo o línea por quedar abierta una línea de venteo al quemador que provoca pérdida de gas natural por sistema de venteo al quemador con afectaciones al proceso, ambiente y al negocio.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	15
R14	ARSH-014-2024	Considerar la protección contra entrada de animales a la columna de venteo V-032401.	Nodo 12 Sistema de venteo por emergencias	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	12.1.2.1	La columna de venteo contiene residuos sólidos por caída de sólidos o animales pequeños dentro de la columna que provoca posible daño a animales dentro de la columna de venteo.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	20
R15	ARSH-015-2024	Eliminar en plano GN0621-PR-204-DTI-002 las válvulas manuales en línea de venteo próximas al punto de conexión de FS-040202.	Nodo 25 Sistema de filtración	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	25.2.5.1	Baja Presión por actividades erróneas post- mantenimiento que provoca pérdida de gas natural por sistema de venteo al quemador con afectaciones al proceso, ambiente y al negocio.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	10
R16	ARSH-016-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales de los lazos de control de nivel de los filtros en Estación de Compresión El Fuerte al programa de Car Seal.	Nodo 2 Sistema de filtración (FS-030101/030102)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	02.7.2.1	Alto nivel por cierre inadvertido de válvulas manuales de la LV alineada por error operativo que provoca pase de líquidos por la corriente de gas.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	12
R17	ARSH-017-2024	Considerar en protocolos / procedimientos la comunicación entre Estación Topolobampo y la Estación de Compresión El Fuerte para el ajuste de temperaturas para la operación. (Recomendación a	Nodo 19 Sistema de regulación (ER-040301)	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	19.4.1.1	Baja temperatura por condiciones ambientales que provoca posibles reclamos por parte de clientes.	Ingeniería, Proceso	20

Núm.	Código	Descripción	Identificación del nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo		Responsable	MR
					Núm.	Descripción		
		considerar en etapas posteriores del ciclo de vida de la instalación).						
R18	ARSH-018-2024	Revisar las correspondencias entre banderas interconectoras de planos DTI.	Nodo 20 Gas a combustible quemador	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	20.1.1.1	Alta presión por problemas operativos en la Estación de Compresión El Fuerte que provocan daños a instrumentos y equipos asociados en el nodo.	Ingeniería, Instrumentación	8
R19	ARSH-019-2024	Revisar las posibles temperaturas por caídas máximas de presión en la regulación de presión del sistema de suministro de GC a quemador, considerando las características de diseño de líneas, PSV e instrumentos.	Nodo 20 Gas a combustible quemador	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	20.1.2.2	Alta presión por falla la primera regulación (PCV-040501) que provoca congelamiento del gas tras segunda regulación.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	12
R20	ARSH-020-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales de los lazos de control de nivel y del by pass de los filtros de la Estación Topolobampo al programa de Car Seal.	Nodo 21 Sistema de condensados (T-040401)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	21.9.1.1	Pérdida de contención por alta presión en el sistema por encima de las especificaciones de diseño del material debido a queda abierta la válvula manual de 2"Ø en bypass de válvulas que provoca alta presión en el sistema por encima de las especificaciones de diseño del material debido a queda abierta la válvula manual de 2"Ø en bypass de válvulas manuales del lazo de control de nivel de filtros FS-040201/040202 por error operativo tras un mantenimiento.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	21
R21	ARSH-021-2024	Indicar el dique de contención del T- 040401 en el GN0621-PR-204-DTI-004.	Nodo 21 Sistema de condensados (T-040401)	SASISOPA: Elemento IX. Mejores prácticas y estándares	21.7.1.1	Alto nivel por alta cantidad de líquidos por la corriente de gas. Que provoca desbordamiento del tanque de condensados con posibilidad de incendio ante fuente de ignición como: descarga eléctrica, electricidad estática, punto caliente, flama abierta, entre otros.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	14
R22	ARSH-022-2024	Establecer para la etapa de Ingeniería de Detalle la disposición final de los condensados.	Nodo 21 Sistema de condensados (T-040401)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	21.7.1.1	Alto Nivel por alta cantidad de líquidos por la corriente de gas. Que provoca desbordamiento del tanque de condensados con posibilidad de incendio ante fuente de ignición como: descarga eléctrica, electricidad estática, punto caliente, flama abierta, entre otros.	Ingeniería	14
R23	ARSH-023-2024	Considerar en el diseño de la columna un arreglo de tuberías que permita el drenaje del líquido atrapado en la columna de venteo.	Nodo 23 Sistema de venteo por emergencias (ET)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	23.1.1.1	La columna de venteo contiene agua por lluvia dentro de la columna que provoca venteo por emergencia ineficiente.	Ingeniería, Proceso	16

Núm.	Código	Descripción	Identificación del nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo		Responsable	MR
					Núm.	Descripción		
R24	ARSH-024-2024	Considerar cambio del tag de la columna, tomando en cuenta que su servicio es venteo (V) y que pertenece al sistema de venteo.	Nodo 23 Sistema de venteo por emergencias (ET)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	23.1.1.1	La columna de venteo contiene agua por lluvia dentro de la columna que provoca venteo por emergencia ineficiente.	Ingeniería	16
R25	ARSH-025-2024	Considerar la protección contra caída de objetos o animales dentro de la columna de venteo de la Estación Topolobampo.	Nodo 23 Sistema de venteo por emergencias (ET)	SASISOPA: Elemento X. Control de actividades y procesos.	23.1.2.1	La columna de venteo y residuos sólidos por caída de sólidos o animales pequeños dentro de la columna que provoca venteo por emergencia ineficiente.	Ingeniería	16
R26	ARSH-026-2024	El diseño civil/estructural de los racks de tuberías y los soportes metálicos considerará la carga accidental por sobrepresión de 10 psi.	Nodo 06: Sistema de enfriamiento de gas (E-030601/030702/030803)	SASISOPA: Elemento II. Identificación de Peligros"	06.10.1.1	Fuga en el cabezal general de descarga de 30" de compresores por orificio de 152.4 mm (6 in) de diámetro equivalente liberando gas natural con posible formación de nube inflamable y/o Explosiva.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	30
R27	ARSH-027-2024	Verificar que los materiales de construcción del edificio de oficinas sean resistentes a la radiación térmica de 37.5 kW/m ² . Aplica al evento DOM-13.	Nodo 06: Sistema de enfriamiento de gas (E-030601/030702/030803). Aplica al evento DOM-13.	SASISOPA: Elemento II. Identificación de Peligros"	15.1.1.3	La onda de choque con el valor de 10 lb/in ² resultante de la explosión no confinada del gas natural, impacta con el equipo E-30803 y lo mueve de sus cimientos logrando una rotura de las líneas tanto de alimentación como de descarga; lo que provoca una fuga masiva de gas natural por un orificio de 16 pulgadas (406.4 mm) hacia la atmósfera.	Ingeniería	30
R28	ARSH-028-2024	Realizar adiestramiento al personal operativo y de seguridad de la secuencia de actividades referente a los sistemas de control y seguridad que darán respuesta para los 13 escenarios simulados.	Nodo 1, 2, 4, 6, 7, 10, 15, 17, 18, 25, 27	SASISOPA: Elemento II. Identificación de Peligros"	Ver anexo técnico 7	Los doce escenarios de riesgo identificados.	Seguridad Industrial	30
R29	ARSH-029-2024	En caso de resultar necesario, realizar una campaña de difusión de las operaciones del sistema de transporte hacia personas de comunidades aledañas e instalaciones externas.	Nodo 1, 2, 4, 6, 7, 10, 15, 17, 18, 25, 27	SASISOPA: Elemento II. Identificación de Peligros"	Ver anexo técnico 7	Los doce escenarios de riesgo identificados.	Seguridad Industrial	30

Fuente: Elaboración propia.

Derivado de las recomendaciones técnico-operativas presentadas en la tabla anterior, a continuación, en la Tabla V.98 se considera la aplicación del siguiente programa de implementación.

Tabla V.98 Programa para la implementación de las recomendaciones

Escenario de Riesgo	Recomendaciones por implementar				Fecha o periodo para implementación
	Núm.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
06.1.1.1	ARSH-001-2024	15	Asignar diferentes TAG a válvulas e instrumentación de las SDV y MOV en descarga de enfriadores.	Ingeniería	01/07/24-1/12/25
11.1.1.1	ARSH-002-2024	12	Analizar la incorporación de las válvulas manuales ubicadas en los venteos al SRV y atmosféricos al programa de Car Seal.	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25
11.8.1.1	ARSH-003-2024	12	Considerar la inclusión de las válvulas en línea a condensados del SRV en programa de Car Seal.	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25
15.4.20.2	ARSH-004-2024	30	Difundir a las dependencias de gobierno del sitio y empresas con infraestructuras la información que se considere	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25

Escenario de Riesgo	Recomendaciones por implementar			Fecha o periodo para implementación	
	Núm.	Nivel de Riesgo	Recomendación		Responsable
			relevante del GCN.		
27.1.1.1	ARSH-005-2024	15	Revisar y homologar los valores de los parámetros de diseño y de operación establecidos en las bases de diseño en toda la documentación del Proyecto.	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25
04.1.2.1	ARSH-006-2024	15	Analizar la incorporación de una válvula check o manual posterior a la MOV-030204 en líneas de by pass de compresores para evitar flujo inverso ante el fallo de la MOV-030204.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
05.2.2.2	ARSH-007-2024	15	Completar los TAG de la medición y transmisión de temperatura del compresor TG-030503.	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25
05.2.2.2	ARSH-008-2024	15	Completar las indicaciones de alarmas en los DTI en los instrumentos que apliquen.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
22.2.1.1	ARSH-009-2024	15	Analizar la capacidad del quemador considerando el venteo simultáneo de una unidad de filtración y algún tren de medición o regulación.	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25
03.2.3.1,	ARSH-010-2024	10	Revisar y homologar los valores de los parámetros de diseño y de operación establecidos en las bases de diseño en toda la documentación del Proyecto.	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25
17.1.1.1	ARSH-011-2024	10	Sustituir SPE (Sistema de Paro de Emergencia) por SIS (Sistema Instrumentado de Seguridad) en la documentación técnica de la Estación Topolobampo.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
17.2.2.1	ARSH-012-2024	12	Sustituir SCP (Sistema de Control de Proceso) por UTR (Unidad Terminal Remota) en la documentación de Proyecto de la Estación Topolobampo.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
22.1.1.1	ARSH-013-2024	15	Analizar la incorporación de las válvulas manuales ubicadas en los venteos al quemador y atmosféricos de estación Topolobampo al programa de Car Seal.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
12.1.2.1	ARSH-014-2024	20	Considerar la protección contra entrada de animales a la columna de venteo V-032401.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
25.2.5.1	ARSH-015-2024	10	Eliminar en plano GN0621-PR-204-DTI-002 las válvulas manuales en línea de venteo próximas al punto de conexión de FS-040202.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
02.7.2.1	ARSH-016-2024	12	Analizar la incorporación de las válvulas manuales de los lazos de control de nivel de los filtros en Estación de Compresión El Fuerte al programa de Car Seal.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
19.4.1.1	ARSH-017-2024	20	Considerar en protocolos/procedimientos la comunicación entre Estación Topolobampo y la Estación de Compresión El Fuerte para el ajuste de temperaturas para la operación. (Recomendación a considerar en etapas posteriores del ciclo de vida de la instalación).	Ingeniería, Proceso,	01/07/24-1/12/25
20.1.1.1	ARSH-018-2024	8	Revisar las correspondencias entre banderas interconectoras de planos DTI.	Ingeniería, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
20.1.2.2	ARSH-019-2024	12	Revisar las posibles temperaturas por caídas máximas de presión en la regulación de presión del sistema de suministro de GC a quemador, considerando las características de diseño de líneas, PSV e instrumentos.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
21.9.1.1	ARSH-020-2024	21	Analizar la incorporación de las válvulas manuales de los lazos de control de nivel y del by pass de los filtros de la Estación Topolobampo al programa de Car Seal.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
21.7.1.1	ARSH-021-2024	14	Indicar el dique de contención del T-040401 en el GN0621-PR-204-DTI-004.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25
21.7.1.1	ARSH-022-2024	14	Establecer para la etapa de Ingeniería de Detalle la disposición final de los condensados.	Ingeniería	01/07/24-1/12/25
23.1.1.1	ARSH-023-2024	16	Considerar en el diseño de la columna un arreglo de tuberías que permita el drenaje del líquido entrampado en la columna de venteo.	Ingeniería, Proceso	01/07/24-1/12/25
23.1.1.1	ARSH-024-2024	16	Considerar cambio del tag de la columna, tomando en cuenta que su servicio es venteo (V) y que pertenece a la Estación Topolobampo (040...)	Ingeniería	01/07/24-1/12/25
23.1.2.1	ARSH-025-2024	16	Considerar la protección contra caída de objetos o animales dentro de la columna de venteo de la Estación Topolobampo	Ingeniería	01/07/24-1/12/25
E4-PCA	ARSH-026-2024	30	El diseño civil/estructural de los racks de tuberías y los soportes metálicos considerará la carga accidental por sobrepresión de 10 psi.	Ingeniería, Proceso, Instrumentación	01/07/24-1/12/25

Escenario de Riesgo	Recomendaciones por implementar			Fecha o periodo para implementación	
	Núm.	Nivel de Riesgo	Recomendación		Responsable
E13-DOM (Análisis de efecto dominó)	ARSH-027-2024	30	Verificar que los materiales de construcción del edificio de oficinas sean resistentes a la radiación térmica de 37.5 kW/m ² .	Ingeniería	01/07/24-1/12/25
Todos los escenarios del análisis de consecuencias y de efecto dominó	ARSH-028-2024	30	Realizar adiestramiento al personal operativo y de seguridad de la secuencia de actividades referente a los sistemas de control y seguridad que darán respuesta para los 13 escenarios simulados.	Seguridad Industrial	01/07/24-1/12/25
Todos los escenarios del análisis de consecuencias y de efecto dominó	ARSH-029-2024	30	En caso de resultar necesario, realizar una campaña de difusión de las operaciones del sistema de transporte hacia personas de comunidades aledañas e instalaciones externas.	Seguridad Industrial	01/07/24-1/12/25

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se considera importante presentar ante la ASEA los planos de construcción (*As-Built*) así como el registro de las precisiones en la descripción del sistema que deriven de la construcción, lo anterior de manera posterior al inicio de operaciones del STGN.

V.9 Resumen Ejecutivo

En el Anexo Técnico ANX-TEC-10 se presenta el Resumen Ejecutivo.

V.10 Conclusiones

El Proyecto, pertenece al sector energía y se inserta en la Fracción III del artículo 2 de la Ley de Hidrocarburos: III. El procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el **transporte**, almacenamiento, distribución, comercialización y expendio al público de gas natural. Debido a esto, el Proyecto requiere entregar este Estudio de Riesgo a consideración de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA), de acuerdo con el artículo 7 de la Ley de la citada Agencia que estipula que los actos administrativos a los que se refiere la Fracción XVIII del artículo 5, serán entre otros el indicado en la fracción I. Autorizaciones en materia de impacto y riesgo ambiental del sector hidrocarburos.

El proyecto a desarrollar por parte de Gasoducto Corredor Norte, S.A.P.I. de C.V. (GCN) se denomina “Gasoducto Corredor Norte” (Proyecto) y consiste en la Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento de un Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN) en los municipios de El Fuerte y Ahome, en el estado de Sinaloa.

El Proyecto tiene por objeto transportar gas natural mediante un gasoducto de 30” de diámetro con una capacidad de diseño de hasta 700 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD), que iniciará en la interconexión con la existente Estación de Medición Regulación y Control El Oro (EMRYC El Oro) la cual forma parte del Sistema de Transporte Guaymas - El Oro propiedad de Gasoducto de Aguaprieta, S. de R.L. de C.V. El Proyecto tendrá una longitud estimada de 81.045 km. Se compondrá de un Ducto terrestre²⁵ de aproximadamente 75.442 km, así como de una Línea sumergida²⁶ con una longitud estimada de 5.603 km, además de la infraestructura requerida para el funcionamiento de un sistema de esta naturaleza (válvulas de seccionamiento, estación de compresión, trampas de diablos, entre otros). Se prevé que la mayor parte del trazo de la Línea sumergida sea instalado fuera y en paralelo al canal de navegación secundario de la Administración del Sistema Portuario Nacional en Topolobampo (ASIPONA Topolobampo), su tramo final, de aproximadamente 1.3 km, se insertará en áreas que conforman el recinto portuario de Topolobampo, cuya administración se encuentra a cargo de la ASIPONA.

El STGN terminará en la futura Estación Topolobampo, la cual se instalará en una plataforma marina (conocida como “*Jetty*”), dicha plataforma será parte de la Infraestructura Marina Auxiliar de un sistema de licuefacción de gas natural instalado en una Unidad Flotante de Gas Natural Licuado, (FLNG Unit, por sus siglas en inglés o Unidad FLNG), que será promovido por la empresa Vista Pacífico LNG, S.A.P.I. de C.V. (VPLNG), y se ubicará en el área marina de la ASIPONA Topolobampo, en el municipio Ahome, Sinaloa. Cabe destacar que el sistema de licuefacción de gas natural que será promovido por VPLNG, no forma parte del presente estudio, es decir, el presente análisis de evaluación de impacto y riesgo ambiental corresponde exclusivamente al Proyecto del STGN en términos de lo que dispone la Ley de Hidrocarburos y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

GCN pretende transportar gas natural en la Región Noroeste de la República Mexicana para uso de mercados de México, así como la exportación en mercados internacionales como Asia, Sudamérica y el resto del mundo, por lo cual se pretende desarrollar el Proyecto en mención. En términos generales el STGN se compondrá de lo siguiente:

1. Estación de Compresión El Fuerte:
 - ⊕ Interconexión de 30” de diámetro y \approx 360.26 m de longitud.
 - ⊕ Interconexión de 20” de diámetro y \approx 124.35 m de longitud.
 - ⊕ Dos Sistemas de Medición, Regulación y Control, uno por cada punto de interconexión, dentro de la Estación de Compresión El Fuerte.
2. “Línea regular” – gasoducto de 30” de diámetro compuesto por un Ducto terrestre y una Línea sumergida, con un ancho total del Derecho de Vía (DDV) de 25 m, el cual estará considerando 14

²⁵ En los documentos técnicos se puede encontrar como Tramo o sección terrestre.

²⁶ En los documentos técnicos se puede encontrar como Ducto Marino, Tramo Marino o sección marina.

m de DDV permanente (DDVp) y 11 m de DDV temporal (DDVt). Aproximadamente entre el km 65 al 73, se tendrán 11 m adicionales de DDVt para un total de 36 m totales de DDV.

3. Tres válvulas de seccionamiento (MLV-010101, MLV-010102, MLV-010203).

Tabla V.99 Válvulas de seccionamiento del gasoducto

Ubicación	Válvula
Kilómetro 26+150	MLV-010101
Kilómetro 48+470	MLV-010102
Kilómetro 73+260	MLV-010203 y trampa TRD-010201

Fuente: Elaboración propia.

4. Trampas de envío y recibo de diablos (ubicadas en la Estación de Compresión El Fuerte, MLV-010203 y Estación Topolobampo).
5. Estación Topolobampo.

Considerando las premisas anteriores, la evaluación de las actividades consideradas como riesgosas se realizó con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo V, del Título IV, Artículo 147; asimismo, se tomaron también como fundamento los listados 1 y 2 de la Secretaría de Gobernación, que determinan las cantidades de reporte para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y 04 de mayo de 1992, respectivamente.

El Proyecto está considerado como una instalación de alto riesgo debido a que se rebasará la cantidad de reporte de 500 kilogramos, para gas natural (sustancia incluida en el "Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, Artículo 4, Fracción I); debido a que el sistema de transporte manejará una capacidad de diseño de 700 MMPCD.

El análisis histórico de incidentes y/o accidentes recabados de diferentes fuentes; incluidas las instalaciones de Semptra, se observa que para los accidentes e incidentes ocurridos en instalaciones de Semptra el comportamiento es gaussiano en los últimos 5 años. De la totalidad de eventos, en el 37% de los eventos no estuvo involucrada alguna sustancia peligrosa, el 11% se trató por activación del sistema de supresión de fuego a base de CO2 sin daños, un 5% derivó en un daño a las personas (incidente registrable con días perdidos) donde estuvo involucrado aire, 42% corresponden con escenarios donde la sustancia involucrada fue el gas natural. En el 38% (3 escenarios) no se presentaron daños hacia ningún receptor, en los restantes 5 eventos ocurrieron daños; en 4 se tuvieron solo daños materiales y en uno (1) ocasionó fatalidad y daños materiales.

Para eventos nacionales e internacionales comprendido entre los años 1980 al 2002, acerca de sistemas de transporte y procesamiento de gas natural refleja una disminución de los accidentes con el pasar de los años. Esto supone una concientización de los propietarios y de los desarrolladores de ingeniería a las lecciones aprendidas de accidentes pasados. Sin embargo, el análisis nos hace ver que las fugas de gas natural son muy peligrosas al perderse la contención, derivando principalmente en radiaciones térmicas que han causado la muerte de personas y otras más con lesiones permanentes. En México se tiene registro de 6 accidentes con tuberías de transporte y estaciones de medición relacionados por tomas clandestinas.

El estudio estableció aplicar las siguientes metodologías:

- ⊕ HAZOP
- ⊕ Qué pasa si...?
- ⊕ Lista de Verificación
- ⊕ Árbol de eventos

En las metodologías (HAZOP/¿Qué pasa si...?), fue necesario realizar la delimitación de los nodos de estudio, en común acuerdo con los integrantes del GMAR (Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos). El Proyecto quedó seccionado en 27 nodos. Los nodos fueron establecidos desde la identificación de peligros con la documentación en revisión 0, por lo que para este estudio fueron revisados y actualizados todos los códigos de equipos e instrumentos que cambiaron con base en los hallazgos y recomendaciones de las secciones multidisciplinarias del HAZOP/¿Qué pasa si...?.

Posteriormente, se utilizó una combinación de la metodología de identificación de riesgos HazOp y ¿Qué pasa si...?. Para el Proyecto se generaron 27 nodos, de los cuales 19 fueron evaluados mediante la metodología de HazOp y ocho nodos fueron evaluados mediante la metodología de ¿Qué pasa si...?. Lo anterior, fue elaborado con el apoyo de la matriz de clasificación de riesgos, a través del cual se realizó el análisis de frecuencias y la jerarquización de riesgos; considerando el tipo de afectación en la que se vean involucrados; como son: los daños o afectaciones que puedan generar los riesgos identificados para el personal, los daños o afectaciones a la población, el impacto ambiental que provoquen los riesgos identificados y por último las afectaciones o daños a la instalación, producción, bienes de terceros/nacionales y medios.

En el Proyecto se elaboró un Análisis de Lista de Verificación donde utiliza una lista de puntos de un procedimiento para verificar el estado de un sistema. Las listas de verificación varían ampliamente su nivel de detalle y son frecuentemente utilizadas para indicar el cumplimiento con estándares y políticas. El Análisis Lista de Verificación es fácil de usar y puede ser aplicado a cualquier etapa del tiempo de vida de un Proyecto.

La evaluación preliminar de peligros mediante lista de verificación basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, Sección 7: Diseño, arrojó que de los 306 requerimientos analizados, el 71% de ellos (219) se encuentran en cumplimiento, el 27% no aplican por tratar puntos que no han sucedido dentro de los activos y solo un 3% (2) se evaluaron como no cumple, concluyéndose que dado que el diseño (ver justificación de ambos requisitos) considera soluciones que evitan las consecuencias del peligro descrito, no se considera que sean necesarias recomendaciones adicionales (ver Anexo Técnico ANX-TEC-06).

El árbol de fallos el cual es un método lógico y deductivo que permite descomponer un suceso indeseado dado (suceso tope), que en este caso sería la fuga y/o derrames de hidrocarburos, en sus causas, a través de su desarrollo de arriba hacia abajo, mediante compuertas AND y OR. Las compuertas AND indican que para que se produzca el evento a su salida tienen que ocurrir todos los eventos de sus entradas. Las compuertas OR indican que el evento a su salida ocurrirá si al menos es cierta una de sus entradas. La técnica de árbol de fallos, que considera todas las causas que puedan llevar al evento peligroso incorporando la actuación de las protecciones previstas para prevenir la ocurrencia del evento y mitigar sus consecuencias.

Para el análisis de frecuencias se realizó una evaluación detallada de cada escenario. Algunos escenarios de riesgos son muy similares y se repiten en diferentes nodos y en ocasiones se presentan con las mismas causas. Esto permite agrupar algunos de ellos y hacer un análisis por grupo de escenarios, simplificando, pero garantizando que el análisis y resultados de la re-jerarquización, se haya realizado con la profesionalidad requerida.

A continuación, se presentan las recomendaciones técnico-operativas (que incluyen equipos, dispositivos, sistemas de seguridad y medidas preventivas) identificadas como oportunidades de mejora para reducir el nivel de riesgo, derivadas de la aplicación de la metodología para el análisis y evaluación de riesgos (identificación de peligros del HazOp, What If...?, Lista de Verificación):

Tabla V.100 Recomendaciones técnico-operativas

Núm. Recomendación	Código	Descripción	Identificación del nodo
R1	ARSH-001-2024	Asignar diferentes TAG a válvulas e instrumentación de las SDV y MOV en descarga de enfriadores.	Nodo 06: Sistema de enfriamiento de gas (E-030601 / 030702 / 030803)
R2	ARSH-002-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales ubicadas en los venteos al SRV y atmosféricos al programa de Car Seal.	Nodo 11: Sistema de recuperación de venteos
R3	ARSH-003-2024	Considerar la inclusión de las válvulas en línea a condensados del SRV en programa de Car Seal.	Nodo 11: Sistema de recuperación de venteos
R4	ARSH-004-2024	Difundir a las dependencias de gobierno del sitio y empresas con infraestructuras la información que se considere relevante del GCN.	Nodo 15: Gasoducto Corredor Norte 30"
R5	ARSH-005-2024	Revisar y homologar los valores de los parámetros de diseño y de operación establecidos en las bases de diseño en toda la documentación del Proyecto.	Nodo 27 Sistema de medición (EM-032801)
R6	ARSH-006-2024	Analizar la Incorporación de una válvula check o manual posterior a la MOV-030204 en líneas de by pass de compresores para evitar flujo inverso ante el fallo de la MOV-030204.	Nodo 4 Sistema de medición (EM-030201)
R7	ARSH-007-2024	Completar los TAG de la medición y transmisión de temperatura del compresor TG- 030503.	Nodo 5 Sistema de compresión de gas
R8	ARSH-008-2024	Completar las indicaciones de alarmas en los DTI en los instrumentos que apliquen	Nodo 5 Sistema de compresión de gas
R9	ARSH-009-2024	Analizar la capacidad del quemador considerando el venteo simultáneo de una unidad de filtración y algún tren de medición o regulación.	Nodo 22 Sistema de venteo a quemador (ET)
R10	ARSH-010-2024	Revisar y homologar los valores de los parámetros de diseño y de operación establecidos en las bases de diseño en toda la documentación del Proyecto.	Nodo 3 Sistema de regulación (ER-030201)
R11	ARSH-011-2024	Sustituir SPE (Sistema de Paro de Emergencia) por SIS (Sistema Instrumentado de Seguridad en la documentación técnica de la Estación Topolobampo.	Nodo 17 Sistema Filtración (FS-040201/040202)
R12	ARSH-012-2024	Sustituir SCP (Sistema de Control de Proceso) por UTR (Unidad Terminal Remota) en la documentación de Proyecto de la Estación Topolobampo.	Nodo 17 Sistema Filtración (FS-040201/040202)
R13	ARSH-013-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales ubicadas en os venteos al quemador y atmosféricos de estación Topolobampo al programa de Car Seal.	Nodo 22 Sistema de venteo a quemador (ET)
R14	ARSH-014-2024	Considerar la protección contra entrada de animales a la columna de venteo V-032401.	Nodo 12 Sistema de venteo por emergencias
R15	ARSH-015-2024	Eliminar en plano GN0621-PR-204-DTI-002 las válvulas manuales en línea de venteo próximas al punto de conexión de FS-040202.	Nodo 25 Sistema de filtración
R16	ARSH-016-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales de los lazos de control de nivel de los filtros en Estación de Compresión El Fuerte al programa de Car Seal.	Nodo 2 Sistema de filtración (FS-030101/030102)
R17	ARSH-017-2024	Considerar en protocolos / procedimientos la comunicación entre Estación Topolobampo y la Estación de Compresión El Fuerte para el ajuste de temperaturas para la operación. (Recomendación a considerar en etapas posteriores del ciclo de vida de la instalación).	Nodo 19 Sistema de regulación (ER-040301)
R18	ARSH-018-2024	Revisar las correspondencias entre banderas interconectoras de planos DTI.	Nodo 20 Gas combustible a quemador
R19	ARSH-019-2024	Revisar las posibles temperaturas por caídas máximas de presión en la regulación de presión del sistema de suministro de GC a quemador, considerando las características de diseño de líneas, PSV e instrumentos.	Nodo 20 Gas combustible a quemador
R20	ARSH-020-2024	Analizar la incorporación de las válvulas manuales de los lazos de control de nivel y del by pass de los filtros de la Estación Topolobampo al programa de Car Seal.	Nodo 21 Sistema de condensados (T-040401)
R21	ARSH-021-2024	Indicar el dique de contención del T- 040401 en el GN0621-PR-204-DTI-004.	Nodo 21 Sistema de condensados (T-040401)
R22	ARSH-022-2024	Establecer para la etapa de Ingeniería de Detalle la disposición final de los condensados.	Nodo 21 Sistema de condensados (T-040401)
R23	ARSH-023-2024	Considerar en el diseño de la columna un arreglo de tuberías que permita el drenaje del líquido atrapado en la columna de venteo.	Nodo 23 Sistema de venteo por emergencias (ET)
R24	ARSH-024-2024	Considerar cambio del tag de la columna, tomando en cuenta que su servicio es venteo (V) y que pertenece al sistema de venteo.	Nodo 23 Sistema de venteo por emergencias (ET)
R25	ARSH-025-2024	Considerar la protección contra caída de objetos o animales dentro de la columna de venteo de la Estación Topolobampo.	Nodo 23 Sistema de venteo por emergencias (ET)

Núm. Recomendación	Código	Descripción	Identificación del nodo
R26	ARSH-026-2024	El diseño civil/estructural de los racks de tuberías y los soportes metálicos considerará la carga accidental por sobrepresión de 10 psi.	Nodo 06: Sistema de enfriamiento de gas (E-030601/030702/030803)
R27	ARSH-027-2024	Verificar que los materiales de construcción del edificio de oficinas sean resistentes a la radiación térmica de 37.5 kW/m ² .	Nodo 06: Sistema de enfriamiento de gas (E-030601/030702/030803). Aplica al evento DOM-13.
R28	ARSH-028-2024	Realizar adiestramiento al personal operativo y de seguridad de la secuencia de actividades referente a los sistemas de control y seguridad que darán respuesta para los 13 escenarios simulados.	Nodo 1, 2, 4, 6, 7, 10, 15, 17, 18, 25, 27
R29	ARSH-029-2024	En caso de resultar necesario, realizar una campaña de difusión de las operaciones del sistema de transporte hacia personas de comunidades aledañas e instalaciones externas.	Nodo 1, 2, 4, 6, 7, 10, 15, 17, 18, 25, 27

Adicionalmente, se considera presentar ante la ASEA, los planos de construcción (*As-Built*) así como el registro de las precisiones en la descripción del sistema que deriven de la construcción, lo anterior de manera posterior al inicio de operaciones del STGN.

De acuerdo con los resultados de la Identificación de Riesgos, se presentaron los escenarios de riesgo que fueron considerados para el Análisis Cuantitativo de Riesgo; indicando los casos más probables, los peores casos (ruptura total del ducto) y los casos alternos; considerando los tamaños de orificio establecidos en la Guía-ARSH.

Los criterios utilizados para definir las "Zonas de Alto Riesgo" y "Zonas de Amortiguamiento" en la evaluación de consecuencias fue el siguiente:

Tabla V.101 Criterios de la zona de riesgo y amortiguamiento

	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
TOXICIDAD (Concentración)	IDLH (ppm)	TLV (8 HR, TWA ó TLV (15 MIN, STEL) ppm
INFLAMABILIDAD (Radiación térmica)	5 KW/m ²	1.4 KW/m ²
EXPLOSIVIDAD (Sobrepresión)	1.0 lb/in ² (psig) (0.070 kg/cm ²)	0.5 lb/in ² (psig) (0.035 kg/cm ²)

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinados los "Riesgos Tolerables", que fueron definidos como hipótesis de accidentes más significativos en los que se consideraron eventos con repercusiones extremadamente dañinas para el personal, los equipos y el ambiente. Debido a que los algoritmos fisicoquímicos que simulan el comportamiento de la difusión de las sustancias en el ambiente (aire, agua o suelo), así como la evaluación de los efectos físicos derivados de las consecuencias (radiación térmica, sobrepresión y dispersión tóxica), las cuales son de gran complejidad, es necesario el uso de modelos matemáticos computarizados, en este caso en específico se realizaron las simulaciones mediante el software PHAST.

Los resultados obtenidos del análisis de consecuencias se resumen a continuación:

- ⊕ De la identificación de riesgos y el análisis de consecuencia se generaron 12 escenarios y 1 de efecto dominó. Los eventos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12 y 13 se llevaron a cabo en la Estación de Compresión El Fuerte (km 0+000); el evento 8 se llevó a cabo en la válvula de seccionamiento MLV-010203, ubicada en el km 73+260; y los eventos 9 y 10, se llevaron a cabo en la Estación de Compresión Topolobampo ubicada en el km 81+045.
- ⊕ Los eventos identificados 3, 5, 6, 7, 11 y 12, la zona de riesgo no rebasará los límites del predio, dentro del cual se encuentran las instalaciones correspondientes, siendo que sólo afectará a equipo y personal que labora en las instalaciones. Los eventos identificados como 1, 2 y 4 la zona de riesgo rebasará los límites del predio de las instalaciones, pudiendo afectar equipo, personal que labora en las instalaciones, y posible daño a la flora y fauna terrestre; y el caso 8 afectación poco probable a instalaciones industriales del área. Los eventos 9 y 10, la zona de riesgo rebasará el

límite de la instalación de la Unidad Flotante de Gas Natural Licuado y tendrán afectación a equipo, personal que labora en las instalaciones, así como posible daño a flora y fauna marina.

- ⊕ La evaluación de consecuencias indica que el mayor evento de afectación (peor caso) es el número E-13DOM (Efecto Dominó), seguido de una fuga de gas natural con posibilidades de inflamación o explosión con radios de afectación en la zona de riesgo de 588.01 m para radiación térmica y 322.79 m por sobrepresión.
- ⊕ Los posibles radios de afectación de los equipos que pueden presentar daños a consecuencia del Efecto Dominó (E-13DOM) que provoca el escenario (E4-PCA, como evento iniciador), en su mayoría se encuentran dentro de la zona de riesgo, de estos mismos. Por lo que, los posibles daños a equipos de procesos en las instalaciones no aumentarían, y se presentaría un posible daño a flora y fauna terrestre. Cabe mencionar, que para que se presente un efecto dominó, la exposición de los equipos de proceso a niveles de radiación térmica de 37.5 kW/m², serían por un tiempo prolongado para que ocurra la fragilización del material. En el caso del nivel de sobrepresión de 10 lb/in², la exposición está relacionada con la distancia al punto de explosión, y de la cantidad y tipo de objetos arrojados que puedan ocasionar un daño severo (orificio) al equipo de proceso.

En ningún caso se presenta interacción de consecuencias con instalaciones externas.

Los eventos simulados dentro del Proyecto con las medidas de seguridad que se implementarán harán que los posibles eventos no deseados (casos probables y alternos) y el efecto dominó que se pudiese llegar a presentar, no sobrepasen los límites de la instalación; con lo cual, se evitará una afectación a equipos y al personal que laborará en las instalaciones del Proyecto.

De acuerdo con el desarrollo y resultados obtenidos en el análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos, el **Sistema de Transporte de Gas Natural Gasoducto Corredor Norte** cuenta con las barreras de protección adecuadas que le permiten la administración de los riesgos inherentes del sistema llevándolo hasta un nivel de riesgo ALARP.

GCN implementará en el Proyecto rigurosas medidas de calidad, operación, mantenimiento, seguridad, control y atención de emergencias; además de: programas de mantenimiento, operación, inspección, simulacros y capacitación los cuales tendrán el objetivo de fortalecer las capacidades de seguridad y lograr un alto grado de seguridad.

Es importante indicar que el Proyecto se ha diseñado bajo los más altos estándares nacionales e internacionales de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente, los cuales brindan al personal administrativo, operativo, contratistas y visitantes, la confianza de estar en una instalación segura.

Por lo anterior, se concluye que el Proyecto cuenta con los elementos de seguridad necesarios para realizar sus actividades satisfactoriamente dentro de un nivel de riesgo tolerable para los receptores de riesgo.

ANEXO TÉCNICO DEL ESTUDIO DE RIESGO

Nº Anexo Técnico	Clave Anexo Técnico	Contenido
1	ANX-TEC-01	<p>1.1 Diagrama de flujo de proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Diagrama de Flujo de Proceso Estación de Compresión El Fuerte (GN0621-PR-203-DFP-001_2) ⊕ Diagrama de Flujo de Proceso Balance Estación de Compresión El Fuerte (GN0621-PR-203-DFP-002_2) ⊕ Diagrama de Flujo de Proceso y Tabla de Balance Gasoducto Corredor Norte y Estación Topolobampo (GN0621-PR-200-DFP-001_3) <p>1.2 Planos de arreglo general de las instalaciones superficiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Arreglo general de Gasoducto Corredor Norte (GN0621-CI-201-PL-001_2) ⊕ Plano de válvula de seccionamiento, Planta tipo de arreglo general (GN0621-ST-201-PL-002_0). ⊕ Plano de válvulas de seccionamiento y trampas de diablos, Planta Arreglo General (GN0621-ST-201-PL-004_1). ⊕ Arreglo general Estación de Compresión El Fuerte (GN0621-ST-203-PL-001_1). ⊕ Plano planta general de tuberías y equipo Estación Topolobampo (GN0621-PI-204-PL-001_1_1 de 2). ⊕ Plano planta general de tuberías y equipo Estación Topolobampo (GN0621-PI-204-PL-001_1_2 de 2). <p>1.3 Planos de arreglo de tubería:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano de arreglo de tubería Estación de Medición y Regulación y Compresión El Oro (473403-PI-003-PL-002_ZZ3). ⊕ Arreglo de tubería elevaciones EMRyC punto de entrega en el Oro (473403-PI-003-PL-003_ZZ3). ⊕ Plano de arreglo de equipo y tubería tipo para MLVs, Planta, Cortes y Detalles (GN0621-PI-201-PL-001_0). ⊕ Plano de válvula de seccionamiento de línea principal (MLV-010203) 30" con trampa de diablos (GN0621-PI-201-PL-002_0). ⊕ Plano arreglo general de equipos Estación de Compresión El Fuerte, Planta (GN0621-PI-203-PL-001_1). ⊕ Plano arreglo general de equipos Estación de Compresión El Fuerte, Planta (GN0621-PI-203-PL-002_1). ⊕ Plano planta general de tuberías y equipo Estación de Topolobampo (GN0621-PI-204-PL-001_1_1 de 2) ⊕ Plano planta general de tuberías y equipo Estación de Topolobampo (GN0621-PI-204-PL-001_1_2 de 2). <p>1.4 Colindancias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Proximidades Estación de Compresión El Fuerte, plano DNV-PR-001. ⊕ Proximidades Estación Topolobampo, plano DNV-PR-002. ⊕ Proximidades sistema de transporte de gas natural, Gasoducto Corredor Norte, plano DNV-PR-003. <p>1.5 Localizaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Localización del sistema de transporte de gas natural, Gasoducto Corredor Norte, plano DNV-PL-001. ⊕ Localización de la Estación de Compresión El Fuerte, plano DNV-PL-002. ⊕ Localización MLV-010203 / Trampa de diablos y Estación Topolobampo, plano DNV-PL-003.
2	ANX-TEC-02	<p>Planos civiles.</p> <p>2.1 Planos típicos Cruzamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano típico de cruce direccional con arroyos o cuerpos de agua (GN0621-CI-201-PL-004_0 1 de 12). ⊕ Plano típico de cruce con camino de terracería (GN0621-CI-201-PL-004_0, 2 de 12). ⊕ Cruce con canal de riego (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 3 de 12). ⊕ Cruce con camino pavimentado (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 4 de 12). ⊕ Cruce con ducto existente (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 5 de 12). ⊕ Cruce con ductos existentes (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 6 de 12). ⊕ Cruce con perforación direccional (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 7 de 12).

N° Anexo Técnico	Clave Anexo Técnico	Contenido
		<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Cruce con línea eléctrica (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 8 de 12). ⊕ Cruce con cruce con barranca (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 9 de 12). ⊕ Cruce con arroyos intermitentes (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 10 de 12). ⊕ Cruce con zona inundable (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 11 de 12). ⊕ Cruce con ferrocarril (Plano típico de cruce GN0621-CI-201-PL-004_0, 12 de 12). <p>2.2 Planos de trazo del ducto, cota terreno natural, distancias acumuladas, clase de localización, características del ducto, espesor, postes, recubrimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 0 a 10 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 1 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 10 a 20 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 2 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 20 a 30 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 3 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 30 a 40 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 4 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 40 a 50 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 5 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 50 a 60 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 6 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 60 a 70 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 7 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno kilómetro 70 a 80 kilómetro (GN0621-CI-201-PL-002_3 Plano 8 de 8). ⊕ Plano de alineamiento y perfil de terreno gasoducto línea sumergida (GN0621-CI-202-PL-001_3). ⊕ Plano de Estación Topolobampo (GN0621-CI-204-PL-001_0).
3	ANX-TEC-03	<p>Planos de seguridad y atención a emergencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano típico de rutas de evacuación, señalización y extintores de MLV (GN0621-FP-201-PL-001_0 Plano 1 de 3, 2 de 3 y 3 de 3). ⊕ Plano de rutas de evacuación y señalización (GN0621-FP-203-PL-001_1, Plano 1 de 5, 2 de 5, 3 de 5, 4 de 5 y 5 de 5). ⊕ Plano de localización de extintores y conos de viento (GN0621-FP-203-PL-002_1, Plano 1 de 3, 2 de 3 y 3 de 3). ⊕ Plano de localización de detectores y alarmas (GN0621-FP-203-PL-003_1). ⊕ Plano de localización de dispositivos y equipos de seguridad (GN0621-FP-204-PL-001_1, Plano 1 de 3, 2 de 3 y 3 de 3).
4	ANX-TEC-04	<p>Planos eléctricos.</p> <p>4.1 Clasificación de áreas peligrosas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Clasificación de áreas peligrosas (MLV-010101 y MLV-010102) (GN0621-EL-201-PL-001_0) ⊕ Clasificación de áreas peligrosas MLV-010203 con trampa de diablos (GN0621-EL-201-PL-004_0). ⊕ Clasificación de áreas peligrosas E.C. El Fuerte (GN0621-EL-203-PL-001_1). ⊕ Clasificación de áreas peligrosas Estación Topolobampo (GN0621-EL-204-PL-001_0). <p>4.2 Sistema de descarga atmosféricas, puestas a tierra y pararrayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Sistema de descarga atmosférica (MLV-010102 y MLV-010101) (GN0621-EL-201-PL-002_0). ⊕ Sistema de puesta a tierra (MLV-010101 y MLV-010102) (GN0621-EL-201-PL-003_0). ⊕ Sistema de descargas atmosféricas, MLV-010203 con trampa de diablos (GN0621-EL-201-PL-005_0). ⊕ Sistema de puesta a tierra, MLV-010203 con trampa de diablos (GN0621-EL-201-PL-006_0). ⊕ Típicos de instalación de tierras y pararrayos (GN0621-EL-201-TI-002_0). ⊕ Sistema de protección contra descargas atmosféricas, EC El Fuerte (GN0621-EL-203-PL-002_1). ⊕ Sistema de puesta a tierra, E.C. El Fuerte (GN0621-EL-203-PL-003_1). ⊕ Sistema de protección contra descargas atmosféricas, Estación Topolobampo (GN0621-EL-204-PL-002_0).

Nº Anexo Técnico	Clave Anexo Técnico	Contenido
		<p>4.3 Diagramas Unifilares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Diagrama Unifilar MLV-010101, MLV-010102 (GN0621-EL-201-DU-001_1). ⊕ Diagrama Unifilar MLV-010103 con trampa de diablos (GN0621-EL-201-DU-002_1). ⊕ Diagrama Unifilar E.C. El Fuerte (GN0621-EL-203-DU-001_1). ⊕ Diagrama Unifilar Estación Topolobampo (GN0621-EL-204-DU-001_2).
5	ANX-TEC-05	<p>Hoja de datos de seguridad (HDDS):</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ HDDS de gas natural.
6	ANX-TEC-06	<p>Diagramas de Tubería e Instrumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ DTI Válvula de seccionamiento No. 010101 a 010102 (N GN0621-PR-201-DTI-001_1). ⊕ DTI Válvula de seccionamiento No. 010203 y trampas intermedias (N GN0621-PR-201-DTI-002_1). ⊕ DTI Sistema de filtración (N GN0621-PR-203-DTI-001_1). ⊕ DTI Sistema de regulación y medición de flujo (N GN0621-PR-203-DTI-002_1). ⊕ DTI Turbocompresor TC-030301 (N GN0621-PR-203-DTI-003_2). ⊕ DTI Turbocompresor TC-030402 (N GN0621-PR-203-DTI-004_1). ⊕ DTI Turbocompresor TC-030503 (N GN0621-PR-203-DTI-005_1). ⊕ DTI Sistema de Enfriamiento E-030601 (N GN0621-PR-203-DTI-006_1). ⊕ DTI Sistema de Enfriamiento E-030702 (N GN0621-PR-203-DTI-007_1). ⊕ DTI Sistema de Enfriamiento E-030803 (N GN0621-PR-203-DTI-008_1). ⊕ DTI Sistema de Condensados (N GN0621-PR-203-DTI-009_1). ⊕ DTI Sistema de Drenaje Aceitoso (N GN0621-PR-203-DTI-010_0). ⊕ DTI Sistema de Aire de Planta e Instrumentos (N GN0621-PR-203-DTI-011_1). ⊕ DTI Sistema de Turbina TG-031301 (N GN0621-PR-203-DTI-013_1). ⊕ DTI Sistema de Turbina TG-031402 (N GN0621-PR-203-DTI-014_1). ⊕ DTI Sistema de Turbina TG-031503 (N GN0621-PR-203-DTI-015_1). ⊕ DTI Sistema de acondicionado de gas combustible a turbina TG-031301 (N GN0621-PR-203-DTI-016_1). ⊕ DTI Sistema de acondicionado de gas combustible a turbina TG-031402 (N GN0621-PR-203-DTI-017_1). ⊕ DTI Sistema de acondicionado de gas combustible a turbina TG-031503 (N GN0621-PR-203-DTI-018_1). ⊕ DTI Sistema de acondicionado de gas combustible a moto generadores (N GN0621-PR-203-DTI-019_1). ⊕ DTI Sistema de gas de sello a turbina TG-031301 (N GN0621-PR-203-DTI-020_1). ⊕ DTI Sistema de gas de sello a turbina TG-031402 (N GN0621-PR-203-DTI-021_1). ⊕ DTI Sistema de gas de sello a turbina TG-031503 (N GN0621-PR-203-DTI-022_1). ⊕ DTI Sistema de generación de gas (N GN0621-PR-203-DTI-023_1). ⊕ DTI Sistema de venteo general (N GN0621-PR-203-DTI-024_1). ⊕ DTI Trampa de envío de diablos, TED-032501 (N GN0621-PR-203-DTI-025_1). ⊕ DTI Sistema de recuperación de venteos (N GN0621-PR-203-DTI-026_1). ⊕ DTI Sistema de filtración (Suministro desde Transcanada) (N GN0621-PR-203-DTI-027_0). ⊕ DTI Sistema de regulación y medición de flujo (Suministro desde Transcanada) (N GN0621-PR-203-DTI-028_0). ⊕ DTI Trampa de envío y recibo de diablos, TED/TRD-040101 (N GN0621-PR-204-DTI-001_1). ⊕ DTI Sistema de Filtración (N GN0621-PR-204-DTI-002_1). ⊕ DTI Sistema de Medición y Control de Presión (N GN0621-PR-204-DTI-003_1). ⊕ DTI Sistema de Condensado (N GN0621-PR-204-DTI-004_0). ⊕ DTI Sistema de Venteo y Quemador (N GN0621-PR-204-DTI-005_1). ⊕ HazOp y ¿Qué pasa sí?. ⊕ Lista de verificación. ⊕ Árbol de eventos. ⊕ Frecuencias. ⊕ Magnitud. ⊕ Matrices.
7	ANX-TEC-07	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Hoja de datos para modelación. ⊕ Catálogo de escenarios. ⊕ Resultados de simulaciones con PHAST.
8	ANX-TEC-08	<p>Planos de Radios de Afectación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 1. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 2.

N° Anexo Técnico	Clave Anexo Técnico	Contenido
		<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 3. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 4. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 5. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 6. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 7. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 8. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 9. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 10. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 11. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 12. ⊕ Plano de radios de afectación Escenario 13.
9	ANX-TEC-09	Informe técnico.
10	ANX-TEC-10	Resumen Ejecutivo.
11	ANX-TEC-11	Bases de Ingeniería básica extendida. Se presentan en formato electrónico <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Especificación de SCADA (GN0621-IC-200-ESP-001_0). ⊕ Especificación de Estación de Medición y Regulación (GN0621-IC-200-ESP-003_1). ⊕ Especificación de UTR en MLV (GN0621-IC-201-ESP-003_0). ⊕ Especificación de SCP (Sistema Control de Proceso) (GN0621-IC-203-ESP-001_0). ⊕ Especificación de UTR (Unidad Terminal Remota) (GN0621-IC-204-ESP-001_0). ⊕ Especificación de SIS (Sistema de Instrumentado de Seguridad) (GN0621-IC-204-ESP-002_0). ⊕ Especificación de Materiales de Tuberías (GN0621-PI-200-ESP-001_0). ⊕ Plan de Calidad (IC-02-ES07-A01). ⊕ SI-Especificación para la Aplicación de Recubrimientos en Equipos y Estructuras en Instalaciones de Sempra Infraestructura.

ANEXO FOTOGRÁFICO



Fotografía V.1 Vista donde se instalará la Estación de Compresión El Fuerte ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 0+000.



Fotografía V.2 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 1+000.



Fotografía V.3 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 3+400.



Fotografía V.4 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 18+800.



Fotografía V.5 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 21+570.



Fotografía V.6 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 27+550.



Fotografía V.7 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 29+100.



Fotografía V.8 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 32+170.



Fotografía V.9 Vista del canal en el Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 33+430.



Fotografía V.10 Cruzamiento del gasoducto con Carretera Navojoa-Los Mochis en Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 36+745.



Fotografía V.11 Vista de canal en Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 40+450.



Fotografía V.12 Cruzamiento de camino en Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 42+350.



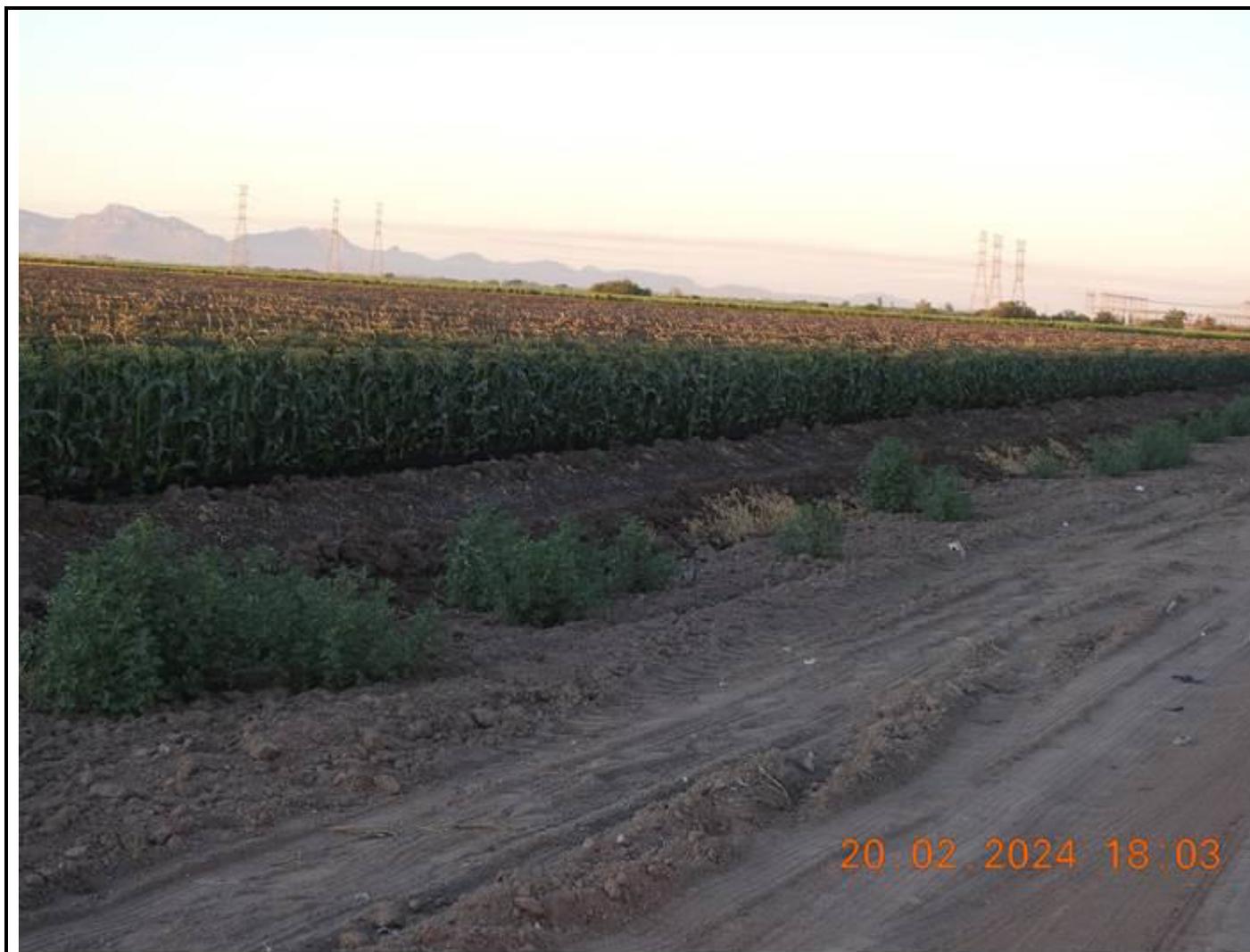
Fotografía V.13 Cruzamiento de Carretera Los Mochis-Higuera Zaragoza en Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 46+500.



Fotografía V.14 Vista donde se instalará la válvula de seccionamiento MLV-010102 en Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 48+450.



Fotografía V.15 Vista donde se instalará la válvula de seccionamiento MLV-010102 en Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 52+350.



Fotografía V.16 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 55+125.



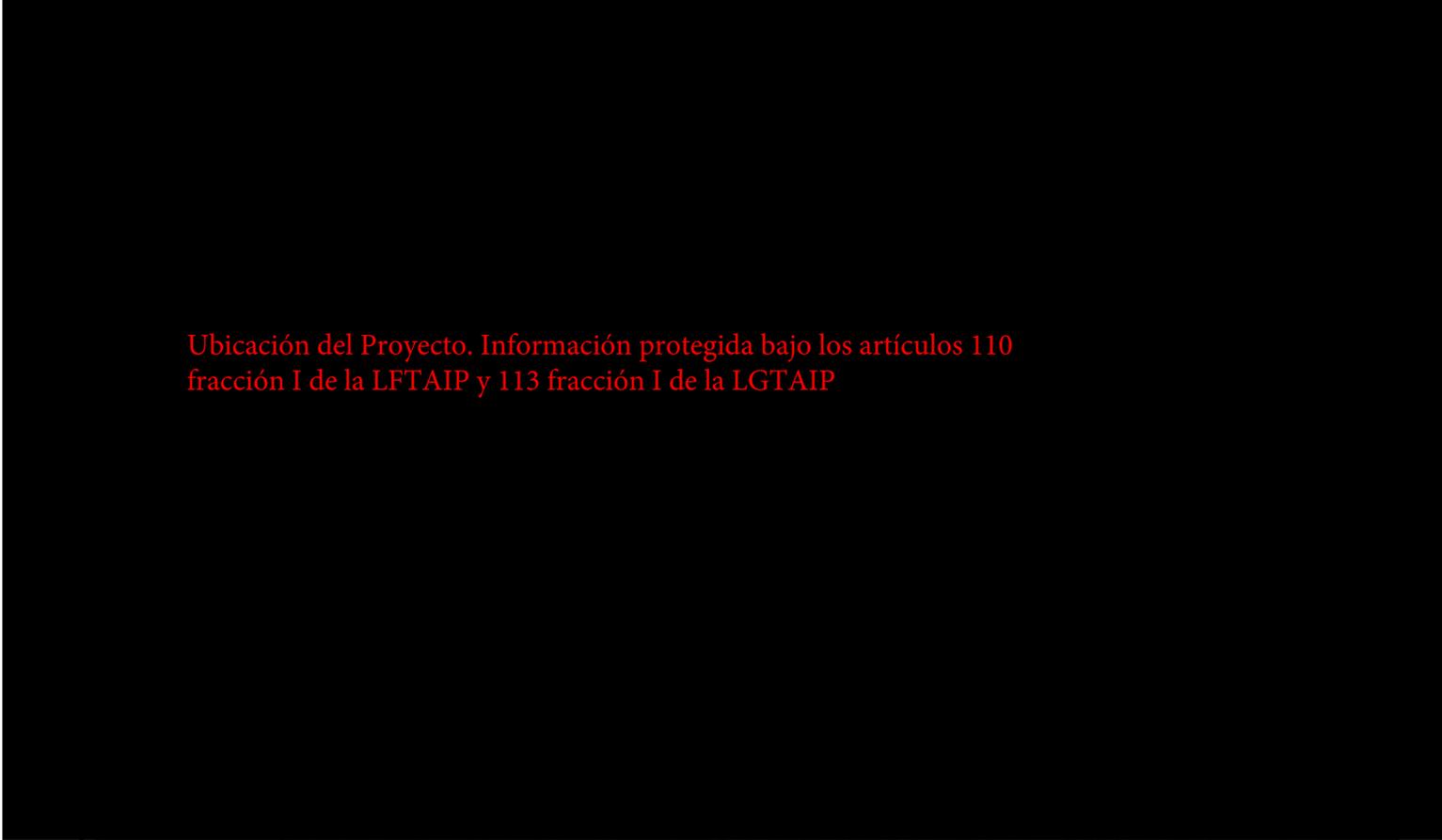
Fotografía V.17 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 64+370.



Fotografía V.18 Carretera al aeropuerto de los Mochis vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 65+250.



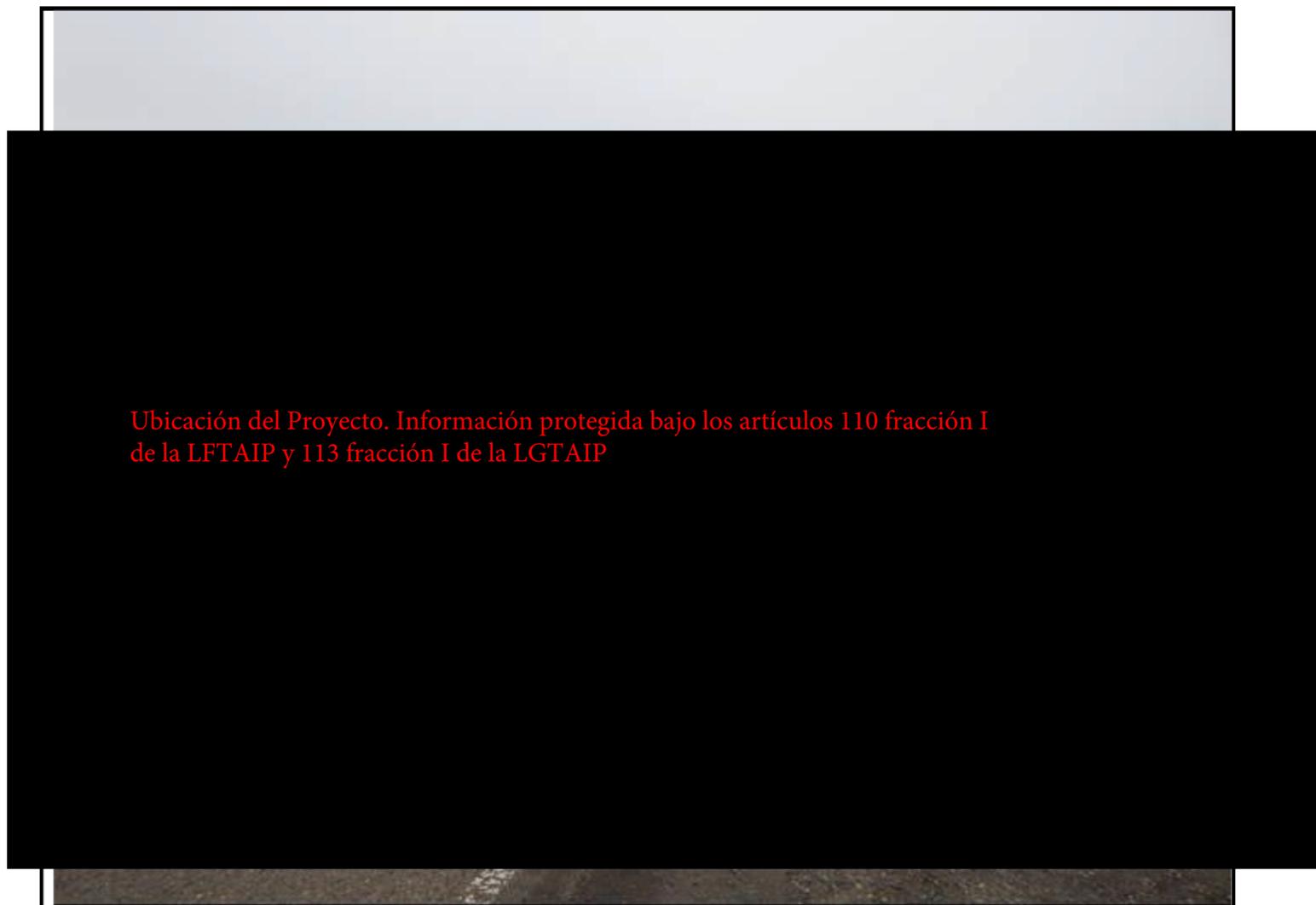
Fotografía V.19 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 70+000.



Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110
fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP



Fotografía V.20 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 71+850.



Fotografía V.21 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 73+000.



Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP



Fotografía V.22 Vista de la Carretera Los Mochis-Topolobampo y vía del ferrocarril ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 73+000.

Ubicación del Proyecto. Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP



Fotografía V.24 Vista del Derecho de Vía ubicada al cadenamiento más cercano del gasoducto en el kilómetro 73+500.



Fotografía V.25 Vista donde se llevará a cabo la Transición del Ducto terrestre y Línea sumergida en el cadenamiento kilómetro 75+441.