

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL
ESTUDIO DE RIESGO**



**PRESENTADA ANTE:
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN
AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS**



**PROMOVENTE
Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**

**CAPITULO I
ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL
PROYECTO**

TABLA DE CONTENIDO

I.	ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	5
I.1.	Descripción del sistema de transporte de gas natural	5
I.2.	Bases de diseño	11
I.2.1.	Especificaciones de diseño	11
I.2.1.1.	<i>Proyecto civil</i>	14
I.2.2.	Estación de Medición y Estación Regulación	15
I.2.3.	Trampas de Envío/Recibo de Diablos	16
I.2.4.	Instalaciones Eléctricas	19
I.2.5.	Válvulas de Control (Recepción y Entrega)	19
I.2.6.	Requisitos de diseño de las válvulas de control	20
I.2.7.	Estación de Compresión (EC)	22
I.2.8.	Estación de Medición y Estación de Regulación	22
I.2.9.	Sistema de Cierre por Fuga	26
I.2.10.	Sistema de Filtrado	27
I.2.11.	Sistema de Regulación	27
I.2.12.	Sistema de Medición	27
I.2.13.	Sistema de Relevó	28
I.2.14.	Instrumentación para Monitoreo de Condiciones de Proceso	28
I.2.15.	Paquete de Medición de Calidad de Gas Natural	29
I.2.16.	Sistemas de Seguridad	29
I.2.17.	Sistema de Detección de Fugas	30
I.2.18.	Sistema de Protección Contra Incendio	30
I.2.19.	Sistema de Protección Catódica	31
I.2.20.	Sistema de Protección Mecánica	32
I.2.21.	Sistemas de Tierras	34
I.2.22.	Sistemas contra Descargas Atmosféricas	34

I.3. Análisis y evaluación de riesgos	34
I.3.1. Antecedentes de incidentes y accidentes	34
I.3.2. Metodologías de identificación y jerarquización	45
<i>I.3.2.1. Análisis HAZOP</i>	<i>48</i>
<i>I.3.2.2. Evaluación y Jerarquización de Riesgos y descripción general de la técnica utilizada.....</i>	<i>53</i>
I.4. Evaluación y Jerarquización de Riesgo	74
I.5. Árbol de Fallas.....	80
I.6. Escenarios a Modelación de Riesgos Ambientales identificados.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.I. 1. ERA. Esquema de la Interconexión en “Mazahua Fase I”	9
Fig.I. 2. ERA. Diagrama de Flujo “Mazahua Fase I”	10
Fig.I. 3 ERA. Ubicación del ducto en “Mazahua Fase I”	10
Fig.I. 4. ERA. Arreglo de una estación de diablos en “Mazahua Fase I”	17
Fig.I. 5. ERA. Válvula de Control del ducto en “Mazahua Fase I”	22
Fig.I. 6. Se presentan en el diagrama de flujo mecánico del sistema de transporte de gas natural los nodos propuestos, los cuales se enuncian a continuación.	52
Fig.I. 7. Selección de Nodos.....	52
Fig.I. 8. Procedimiento de Análisis de Procesos	80
Fig.I. 9. Árbol de fallas, por error humano en transporte de gas natural.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. 1. Legislación.....	11
Tabla I. 2. Especificaciones del Gas Natural establecidas en la NOM-001-SECRE-2010.....	11
Tabla I. 3. Datos generales de diseño del ducto de 16 km	12
Tabla I. 6. Condiciones de Operación de las Trampas de Diablos.....	18



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL CON RIESGO
PROYECTO:
"MAZAHUA FASE I"



Tabla I. 14. Nodo 2 Ducto principal de gas natural, en su tramo de transporte de los 16 km, tubería de acero al carbón de 30" DN.....	62
Tabla I. 18. Nodo 3 Válvula de ENTREGA de gas natural, en su interconexión con ducto de Energía Mayakan en su ER No.2, diámetro de 30" D.N.,	68

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I.1. Descripción del sistema de transporte de gas natural

El proyecto “**Mazahua Fase I**” consiste en el diseño, ingeniería, adquisiciones, construcción, montaje, pruebas, puesta en servicio, operación y mantenimiento, para lo cual se requiere agregar infraestructura de interconexión mediante un ducto de 30” D.N., para unir los gasoductos existentes de Energía Mayakan con el Sistema de Transporte Nacional Integrado (STNI), lo cual permitirá transportar gas natural proveniente del gasoducto Marino Sur de Texas – Tuxpan a través del Sistema de transporte de gas natural 48” D.N. Cactus – San Fernando, con el ducto de Energía Mayakan de 30” DN.

Específicamente el proyecto “**Mazahua Fase I**”, comprende la construcción de un gasoducto de 30” con una longitud aproximada de 16 kilómetros, que se incorpora a la infraestructura actualmente instalada y se ejecuta por parte de la empresa **Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**, de forma tal que se proporcione un medio seguro, confiable, eficiente y económico para transportar gas natural apegado al cumplimiento de la legislación.

El sistema se describe de manera general de la siguiente forma:

- a) El proyecto de interconexión “**Mazahua Fase I**” del Sistema de Transporte de gas natural Energía Mayakan con el **STNI**, conformará un sistema de interconexión estratégico que permitirá incrementar la capacidad de transporte de gas natural hacia la península de Yucatán, a través del Gasoducto existente de Energía Mayakan para satisfacer así la demanda de gas natural requerida en esta región, esto mediante la interconexión del Sistema de Transporte Energía Mayakan con el **STNI**.
- b) El sistema de transporte se construirá en una sola sección de aproximadamente 16 kilómetros de longitud, teniendo una trayectoria paralela y fuera de la franja de seguridad del Etanoducto de IEnova, conectándose al gasoducto de la Estación de Medición de Mayakan.

- c) Se aplica la **NOM-007-ASEA-2016**, *Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos*, **para el DDV** que ahora se denomina franja de Seguridad la cual tendrá el siguiente ancho:
- Franja de **seguridad permanente 14 metros**.
 - Franja de **seguridad temporal 15 metros**.
- d) Es importante mencionar que esta franja adicional (15 metros), podrá ser en la porción norte del ducto, o bien, en la parte sur, dependiendo del avance de las obras y de la liberación de predios por parte de los propietarios.
- e) Para efecto de las superficies ocupadas por la trayectoria del ducto de interconexión, se contará con contrato de servidumbre de paso con ejidatarios y propiedad privada.
- f) Para las superficies a ocupar en las instalaciones superficiales para estaciones de regulación y medición, se celebrarán los contratos de compraventa de terrenos o usufructo.
- g) El sistema de transporte a lo largo de sus aproximadamente 16 kilómetros, no requiere cambio de uso de suelo en suelos forestales (CUSTF), ya que en la trayectoria proyectada los predios se encuentran desprovistos de vegetación por estar dedicados al pastoreo y actividades agrícolas.

A efecto de facilitar la evaluación y alternativas para la ubicación del Proyecto, así como en atención al punto 7.3 de la NOM-ASEA 007-2016 Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por ductos, se determinó una **franja de caracterización** (FC) de 500 metros a cada lado del ducto (en total 1000 m), considerando la relación entre los predios, criterios ambientales y técnicos. La FC comúnmente planteada para este tipo de proyectos lineales y utilizada en el Proyecto de “**Mazahua Fase I**”, 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.

Su establecimiento obedece a la necesidad de contar con información precisa, para que en caso de considerar variaciones que pudieran presentarse como resultado de micro – ruteos u otros cambios de ubicación de instalaciones que fueran necesarios como consecuencia de la complejidad para la adquisición de predios, se haga sobre un área previamente evaluada, obedeciendo básicamente a las variaciones que pudieran presentarse en la misma, como resultado de la delimitación del área de influencia.

El proyecto “**Mazahua Fase I**” cuenta con los siguientes elementos operativos, que conforman la principal infraestructura de interconexión:

- ✓ 1 estación de Medición en CPG Cactus, en donde se instalarán filtros, patin de medición y trampa de diablos de lanzamiento.
- ✓ 1 válvula de control de flujo en la interconexión con SISTRANGAS.
- ✓ 1 gasoducto de 30” de diámetro con longitud de 16 km.
- ✓ 1 estación de Regulación con monitor dentro de la estación de Medición EM2 de Energía Mayakan.
- ✓ 1 interconexión en el Sistema de Energía Mayakan (en este punto se mezclarán el flujo proveniente de Nuevo Pemex y el de SISTRANGAS (Punto de mezcla).
- ✓ Rehabilitación de caminos existentes para la etapa de construcción en una superficie aproximada de 1.87 hectáreas.
- ✓ Sistema SCADA y Telecomunicaciones.
- ✓ Sistema de detección de fugas.
- ✓ Sistema de telecomunicaciones.

De igual forma contará con las instalaciones indispensables para limpiar, filtrar, medir volumen y calidad del Gas Natural transportado, regular la presión y separar condensados según se requiera para su transporte, cumpliendo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010 “Especificaciones del Gas Natural”.

Estará provista de filtros, analizador de H₂S, azufre total y analizador de humedad, cromatógrafo hasta C₉+ y accesorios para toma de muestras del tipo insertar/remover con regulador, la cual asegurará la recepción de gas de acuerdo a las características límite del Gas Natural establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE 2010.

Durante la etapa de Construcción, el STGI será sometido a pruebas no destructivas, que consistirán en la inspección radiografiado-ultrasónica y la prueba hidrostática para asegurar la hermeticidad del Gasoducto.

Además, el diseño seleccionado contempla todos los aspectos necesarios para conservar la integridad y facilitar el mantenimiento de este, garantizando el pleno funcionamiento, evitando roturas, interrupciones en el sistema y pérdidas, protegiendo al personal implicado, zonas aledañas y al medio ambiente.

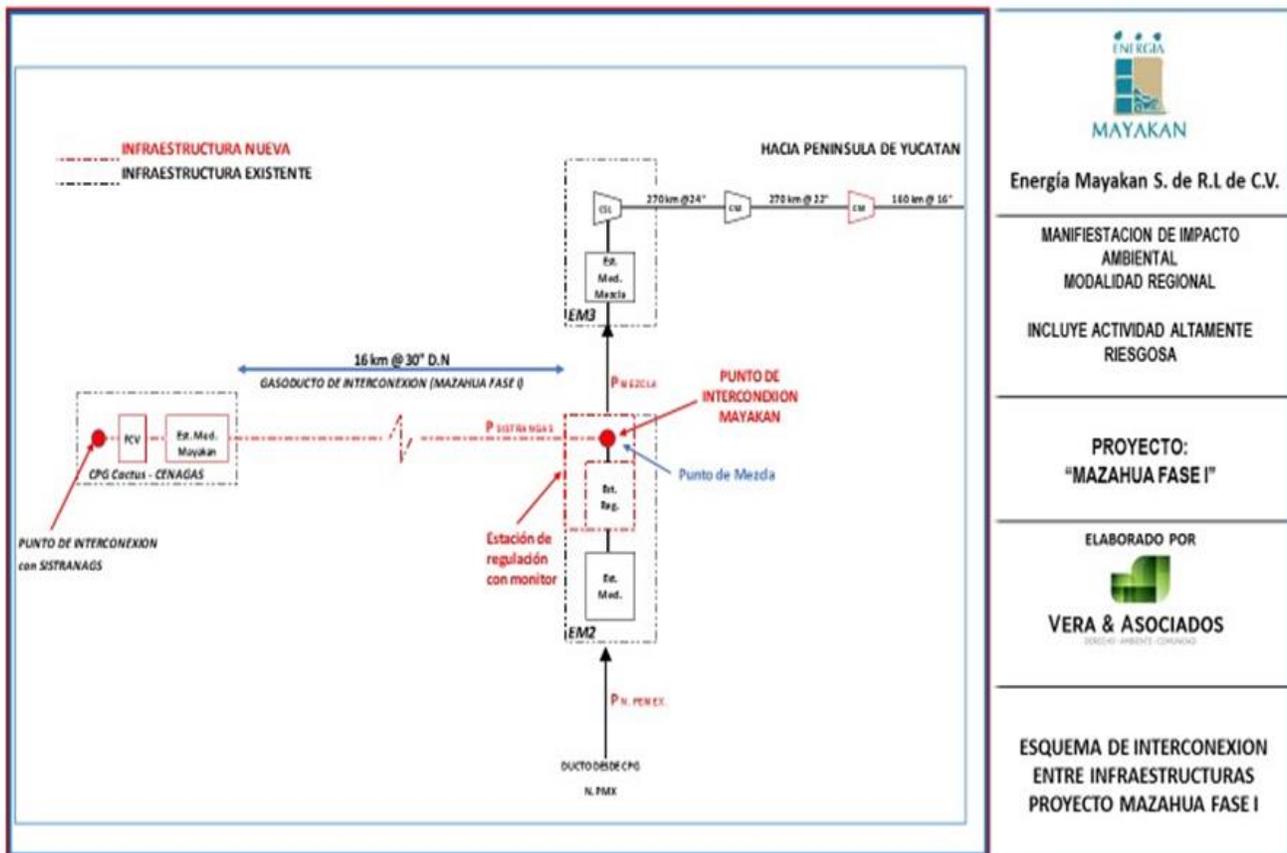
Para facilitar la evaluación y alternativas para la ubicación del proyecto **“Mazahua Fase I”**, dentro de la MIA-R y capítulos del ERA, se determinó una franja de caracterización (FC) de 1 km de ancho (500 m a cada lado del eje del ducto) para el Trazo del ducto en sus 16 km, considerando la relación entre los predios, criterios ambientales y técnicos.

La FC es un área con capacidad de respuesta, cuyo objetivo, es contar con la información precisa, para que en caso considerar variaciones que pudieran presentarse como resultado de micro-ruteos u otros cambios de ubicación de instalaciones que fueran necesarios en virtud de obstáculos con la adquisición de predios, se haga sobre un área previamente evaluada,

obedeciendo básicamente a las variaciones que pudieran presentarse en la misma, como resultado de la delimitación del área de influencia dentro del SAR ya determinado.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo genérico del proceso de las instalaciones con las que contará el proyecto “**Mazahua Fase I**”. Para mejor apreciación este diagrama también se presenta en la sección de anexos técnicos.

Fig.I. 1. ERA. Esquema de la Interconexión en “Mazahua Fase I”



ENERGIA
MAYAKAN

Energía Mayakan S. de R.L. de C.V.

MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA

PROYECTO:
“MAZAHUA FASE I”

ELABORADO POR

VERA & ASOCIADOS
DERECHO · AMBIENTE · COMUNIDAD

ESQUEMA DE INTERCONEXION ENTRE INFRAESTRUCTURAS PROYECTO MAZAHUA FASE I

I.2. Bases de diseño

I.2.1. Especificaciones de diseño

El desarrollo del proyecto “Mazahua Fase I” se sujetará a lo establecido por las leyes, reglamentos, criterios, normas, manuales y códigos pertinentes al STGI. Particularmente, las especificaciones de diseño cumplirán con lo siguiente.

Tabla I. 1. Legislación

Normas, Estándares y Códigos	Nombre
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del Gas Natural
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de Gas Natural
ASME B31.8	Norma Industrial Norteamericana para “Sistemas de Tuberías de Transmisión y Distribución de Gas” de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)

El diseño del proyecto “Mazahua Fase I” se basó, además, en las características límite del Gas Natural especificadas en la NOM-001-SECRE-2010, la cuales se encuentran en condiciones estándar de temperatura y presión y se enlistan a continuación.

Tabla I. 2. Especificaciones del Gas Natural establecidas en la NOM-001-SECRE-2010.

PROPIEDAD	UNIDADES	ZONA SUR			RESTO DEL PAÍS
		HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 2010	DEL 1 DE ENERO DE 2011 AL 31 DE DICIEMBRE DE 2012	A PARTIR DEL 1 DE ENERO DE 2013	
Metano (CH ₄) – Mín	% vol.	NA	NA	83.00	84.00
Oxígeno (O ₂) – Máx.	% vol	0.20	0.20	0.20	0.20
Bióxido de Carbono (CO ₂) – Máx	% vol.	3.00	3.00	3.00	3.00
Nitrógeno (N ₂) – Máx	% vol	9.00	8.00	6.00	4.00
Nitrógeno Variación Máxima Diaria	% vol.	±1.5	±1.5	±1.5	±1.5
Total de inertes (CO ₂ y N ₂) – Máx.	% vol.	9.00	8.00	6.00	4.00
Etano – Máx.	% vol	14.00	12.00	11.00	11.00
Temp de rocío de HC – Máx.	K (°C)	NA	271.15 (-2) ¹	271.15 (-2)	271.15 (-2) ¹
Humedad (H ₂ O) – Máx.	mg/m ³	110.00	110.00	110.00	110.00
Poder calorífico superior – Mín	MJ/m ³	35.30	36.30	36.80	37.30
Poder calorífico superior – Máx.	MJ/m ³	43.60	43.60	43.60	43.60
Índice Wobbe – Mín.	MJ/m ³	45.20	46.20	47.30	48.20
Índice Wobbe – Máx	MJ/m ³	53.20	53.20	53.20	53.20
Índice Woobe – Variación Máx/diaria	%	±5	±5	±5	±5
Ácido sulfhídrico (H ₂ S) – (Máx).	mg/m ³	6.00	6.00	6.00	6.00
Azufre total (S) – Máx.	mg/m ³	150.00	150.00	150.00	150.00

⁽¹⁾ En los ductos de transporte y de distribución que reciben gas natural del SNG aplicará el límite de 271.15 K (-2°C) a partir del 1 de julio de 2011. Las propiedades del gas natural en la Tabla se encuentran en condiciones estándar de presión y temperatura. El factor de corrección de 1 metro cúbico de gas natural en condiciones base, equivale a 0,95137 metros cúbicos de gas en condiciones estándar.

Las condiciones de diseño y de operación del gasoducto de interconexión en el proyecto “Mazahua Fase I”, son las siguientes:

Tabla I. 3. Datos generales de diseño del ducto de 16 km

Condiciones operativas	
Presión máxima (kg/cm ²)	65.78 kg/cm ²
Presión mínima (kg/cm ²)	51.25 kg/cm ²
Presión promedio (kg/cm ²)	57.34 kg/cm ²
Máxima presión de operación permisible (kg/cm ²)	71.05 kg/cm ²
Temperatura máxima (°C)	35° C
Temperatura normal (°C)	32° C
Temperatura mínima (°C)	20° C
Volumen (MMPCD)	350-550 MMPCD

El proyecto “Mazahua Fase I” tendrá una presión de diseño de 1200 PSIG, capacidad entre de 350 MMPCD y hasta 550 MMPCD a condiciones base @ 98,07 kPa (1 kg/cm² abs.) y temperatura de 293,15 K (20° C); estará conformado por un ducto de 30” DN x 16 km y especificación de tubería API 5L X65 SAW PSL2.

Por su parte, el Proyecto de Transporte de gas natural de Energía Mayakan, fue diseñado tomando en cuenta los siguientes datos técnicos:

El STGI tendrá una capacidad de transporte de hasta una Cantidad Máxima Diaria de un rango entre **3500 MMPCD y hasta 5500 MMPCD**, en todo el rango de valores de Poder Calorífico indicado en la NOM-001-SECRE-2010.

A continuación, se presentan las especificaciones de diseño de las instalaciones del STGI. La tubería para el STGI tendrá un diámetro mínimo de 30”, la cual será enterrada, el diámetro final de la tubería estará de acuerdo al modelo hidráulico y a las memorias de cálculo. Como factor de rugosidad se empleará 25 micrones.

El espesor y la clasificación de la tubería serán determinados de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

Tabla I.4. Composición de clases de tubería para el Proyecto.

Tipo	Porcentaje
Clase 3	60%
Clase 2	20%
Clase 4	20%

Sin embargo, con el propósito de incrementar la seguridad de la tubería y prevenir el impacto en la comunidad en las cercanías de la tubería, se ha decidido remplazar las pocas secciones de clase 2 y llevarla a clase 3, por lo que la composición de las clases quedaría como: Clase 3 en su mayoría un 80% y Clase 4 en un 20%.

El grado del material de la tubería es API5L X65 SAW PSL2, recubierta exteriormente con Líquido Epóxico a 3 capas e interiormente con líquido Epóxico en flujo. El espesor de la pared de la tubería, según su clase es de:

Clasificación 3: 10.3 mm de espesor

Clasificación 4: 11.9 mm de espesor

En los cruces del ducto por carreteras y caminos se perforarán túneles que cumplan con la NOM-007-ASEA-2016, referente al transporte de gas natural, en cuyo contenido se indica el colchón de protección que debe de tener un ducto con respecto a dichas vías de comunicación.

En estos cruces la zanja será excavada hasta que la tubería se encuentre preparada para ser colocada. La profundidad de excavación y el colchón de protección de la tubería para cada cruce variarán en función de factores como el tipo de terreno y el largo del cruce, entre otros.

Una vez colocada la tubería, se rellenará la zanja y se buscará que la superficie del camino regrese hasta donde sea posible a sus condiciones originales.

Para el caso de cruces con infraestructura, se considerará también la variación en la profundidad de la excavación y el factor de protección.

Todos los cruces de caminos cumplirán con los requerimientos de la API RP 1102, en general todos los cruces de caminos deben hacerse por el método de Boring & Casing.

Con base en lo anterior, se está considerando que los 16 km del ducto de interconexión serán de Clase I de 30” de diámetro exterior y 0.429” de espesor.

El Proyecto tendrá un punto de interconexión con el gasoducto de 48” D.N. Cactus – San Fernando en las coordenadas **UTM GS84, 478528.8982 E; 1978806.9787 O** y se dirigirá al sureste hasta el punto de interconexión **con el Gasoducto Energía Mayakan en las coordenadas 486242.00 E; 1973373.00 O**, Zona 15.

Las coordenadas de los puntos de interconexión expresados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla I.5. Coordenadas de los puntos de interconexión del Proyecto

Ubicación del ducto	Vértice	Coordenadas UTM		Zona
		Este	Norte	
Interconexión con Gasoducto 48” D.N.-Cactus-San Fernando	Inicial	478528.8982	1978806.9787	15
Interconexión Gasoducto Energía Mayakan	Final	486242.00	1973373.00	15

I.2.1.1. Proyecto civil

Las técnicas de construcción que se utilizarán a lo largo del tendido del sistema para transporte y distribución de gas natural del proyecto “Mazahua Fase I”, en sus casi 16 km incluyen; limpieza y nivelado, excavación, alineación de la tubería, soldado de tubería, colocación de la tubería en la zanja, pruebas hidrostáticas, limpieza interior, pruebas de arranque y se realizarán con apego

a procedimientos propios de la empresa Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V., por lo que no se contempló la utilización de procedimientos o procesos ajenos a las técnicas comunes de instalación de tuberías para el transporte de gas natural.

I.2.2. Estación de Medición y Estación Regulación

Mediante la Estación de Medición, esto en CPG Cactus, se asegurará la recepción de gas de acuerdo a las características límite del Gas Natural establecidas en la NOM-001-SECRE 2010 "Especificaciones del Gas Natural", estará compuesta de:

Trampa de Envío/Recibo de Diablos

Válvula de seccionamiento

EM en CPG Cactus y ER en Energía Mayakan

Operación de la estación de medición y de la estación de regulación

La función de la estación de medición y la estación de regulación de presión es asegurar que las presiones no excedan por más del 10% de la máxima presión de operación permisible (MPOP) o que la presión que produzca un esfuerzo tangencial no exceda del 75% de la resistencia mínima de cedencia (RMC) del acero de la tubería.

Los sistemas de medición estarán formados por dos trenes de medición paralelos cada uno (un tren en funcionamiento y uno en reserva), cada medidor con un 100% de la capacidad de flujo total de la estación.

Cada tren de medición estará diseñado para flujos bajos hasta 20% de la capacidad total. La capacidad máxima de cada tren de medición será desde **350 MMPCD** hasta **550 MMPCD** y el mínimo de **110 MMPCD**.

A la entrada y a la salida de cada tren de medición se tendrán válvulas de cierre, las cuales serán controladas vía remota desde el cuarto de control del proyecto "**Mazahua Fase I**". Estas válvulas son de tipo bola con extremos bridados 600 # RF API, API a prueba de fuego 6F.

El equipo de medición se calibrará en condiciones normales de acuerdo a la NOM-001- SECRE-2010. En cada una de las estaciones de medición se podría generar condensados provenientes de los filtros y de las trampas de diablos.

I.2.3. Trampas de Envío/Recibo de Diablos

A lo largo del trazo del ducto de interconexión en sus 16 km, se instalarán dos sistemas de diablos (envío/recibo) del tipo bidireccional que incluirán al menos los siguientes componentes:

- Cubeta o barril con tapa rápida abisagrada y boquillas, o preparaciones necesarias, para igualar presión, drenar o instalar instrumentación.
- Sección o carrete de conducción con válvula para bloqueo
- Sección o carrete de derivación con válvula de bloqueo
- Igualador de presión o ducto de pateo
- Purga
- Instrumentación básica (indicador de presión e indicador no intrusivo de paso de Diablos)
- Dispositivo para alivio de sobrepresión (válvula de seguridad o disco de ruptura)
- Patín estructural de soporte
- Carro para carga de Diablo

Las Trampas de Envío/Recibo de Diablos tendrán venteos elevados, para la difusión adecuada del Gas Natural. Estas instalaciones serán diseñadas para minimizar su desmontaje para el mantenimiento y remoción del equipo, asimismo, quedarán con anclajes y soportes adecuados para evitar que se transmitan esfuerzos originados por la expansión y contracción de la tubería y para eliminar vibración durante la operación.

Los componentes del arreglo las trampas, serán probados simultáneamente con la tubería de transporte y bajo las mismas condiciones, todos los tubos, válvulas, conexiones y accesorios estarán de acuerdo al máximo nivel de esfuerzo y con las mismas limitaciones de la tubería principal.

Las condiciones de operación para las Trampas de Envío/Recibo de Diablos se presentan a continuación:

Tabla I. 4. Condiciones de Operación de las Trampas de Diablos

INSTALACION	CONDICIONES DE OPERACION	
TRAMPAS	Capacidad Máxima	350 MMPCD
	Diámetro de Tubería	30"
	Diámetro de Barril	ND
	Longitud de la Trampa	ND
	Material	Acero al Carbón
	Temperatura de Operación	10 a 50 oC
	Velocidad recomendada para corrida de diablos	3 a 5 ft/s

Existen tres escenarios distintos en los que se puede realizar un lanzamiento de diablos, estos tres escenarios se describen a continuación:

- Lanzamiento al inicio de las operaciones: Recién construido el ducto se requiere hacer un lanzamiento para limpieza de la tubería.
- Lanzamiento con el ducto en operación normal: Cuando se requiere hacer una corrida de diablos (de limpieza o instrumentados), sin sacar de operación el ducto.
- Lanzamiento con el ducto fuera de operación: Cuando por necesidades del proyecto el ducto sale de operación y se requiere hacer una corrida de diablos.

I.2.4. Instalaciones Eléctricas.

El equipo eléctrico, las instalaciones del alumbrado e instrumentación, sensores y demás dispositivos que requieren energía del proyecto “**Mazahua Fase I**”, cumplirán con los requerimientos mínimos establecidos en las normas vigentes en México con relación a esta materia (según su clasificación a prueba de explosión) y, a falta de éstas, de acuerdo con la tecnología propuesta bajo responsabilidad del particular y de conformidad con la práctica internacionalmente reconocida.

I.2.5. Válvulas de Control (Recepción y Entrega).

Con el fin de aislar en su totalidad el tamo de interconexión entre los dos puntos ya citados, antes de EM en CPG Cactus y después de la ER de Energía Mayakan, para paros programados con propósitos de mantenimiento del ducto, o bien, en caso de presentarse una emergencia por fuga o accidente, se contará con válvulas control en el trazo de los 16 km, al inicio y al final. El Gas Natural que manejarán todas las Válvulas de Control se encontrará en un rango de temperaturas de 10°C a 50°C.

Su diseño está basado en los requerimientos mínimos o equivalentes, de la especificación API 6D y ASME B31.8. Las válvulas de seccionamiento MLV serán de por lo menos 30” de diámetro y podrán manejar desde 350 MMPCD y hasta 550 MMPCD de Gas Natural; estarán equipadas con un sistema llamado “line break control” y “low pressure shutoff control” que actúan para cerrar la válvula de seccionamiento en caso de ruptura o fuga en el STGI.

- **Válvulas de control**

El ducto solo contará con válvula de control de flujo en la estación de medición, colocadas de acuerdo a la NOM-007-ASEA-2016 para este tipo de ductos.

Lo anterior basado en la sección 7.42 de la NOM-007-ASEA-2016, en el que se establecen las válvulas de sección de seccionamiento por clases aplica de la siguiente manera:

Clases	Máxima Distancia
1	32 Km
2	32 km
3	24 km
4	16 km
5	8 km

Con base a dicho espaciamiento normado y a que el total de la longitud de la Estación Cactus a la EM2 es de 15.47 km, no se requieren válvulas de seccionamiento, ya que se cumple con las clases que le aplican al “Mazahua Fase I”.

Las válvulas se colocarán en la Estación de Medición (EM) en CPG-Cactus y Estación de Regulación 2 (ER), en el predio de la propiedad de Energía Mayakan.

Además de contar con este dispositivo, las válvulas serán automáticas y se accionarán por medio de un sistema de detección de fugas, para cerrar en forma remota desde el centro de operaciones con objeto de bloquear y reducir el volumen de gas natural; para ello, estarán equipadas con transmisores de temperatura y presión, aguas arriba y aguas abajo, los cuales enviarán señales al centro de operaciones de la empresa para su monitoreo y control.

Las válvulas operadas localmente, sólo podrán ser abiertas, o cerradas localmente a través de actuadores hidroneumáticos.

I.2.6. Requisitos de diseño de las válvulas de control

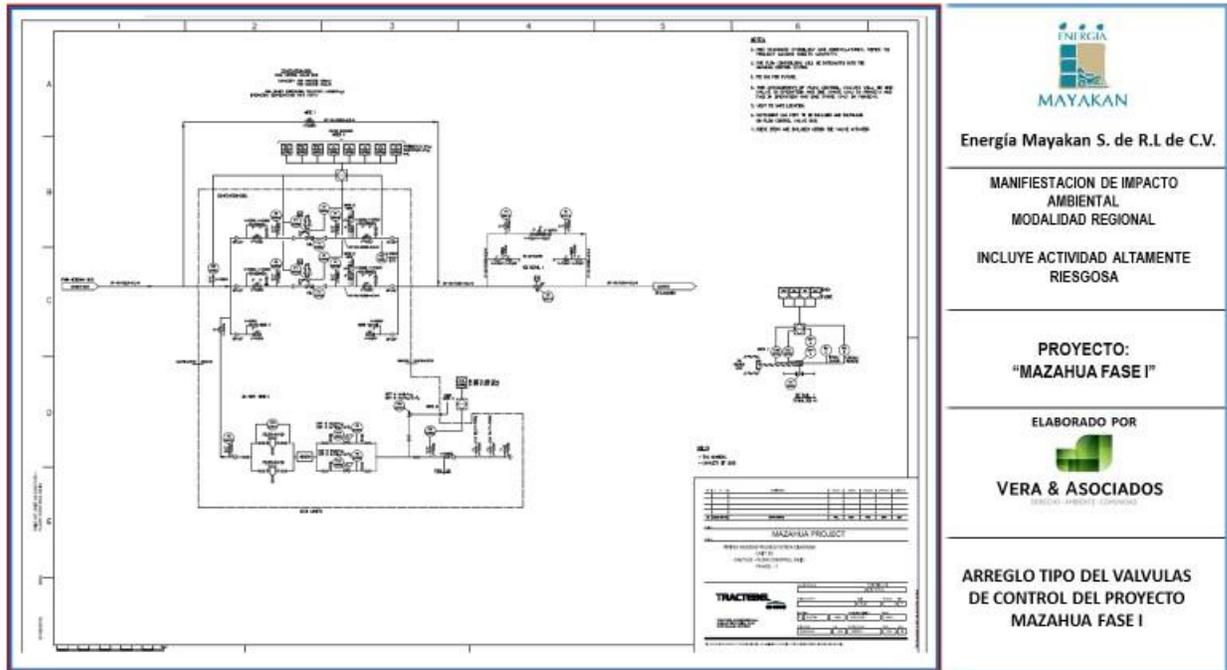
Las válvulas de Control y sus dispositivos operativos en el proyecto “Mazahua Fase I” cumplirán con lo siguiente:

- a) Localizarse en lugares accesibles, pero protegidas de manipulaciones y daños provocados por terceros

- b) Estar soportadas adecuadamente para evitar asentamiento o movimiento del tubo al cual están unidas
- c) Los tramos de tubería que se encuentren entre válvulas tendrán una válvula con una capacidad de desfogue que permita que la tubería sea desfogada de acuerdo con las necesidades del STGI
- d) El desfogue de la válvula se debe dirigir de tal manera que el gas pueda ser liberado sin peligro y sin descarga descontrolada hacia fuentes de ignición.
- e) Si el gasoducto se encuentra adyacente a una línea de transmisión eléctrica, el desfogue se situará de manera que el gas natural liberado sea dirigido lejos de los conductores eléctricos
- f) Los requerimientos de energía eléctrica serán suministrados basándose en equipos de generación eléctrica autónoma a base de celdas solares y/o bancos de baterías en corriente directa o con sistemas de generación de baja potencia a base de microturbinas de gas cuya capacidad sea la requerida.

En estas instalaciones se deben implementar los cuartos para alojar los equipos eléctricos de distribución para los servicios de alumbrado y contactos, y alimentadores hacia los tableros de alimentación a instrumentos, ups de conversión simple y doble, así como los rectificadores y equipos asociados para el sistema de protección catódica.

Fig.I. 5. ERA. Válvula de Control del ducto en “Mazahua Fase I”



1.2.7. Estación de Compresión (EC)

El proyecto “Mazahua Fase I” no incluye en su trayectoria de los 15.47 km, estaciones de compresión, sin embargo, el sistema al que se interconectara en su salida, requiere la instalación de dos estaciones de Compresión (CS2 y CS3) y la modernización de una tercera (CS1). Dicha incorporación y modificación no son objeto de alcance de la presente MIA-R. Dicho estudio, se estará presentando por separado a este proyecto.

1.2.8. Estación de Medición y Estación de Regulación

La EM se diseñará como instalación exterior, aplicando altas normas de seguridad, operación, mantenimiento y disponibilidad. Los patines de medición–regulación serán redundantes y estarán constituidos por dos trenes paralelos de medición-regulación con capacidad del 50%

del flujo total cada uno, a efecto de disponer de todo el flujo de gas natural a máxima capacidad de las centrales de generación, actuales y futuras, cuando por falla o calibración se esté dando mantenimiento a un tren de medición–regulación. No se permitirán líneas de By-Pass en los patines de medición.

Para la medición del flujo de gas natural se utilizarán medidores ultrasónicos. El ajuste del factor de calibración será conforme a lo establecido en la norma AGA 9. Se diseñará y seleccionarán los equipos y arreglos necesarios para asegurar una medición confiable aún a bajos flujos de hasta el 5%.

Para los cálculos hidráulicos se considerará una caída de presión de diseño de 8.7 a 17.4 psi, incluyendo una máxima pérdida de presión de 5 psi en los filtros, 5 psi en los medidores de flujo y 7.5 psi en las válvulas reguladoras.

La medición incluirá dispositivos de corrección de lectura por presión y temperatura.

La EM/ER se diseñará y construirá, de acuerdo con lo siguiente:

- Para su monitoreo y control por el operador del STGI, las señales de la ERM, estarán enviadas por el SCADA al cuarto de control en el centro de control de operaciones.
- Se tendrá una ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opere, mantenga, inspeccione y supervise la instalación no corra riesgos por acumulación de gases.
- Estará cercada y se tendrán puertas que permitan el acceso al personal y al equipo para que se realicen los trabajos de operación, mantenimiento e inspección.
- La instalación eléctrica, será diseñada basada en la clasificación de áreas y cumplirá con los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

- Contará con una válvula de bloqueo en la tubería de alimentación, que cumpla con las características siguientes:
 - Estar ubicada en un lugar accesible.
 - Contar con mecanismos para accionarla de acuerdo con sus especificaciones.
 - Estar bien soportada mecánicamente para prevenir esfuerzos en la tubería.
 - Estar diseñada para que la presión de diseño sea igual o mayor a la presión de operación del ducto.
 - Después de la válvula de bloqueo el Gas Natural pasará por un filtro tipo cartucho que removerá 100% de los sólidos y gotas de líquidos más grandes de 3 micras.
 - Las válvulas de seguridad y válvulas de venteo desfogarán a la atmósfera dispersando el Gas Natural sin que presente riesgos al personal o a las instalaciones.
 - Para minimizar los posibles efectos de distorsión de flujo, el tubo de medición ultrasónico en la sección de tuberías corriente, aguas arriba incluirá un acondicionador de flujo, el tipo de montaje será entre bridas.
 - La instalación y operación del sistema de medición considera el diseño del montaje de los medidores y equipos relacionados en un Patín de Medición, los medidores ultrasónicos a ser empleados tendrán un tamaño apropiado para manejar los volúmenes de flujo correspondientes, considerando una velocidad en el interior del medidor no mayor a 30.48 m/s (100 pies/s), esto es, a las condiciones a las que trabaja la ERM, flujo que podrá ser ajustado y depende del proveedor elegido.
 - El medidor ultrasónico contará con un programa de diagnóstico que permita visualizar su desempeño. El programa de diagnóstico no interferirá con el desempeño del medidor cuando éste se encuentre bajo condiciones de operación.
 - El patín de medición contará con una válvula tipo bola instalada a la entrada de cada tren de medición. Estas válvulas son operadas con actuadores eléctricos. Los

actuadores podrán operar las válvulas de manera remota desde el SCADA y se podrá cambiar de un tren (operación) a otro (reserva) remotamente, estos actuadores contarán con interruptores de limite, que indicarán remotamente su posición, y de manera local y remota de apertura y cierre; y un selector local / remoto.

Se considera para el análisis de la calidad del Gas Natural en línea los siguientes equipos:

1. Cromatógrafo de Gas Natural.
2. Analizador de H₂S
3. Analizador de humedad.
4. Analizador de azufre total
5. El cromatógrafo de gases enviará datos hacia el computador de flujo para ser considerados en los cálculos correspondientes de energía.

Las señales del cromatógrafo y los analizadores estarán configurados con alarmas en el software para avisar al Operador del STGI en el cuarto de control que hay una condición de gas fuera de especificación, la verificación de la calibración de los analizadores se hará siguiendo las recomendaciones del fabricante.

El diseño de la ERM, cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas, los Códigos y Normas Internacionales aplicables de conformidad con las Practicas Prudentes de la Industria, entre los cuales se encuentran los siguientes códigos y normas que son enunciativos más no limitativos:

1. Transporte de Gas Natural: Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.
2. Especificaciones del Gas Natural: Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.
3. Tubería y válvulas de la Estación: ASME B31.8 como mínimo y normas ASME/ANSI/API asociadas.
4. Recipientes a presión: ASME Sección VIII.
5. Intercambiadores de calor de carcasa/tubo: ASME Sección VIII/TEMA C.
6. Intercambiadores de calor enfriados con aire: API 661X.
7. Dispositivos de venteo/purga de presión: API 520/521.
8. International Electrotechnical Commission (IEC).
9. Instrument Society of America (ISA).

10. National Association of Corrosion Engineers (NACE).
11. National Fire Protection Association (NFPA), National Fire Codes.
12. Normativa Aplicable emitida por la SCT.
13. American Gas Association.
14. Reporte AGA 5.
15. Reporte AGA 8.
16. Reporte AGA 9.
17. Gas Processors, Association (GPA).
18. Instalaciones Eléctricas (Utilización).
19. Norma Oficial Mexicana 001-SEDE-2012.

La EM contarán con sistemas de cierre por fuga, de filtrado, de regulación de presión, medición y de relevo. Además, se dispondrá de la instrumentación necesaria para el monitoreo de condiciones de proceso y de un paquete de medición de calidad de Gas Natural.

I.2.9. Sistema de Cierre por Fuga

El sistema de cierre por fuga contemplará las siguientes acciones dentro de las medidas de control y prevención de riesgos del proyecto **"Mazahua Fase I"**:

- Enviar señal al computador de flujo para saber la posición de la misma
- En caso de ser accionada solo se podrá abrir en forma local
- Contar con un accionamiento local

Para dicho cierre se contará con una válvula de control en la tubería de alimentación a la EM, que cumpla con las características siguientes:

1. Estar ubicada en un lugar accesible y protegida contra daños que pudieran ocasionar terceras personas y a una distancia segura de la EM.
2. Contar con mecanismos para accionarla de acuerdo con sus especificaciones.
3. Estar bien soportada mecánicamente para prevenir esfuerzos en la tubería.
4. Estar diseñada para que la presión de diseño sea igual o mayor a la presión de operación del ducto.

5. En su caso contar con líneas de desvío (by-pass) para mantenimiento, sin necesidad de interrumpir el suministro de gas.
6. Contar con dispositivos de seguridad para protegerla de cualquier sobrepresión.
7. Debe desfogar a la atmósfera y el venteo prolongarse hasta un quemador o hasta una altura que permita dispersar el gas sin que presente riesgos al personal o a las instalaciones

I.2.10. Sistema de Filtrado

Consistirá en un sistema de filtro separador diseñado para retener partículas de 8 micras, o mayores, y el 100 % de retención para líquidos en gotas de 3 micras y mayores. El diseño del sistema de separación y filtración incluirá un sistema de drenado seguro para recuperar los líquidos en un dispositivo portátil.

El filtro/separador de Gas Natural será diseñado para minimizar su desmontaje para el mantenimiento y remoción del equipo.

I.2.11. Sistema de Regulación

Los reguladores tendrán una capacidad nominal superior al consumo estimado para la hora pico de demanda; la presión de diseño debe ser superior a la máxima presión de operación esperada en la ER. Para prevenir fallo alguno en el regulador, se deberá contar con un dispositivo de seguridad que proteja de sobrepresión a la ER y a las instalaciones aguas arriba a las que se les suministra gas.

I.2.12. Sistema de Medición

La instalación de medidores, se construirá de acuerdo con las especificaciones del fabricante y con las mejores prácticas de ingeniería internacionalmente reconocidas aplicables. En todos los

casos se deben respetar las recomendaciones de los fabricantes de los medidores, respecto a diámetros de las tuberías, conexiones y distancia a otros aparatos o accesorios en la instalación. Los medidores instalados deben ser del tipo ultrasónico. Cuando la presión máxima de operación de la estación de regulación y medición sea mayor a la presión de trabajo del medidor, antes de éste se debe instalar un regulador para reducir la presión a la de operación del medidor. En este caso también se debe instalar un dispositivo de seguridad o un regulador en monitor.

Cuando la presión del gas no sea constante, se deberá instalar al medidor, un corrector de la lectura por presión o por temperatura. La verificación de la calibración de los medidores se debe hacer siguiendo las recomendaciones del fabricante.

El periodo de tiempo entre las verificaciones de los medidores se debe establecer en los procedimientos de operación y mantenimiento. Se requiere de un sistema de medición de flujo tipo ultrasónico para transferencia de custodia, transmisor de presión y un transmisor de temperatura.

Las señales de esta medición, control y monitoreo deben integrarse al SCADA. Se considerarán unidades de energía sin interrupción (UPS) para la operación de los equipos electrónicos en condiciones de falta de energía eléctrica, como una medida de control de riesgos de proceso.

I.2.13. Sistema de Relevó

Considerar un sistema de relevó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SCFI-1994 por alta presión en la regulación con el fin de evitar aprisionamientos del lado de baja presión. Estas válvulas de seguridad desfogarán a la atmósfera.

I.2.14. Instrumentación para Monitoreo de Condiciones de Proceso

Se debe considerar la instrumentación necesaria para monitorear la presión después de la válvula troncal y las condiciones operativas en la Trampa de Envío/Recibo de Diablos.

I.2.15. Paquete de Medición de Calidad de Gas Natural

Se debe considerar para la medición en línea de la calidad del gas como son: Cromatógrafo de gas, Analizador de H₂S y Azufre total y Analizador de Humedad.

Estos equipos enviarán datos hacia el controlador de flujo para ser considerados en los cálculos correspondientes. El Gasoducto y la caseta de medición y regulación serán autómatas y monitoreadas por el servidor del transporte de gas natural.

I.2.16. Sistemas de Seguridad

La instalación en la EM y ER, trampas de diablos y componentes, contarán con Sistemas de Protección por Gas y Fuego, los cuales se diseñarán de acuerdo con lo indicado en NFPA-72. Se cumplirá con la normativa nacional, códigos y estándares internacionales, para garantizar la seguridad del personal. Todos los lugares de trabajo tendrán las facilidades de acceso y salida rápida de personal.

En los sitios con posibilidades de derrames contarán con pisos con pendientes a fosas de contención. En los casos en que así se requiera o la especificación lo estipule, se suministrará como parte del diseño y arreglo general del equipo, el aislamiento necesario para protección de personal en las tareas de operación y mantenimiento.

Las posibles fugas de gas natural en la EM y ER se detectarán por medio de sensores de mezclas explosivas en áreas, y darán una alarma al sistema SCADA.

El Cuarto de Control del proyecto “**Mazhua Fase I**” tendrá detectores de humo que activarán una alarma audible y visible localmente. Los detectores estarán colocados bajo el piso en el cuarto de consolas, en el UPS y sobre el plafón considerando los lugares más factibles donde el humo pueda ser detectado.

La localización y la capacidad de los extintores, así como la clase de agente extintor utilizado por estos equipos cumplirán con las disposiciones de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-100, 102, 103, 106-STPS-1994, NOM-002-STPS-2010, NOM-104-STPS-2001, y NFPA 10 edición 2010.

I.2.17. Sistema de Detección de Fugas

El Sistema de Detección, detecta fugas analizando los datos de flujo, presión y temperatura usando técnicas estadísticas. El sistema puede distinguir entre una fuga y cambios ordinarios de operación usando métodos de reconocimiento de patrones. El sistema realizará diferentes chequeos antes de generar una alarma de fuga.

Los métodos a usar pueden ser de balance de línea, balance de volumen, modelo transitorio en tiempo real, supervisión de presión/flujo. El grado de implicación estadística de los métodos, permitirá generar umbrales de alarmas sensibles para el sistema de detección de fugas.

El diseño considerará equipos para la Detección y Alarma de Mezclas Explosivas para las áreas de la ERM y contará con los siguientes elementos básicos:

1. Detectores de mezclas explosivas
2. Alarmas audibles y visibles
3. Tablero de señalización de los detectores de mezclas explosivas
4. Conexión al Sistema SCADA para la notificación de alarmas y estado del sistema

Los detectores de mezclas explosivas que se encuentren en campo tendrán la facilidad de poderse calibrar para alarmar por baja y alta concentración (pre-alarma y alarma) de mezcla explosiva.

I.2.18. Sistema de Protección Contra Incendio

El proyecto “Mazahua Fase I”, tendrá en los componentes de riesgo, como ERM, Diablos, Estaciones de Compresión, un sistema de supresión de fuego dentro de gabinetes capaces de

detectar flamas o fugas de gas. Cuando uno de estos eventos ocurra, el sistema activará y liberará dióxido de carbono para mitigar la flama o inertizará el gabinete para evitar la concentración de gas inflamable. El dióxido de carbono será suministrado usando cilindros ubicados cerca de cada equipo.

El generador de emergencia estará provisto de detectores de mezclas explosivas y de fuego (UV/IR), al igual que el tanque de combustible del generador. Los cuartos de baterías tendrán detectores de H₂ conectados al sistema de fuego y gas (F&G) que alertarán al operador en caso de alta concentración de H₂.

Dentro de oficinas, cuartos de control, almacenes y cuarto de Telecom habrá detectores de humo y de flama para alertar en caso de un siniestro. Además, se instalarán estaciones manuales cerca de las entradas y salidas de los edificios y cerca de los equipos de proceso para activar manualmente el sistema de fuego y gas.

El cuarto de control tendrá un sistema de supresión basado en agente limpio. Las entradas de aire de los sistemas de HVAC tendrán detectores de mezclas explosivas para determinar la interrupción de suministro de aire al equipo de aire acondicionado.

El sistema de fuego y gas enviará una señal al sistema de paro por emergencia indicando la detección de fuego y/o gas para llevar a la estación a una condición segura.

Todas las instalaciones estarán provistas de extintores portátiles de dióxido de carbono, excepto el cuarto de control, donde se emplearán extintores ABC de polvo químico seco, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010.

I.2.19. Sistema de Protección Catódica

Existen dos tipos de sistemas de protección catódica para proteger las estructuras metálicas contra la corrosión y que pueden utilizarse individualmente o combinados, siendo éstos los siguientes:

A. Por Corriente impresa

Este sistema está constituido por una fuente de energía y un electrodo auxiliar (ánodo) o grupo de ánodos inertes que integran la cama anódica, situados a la distancia determinada por el diseño de la estructura a proteger, que para nuestro caso particular es la tubería metálica del gasoducto en el cual la corriente fluirá del ánodo hacia la estructura.

B. Por Ánodos galvánicos (de sacrificio)

Este sistema utiliza como fuente de corriente, la diferencia de potencial entre el material del ánodo y la estructura a proteger. En este sistema, el material de los ánodos se consume dependiendo de la demanda de corriente de protección de la estructura a proteger, la resistividad del electrolito y del material usado como ánodo, durante el proceso de descarga del mismo.

Este tipo de sistema es recomendable donde tenemos como electrolito con bajas resistividades y es aplicado para puntos específicos como por ejemplo tanques metálicos.

El Gasoducto objeto del proyecto “**Mazahua Fase I**” será protegido con el sistema de corriente impresa ya que es el más conveniente por sus características de construcción e instalación a lo largo de la trayectoria del mismo.

I.2.20. Sistema de Protección Mecánica

Los ductos estarán protegidos contra deslaves, inundaciones, suelos inestables, deslizamientos de tierra u otros riesgos que puedan provocar que la tubería se mueva o que esté sometida a cargas anormales.

Para obtener una adecuada protección de la tubería, se considerará lo siguiente:

- Las instalaciones superficiales o aéreas (ducto de transporte o cabezal principal) estarán protegidas de daño accidental ocasionado por tráfico vehicular u otras causas similares y colocarse a una distancia segura del tráfico o en su defecto colocar barricadas.
- Cuando los ductos crucen áreas que normalmente se hallan bajo agua o instaladas en áreas que tienen la probabilidad de inundarse, como niveles freáticos altos, lagos, bahías, pantanos y cruces de ríos, se aplicará a la tubería un peso o anclaje (lastre) cuando sea requerido, suficiente para impedir que flote. El cruce de tubería en un cuerpo de agua se ubicará en el margen y lecho más estable. La profundidad, la localización de los dobleces localizados en las márgenes y el espesor de pared de la tubería se seleccionarán con base en las características del cruce, siguiendo las prácticas de la industria y técnicas de ingeniería correspondientes.
- Se tomarán las medidas necesarias para proteger el ducto de transporte de peligros naturales y considerar lo siguiente:
 - Aumentos de espesor de pared, construcción de muros de contención de tierras, medidas preventivas contra la erosión, instalación de anclajes e incorporación de medidas que aumenten la flexibilidad, recubrimientos especiales, etc.
 - Se aplicará en fábrica un recubrimiento de protección mecánica a base de resina epóxica (FBE Fusion Bond Epoxy).
 - Para la protección de juntas de tramos de tubo se utilizarán mangas contráctiles que consiste en una manta de una capa “cross-linked” gruesa con un adhesivo térmico muy resistente a los movimientos del terreno. Durante la instalación, el aditivo se derrite y fluye llenando las perforaciones y grietas que se encuentren en la superficie, suministrando una buena adherencia al metal y a los revestimientos FBE.

- Previo a la colocación de la protección mecánica en la zona de juntas de tramos de tubo, se aplicará limpieza con chorro de arena a metal blanco

I.2.21. Sistemas de Tierras

- Las válvulas y la Sección de Diablos y ERM, contarán con un sistema de tierras diseñado conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

I.2.22. Sistemas contra Descargas Atmosféricas

El proyecto “Mazahua Fase I”, contará con un sistema de protección contra descargas atmosféricas estará formado por puntas pararrayos, bases soporte, electrodos de tierra, malla de conductores, conectores y los accesorios necesarios para completar el sistema y mandar a tierra en forma segura cualquier descarga natural, conforme a la norma NFPA 780 2008 “Standard for the Installation of Lightning Protection Systems”.

I.3. Análisis y evaluación de riesgos

I.3.1. Antecedentes de incidentes y accidentes

En el manejo y operación de gasoductos utilizados para la conducción de gas natural, se propone una metodología de análisis de riesgo operativo, debido a los daños causados por fallas mecánicas y debido a terceras partes originadas por la extracción descontrolada de gas natural en tomas no autorizadas (tomas clandestinas), en los ductos de conducción de gas natural de las diferentes compañías abastecedoras de gas y principalmente, en ductos a cargo de PEMEX-GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA (PGPB).

De los estudios y análisis realizados por dependencias con gran experiencia dentro del ramo (tal es el caso de PEMEX), se concluye que el factor de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia en gasoductos, es debido principalmente por daños de terceras partes, seguido de los daños por corrosión.

En años recientes, algunas causas fundamentales del incremento de accidentes en los gasoductos de PEMEX han sido, la inadecuada evaluación de los mismos y la falta de gestión para erradicar esta problemática, adicionalmente no hay una base de datos histórica de accidentes en ductos de transporte de hidrocarburos disponible de manera oficial en el país, estas circunstancias repercuten negativamente en la funcionalidad de los ductos en México.

El gas natural que se transportará en proyecto **“Mazahua Fase I”**, por medio de tuberías, medio que ha demostrado ser el más seguro, comparativamente con las unidades en Tracto camión en tanques sencillos o doble remolque, donde la cantidad de accidentes y sus consecuencias a la comunidad ha sido grave y de daños materiales de alta consideración.

La experiencia en México que se tiene en antecedentes de riesgo es la siguiente:

- Accidente gasoducto de gas natural de PEMEX en el estado de Guanajuato, no hubo daños personales. (Fuente: El Norte 19 de septiembre de 1991).
- Accidente en gasoducto de gas amargo de PEMEX (21 de septiembre de 1991) en Cunduacán, Tabasco al estallar un ducto de 16" de diámetro, fallecieron 6 obreros de PEMEX. Este percance sucedió cuando los trabajadores realizaban actividades de corte en la línea: que transporta gas crudo, debido a que las líneas no fueron desfogadas antes de los trabajos de corte (Fuente: El Ovociones).
- Fuga en gasoducto de gas natural de PEMEX (15 de junio de 1992) en Xalostoc, debido a la ruptura de una válvula de alivio. No se reportó daños ni víctimas.
- Accidente en un gasoducto de 24" de gas amargo de PEMEX (6 de febrero de 1994) en Cunduacán, Tabasco que causó daños materiales a 300 metros cuadrados, por lo menos 15 personas con quemaduras de segundo grado y una persona murió en el percance (Fuente: La Jornada).

- Accidente de gasoducto de gas natural PEMEX en Guadalajara (4 de septiembre de 1995) debido a que personas golpearon el ducto por error, al confundirlo con una tubería de agua, no hubo daños materiales ni humanos (Fuente: El Norte).
- Accidente en gasoducto de 48" de gas natural en Cd. Pemex-Cactus (17 de febrero) que provocó daños materiales, muertos y heridos, se desconoce las causas del siniestro (Fuente: El Norte).
- Accidente en gasoducto de gas natural de PEMEX en Boca-Cárdenas (23 enero de 1996) que provocó un muerto y cuatro heridos al momento que trabajadores cambiaban una válvula.
- Fuga de gas natural en Atasta-Cd PEMEX (08 de septiembre de 1996), el accidente ocurrió cuando se interconectaban un bypass, un trabajador resultó herido. (Fuente: La Jornada).
- Explosión en gasoducto en San Pedro Garza García, Nuevo León.

Una explosión e incendio en una tubería de gas natural en una construcción cercana a la zona comercial y hotelera en el municipio de San Pedro Garza García movilizó a elementos de Protección Civil, Bomberos de Nuevo León y unidades de las cruces Roja y Verde.

El incendio se originó luego de una fuga de agua la que reblandeció la tierra, lo que ocasionó la caída de un poste energía eléctrica sobre un ducto de gas de 12 pulgadas, lo que ocasionó la conflagración.

El incendio se originó alrededor de las 10:00 horas, a causa del rompimiento de la tubería de gas, lo que ocasionó la explosión e incendio sobre la lateral de la avenida Lázaro Cárdenas y Diego Rivera, en el citado municipio, sin que se presenten personas lesionadas.

Figura I.1. Daños generados por la explosión



- Explosión en gasoducto de PEMEX en el estado de Tabasco.

Una explosión se registró el 06 de abril del 2013, en un gasoducto de 16”Ø, a la altura del rancho “Aguiles Serdán”, en la localidad La Venta, municipio de Huimanguillo, Tabasco, con saldo de tres heridos, reportaron Pemex y autoridades locales.

La paraestatal, precisó que el incendio se presentó en el gasoducto de 16”Ø Cinco Presidentes, del complejo procesador de gas La Venta, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio referido.

La explosión, fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa privada FIRESA. Como consecuencia de este hecho, resultaron lesionados tres trabajadores de la compañía privada, de los cuales en un principio uno de ellos permanecía desaparecido, pero fue hallado sin mayores consecuencias.

Así mismo, confirmó que una retroexcavadora, una motocicleta y un vehículo resultaron quemados como consecuencia de la explosión.

Por su lado, personal de operación de pozos e instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) procedió a bloquear las válvulas de seccionamiento La Venta 80 y Margen Derecha del Río

Chicozapote, y a suspender el bombeo de las Baterías de Separación Cinco Presidentes 1, 2 y Rodador, indicó la empresa petrolera.

Protección Civil evacuó a personas cercanas al lugar de la explosión para trasladarlas a un lugar seguro. El incendio fue controlado totalmente antes del mediodía.

Por separado, autoridades locales de Huimanguillo informaron antes que la paraestatal que el accidente fue causado por una retroexcavadora que realizaba trabajos en el lugar, y que los heridos fueron trasladados por una ambulancia de servicios comunitarios a una clínica de dicho municipio colindante con Veracruz.

El flamazo dañó aproximadamente 80 m² de pastizales y como medida preventiva Pemex acordonó el sitio donde se registró la conflagración, en un operativo en que participaron militares y personal de Seguridad Física de Pemex, Protección Civil y Tránsito Municipal.

Figura I.2. Chorro de fuego a causa de la fuga de gas natural en el municipio de Huimanguillo, Tabasco



Fuente: La Crónica.com.mx. 07 de abril del 2013

- Fuga de Gas e incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco.

La fuga de gas natural fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa Cobra Construcciones, que realizaba trabajos en el área, sin el permiso de Pemex, indicó la paraestatal en un comunicado emitido posterior al evento.

El funcionario precisó que a poco más de 24 horas del incidente, el riesgo comenzó a ceder, ya que la presión de salida de gas bajó de 36 kg/cm² a 10 kg/cm², mientras que el tamaño de la flama pasó de 30 metros de altura a 4 m.

El incidente, ocurrió alrededor de las 18:30 horas, pero el flamazo se dio a las 23:00 horas. Un bombero y un empleado de la compañía Infraestructura Carretera quedaron con heridas leves. Luego del estallido, las autoridades evacuaron la comunidad de Corralillos y cerraron la autopista México-Morelia, a la altura del kilómetro 461. Los evacuados fueron llevados a la Casa de la Cultura del municipio de Zapotlanejo.

En tanto, Pemex informó que personal especializado atendió el incendio ocasionado por la ruptura del ducto de 14"Ø (35 cm).

Pemex anunció que el abasto de combustible estuvo garantizado en todo momento, ya que solo se suspendió el flujo en el tramo Abasolo-Guadalajara, mientras que continuó en operación otro gasoducto que va de Cactus, Chiapas, a Abasolo, Guanajuato, ya que la única terminal de distribución de Pemex-Gas afectada fue la de Guadalajara, pero ésta cuenta con suficiente producto almacenado para cumplir con su programa de distribución.

Figura I.3. Incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco, debido a una fuga de gas natural



Fuente: CNN México. 19 de octubre del 2012.

- Explosión en Gasoductos de PEMEX, en el municipio de Pedro Escobedo, Estado de Querétaro.

Seis trabajadores de PEMEX resultaron heridos al ocurrir una explosión mientras trabajaban controlando la fuga de un gasoducto en el municipio de Pedro Escobedo.

La fuga fue detectada a la altura de la comunidad Las Postas, en un ducto de 14''Ø correspondiente al tramo Cactus-Guadalajara, tras un percance ocasionado por una retroexcavadora que operaba en el lugar instalando equipo de riego.

Unos 200 pobladores de la localidad fueron evacuados y concentrados en un albergue habilitado en el auditorio municipal de Pedro Escobedo, además de que fueron cerradas las Válvulas de Seccionamiento (V.S.), que permiten la circulación del gas por ese tramo y personal del sector Ductos de Salamanca y de Petroquímica acudieron a efectuar las reparaciones necesarias, según informó la paraestatal.

Dos días después se reportó la situación bajo control y la gente volvió a sus actividades normales. Sin embargo, más tarde un grupo de trabajadores permanecía efectuando tareas para concluir con la reparación del gasoducto, cuando se produjo el flamazo, aparentemente por un error de los mismos técnicos.

En un comunicado, Pemex confirmó que ya no existe riesgo para la población de la zona según los monitoreos efectuados, pero adjudicó a una falta de seguridad y errores de protocolo el percance ocurrido a los trabajadores.

Fuente: Proceso.com.mx. 28 de marzo del 2013.

- Fuga de Gas Natural en Gasoductos de PEMEX, en el Estado de Veracruz.
Petróleos Mexicanos (PEMEX) informó que a las 2:00 a.m. del día 10 de septiembre del 2007, el sistema SCADA detectó una pérdida de presión inusual en seis puntos de diferentes ductos en el estado de Veracruz ocasionados por actos premeditados, por lo que de inmediato suspendió el suministro de gas natural en dichas líneas. La baja de presión fue ocasionada por explosiones en los siguientes puntos:
 1. Válvula de Seccionamiento (V.S.), del gasoducto de cuarenta y ocho pulgadas de diámetro (48"Φ), que coincide con Gas Natural de Cactus - San Fernando, a la altura del municipio La Antigua, sin que se presentara incendio. Sin embargo, por motivos de seguridad, Protección Civil estatal realizó la evacuación de los habitantes que se encontraban cerca del evento.
 2. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 48"Φ, a la altura del Río Actopan, en el cual se registró un incendio.
 3. Trampa de diablos del gasoducto de 48"Φ, Cempoala - Santa Ana, a la altura de Delicias, Tlaxcala., en la cual no se presentó incendio.
 4. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el gasoducto de 30"Φ, de Minatitlán Veracruz - México D.F. y en el ducto de 24"Φ Cactus, Chiapas – Guadalajara, Jalisco.
 5. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 30" (Minatitlán, Veracruz – México, D.F.), además del ducto de 24" Φ (Cactus – Guadalajara), poliducto de 12"Φ y oleoducto de 24"Φ en el Municipio La Balastrea, donde se presentaron incendios debidos a las fugas.

6. Cruce aéreo Algodonera en el gasoducto de 30"Φ, Minatitlán – México, D.F., poliducto de 12"Φ y Oleoducto de 30"Φ, en los cuales se presentó incendio.

Sin embargo, cabe mencionar que cada una de las situaciones de emergencia fue controlada oportunamente por personal de la paraestatal, además de protección civil estatal y municipal.

Fuente: Frente de Trabajadores de la Energía de México. FTE México Energía.

- Fuga de Gas natural en Gasoducto ubicado en Ecatepec, Estado de México.

Una fuga de gas natural se registró frente al centro comercial Las Américas el día 05 de septiembre del 2011, por lo que se evacuaron a huéspedes y personal de dicho centro comercial y un hotel ubicado dentro del perímetro de afectación.

De acuerdo con los primeros reportes generados, una de las máquinas que son utilizadas para la construcción de un puente peatonal, ubicado sobre la avenida Central, rompió uno de los ductos que conducen gas natural, propiedad y administrado por la empresa MAXIGAS, así lo indicó el gobierno municipal de Ecatepec, estado de México. Para evitar riesgos mayores las autoridades cerraron la circulación de la avenida Central frente al centro comercial Las Américas.

Al lugar acudieron de inmediato elementos del cuerpo de bomberos y Protección Civil, así como de la policía estatal y municipal para tratar de reparar la fuga en uno de los tubos de conducción del gas natural.

Fuente: Periódico El Universal, 06 de septiembre del 2011

- Fuga en Gasoducto ubicado en el Distrito Federal.

El día 10 de mayo del 2009, elementos del Cuerpo de Bomberos controlaron una fuga de gas natural que se presentó en el perímetro de la colonia CTM Culhuacán sección V, la cual provocó alerta entre los vecinos del lugar.

Reportes de Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF) indican que los hechos tuvieron lugar en la zona que se ubica sobre la avenida Santa Ana, casi al cruce con Rosa María Sequeira, en la referida colonia de la delegación Coyoacán.

Fueron vecinos y peatones los que reportaron un olor a gas en la zona, por lo que al sitio se movilizaron bomberos y personal de Protección Civil, quienes ubicaron una fisura en un tubo alimentador de gas natural de 4"Φ.

La zona fue acordonada por la policía capitalina mientras se trabajaba para sellar el tubo de gas fracturado. La circulación vehicular se mantuvo abierta y sólo se restringió el paso en el carril de extrema derecha de Santa Ana, con dirección a la Escuela Naval Militar.

Reportes de la Secretaría de Protección Civil capitalina indicaron que como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar. La fuga fue controlada y no se reportaron intoxicaciones ni personas afectadas.

Fuente: Noticias Terra TV, 11 de mayo del 2009

- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de Las Choapas, Veracruz.

El 21 de octubre del 2011, personal activo de Pemex Exploración y Producción (PEP), controló una fuga de gas natural que se presentó en el gasoducto de 6" Φ que va de la Estación de Compresoras El Plan, a la Batería Los Soldados, ubicado en el kilómetro 3 dentro del municipio de Las Choapas, Veracruz.

Personal de Mantenimiento a Ductos del Sector Operativo El Plan, procedió a bloquear las válvulas, dejando la línea fuera de operación, y realizar la reparación correspondiente, así como la restauración del área afectada.

Asimismo, personal de Seguridad Física acordonó el lugar en coordinación con personal militar de la Base de Operación El Plan, como medida preventiva. PEMEX Exploración y Producción realizó el análisis de integridad mecánica para determinar la causa del incidente, y declaró que no hubo lesiones en el lugar ni afectaciones por intoxicación.

Fuente: Periódico Excélsior, 22 de octubre del 2011.

- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

El día 25 de enero del 2011, personal especializado de Petróleos Mexicanos (PEMEX) controló una fuga de gas natural detectada en el kilómetro 283+007 del gasoducto de 18”Φ Monterrey, N. L. - Chávez, Coahuila ubicado en las inmediaciones del municipio de Francisco I. Madero, Coah., en el estado de Coahuila.

Al tenerse conocimiento de los hechos, de inmediato los técnicos de la paraestatal procedieron a sacar de operación el gasoducto para realizar los movimientos operativos e iniciar los trabajos de reparación del ducto.

Personal del Sector Torreón de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), en coordinación con autoridades de Protección Civil, Bomberos y la Dirección de Seguridad Pública de San Pedro de las Colonias, trabajaron conjuntamente para la atención, control y erradicación del incidente.

Como medida preventiva, se determinó necesaria la evacuación de dos empresas maquiladoras, además de dos instituciones educativas de nivel medio superior y superior.

Fuente: Periódico El Universal, 26 de enero del 2011.

- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en la ciudad de Pachuca, Hidalgo.

El 30 de noviembre del 2010, Petróleos Mexicanos (PEMEX) puso bajo control una fuga de gas natural que se había registrado en un gasoducto de 6”Φ en el tramo que corre de Ranchería - Minera Autlán en el kilómetro 39, dentro del municipio de Villas de Tezontepec en el estado de Hidalgo.

A través del área de comunicación social de la paraestatal, se informó que la fuga fue ocasionada por un acto vandálico y pudo ser detectada durante los trabajos de control que realiza PGPB. La paraestatal explicó que la perforación en el ducto y artefactos se dio durante los trabajos que realizaron personas ajenas a la dependencia para la instalación de una toma clandestina. Como medida de seguridad se suspendió de manera momentánea la operación del ducto afectado. A fin de evitar algún riesgo a la población, se bloquearon las válvulas de

bombeo y se disminuyó la presión del fluido para proceder a su reparación. Se destacó la importancia de mantener la vigilancia en la red nacional de ductos a cargo del personal de seguridad de PEMEX-PGPB.

Fuente: Periódico Vanguardia, 01 de diciembre del 2010

- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en Cosamaloapan, Veracruz.

El 24 de agosto del 2011 se generó una fuga de gas natural en los pozos de PEMEX que atraviesan el ejido Fernando López Arias, ubicado a 15 km de la cabecera municipal de Cosamaloapan, Veracruz.

La fuga se originó en la tarde del miércoles 24 de agosto, en una válvula en el Pozo de PEMEX denominado “CEHUALACA”, Protección Civil Municipal recibió el reporte de parte de habitantes que se encontraban muy alarmados, también se informó a Protección Civil del Estado, para que se tomaran las medidas conducentes con dicha paraestatal, ya que el objetivo fundamental de Protección Civil es la salvaguarda de la integridad física de la población, de su patrimonio y el entorno ambiental

Al lugar de la fuga, se presentó el Coordinador regional de protección civil, la unidad Municipal de Protección Civil Cosamaloapan, acudiendo posteriormente personal de PEMEX-PGPB encargado de Producción de Campo Alquimia.

La fuga de gas, se controló por la mañana del jueves siguiente, realizando el personal de PEMEX-PGPB los trabajos de cierre de ductos y mantenimiento pertinentes.

Fuente: Periódico Vanguardia

I.3.2. Metodologías de identificación y jerarquización

Los Estudios de Riesgo Ambiental (ERA), involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

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

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

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

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

Para la identificación de los riesgos involucrados con el transporte de gas natural, se analizarán las condiciones de operación tanto del gasoducto de interconexión de **“Mazahua Fase I”**, como las Estaciones de Medición en Cactus y Regulación en MYAKAN, y válvulas de seccionamiento, mediante los diagramas de tubería e instrumentación del sistema para transporte de gas natural y las memorias técnico-descriptivas de cada una de las instalaciones mencionadas.

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

Asimismo, se identificaron todos aquellos puntos importantes por donde se proyecta el sistema para transporte de gas natural, el cual quedará alojado dentro de terrenos con suelo natural y derechos de vía de carreteras pavimentadas, por lo que se pondrá especial atención en la zona debido a la existencia de vegetación natural e inducida, así como por los asentamientos humanos rurales existentes en el área de influencia del proyecto y franja de caracterización.

Aunado a lo anterior, se identificaron aquellos puntos importantes donde la presencia de algún evento no deseado, como una explosión o un incendio en el sistema de transporte, puedan afectar a instalaciones de alto riesgo, en las que se manejen sustancias peligrosas, ya que en caso de ocurrir una fuga de gas natural que entre en contacto con una fuente de ignición, puede llegar a ocasionar un chorro de fuego (JetFire) que afecte a dichas instalaciones, y que por las características de inflamabilidad de las sustancias que en ellas se maneje, el evento pueda desencadenar un evento mayor, con mayores repercusiones a la infraestructura de la zona y daños al medio ambiente.

Una vez identificados los riesgos presentes en la operación del sistema para transporte de gas natural, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos relacionados con dichos riesgos, en base a datos históricos ocurridos en condiciones semejantes de operación,

así como en base a las recomendaciones de falla del fabricante de los instrumentos de medición, control y regulación, para así determinar cuantitativamente la probabilidad de que ocurran accidentes en el proyecto, mismos que puedan afectar a la población circundante y al medio ambiente, principalmente.

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

Cabe mencionar que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio.

Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association, así como en Literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

I.3.2.1. Análisis HAZOP

El método Hazop (HAZard and OPerability “Riesgo y Operabilidad”) o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad, más del 80% de las recomendaciones del estudio son problemas de operatividad y no problemas de riesgo.

Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operatividad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

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

El carácter sistemático del análisis, se realiza con un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía, que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento, capaz de facilitar la identificación de desviaciones ocasionadas por múltiples causas, para determinar la flexibilidad de las respuestas a afectaciones por errores humanos, fallas de materiales y causas externas a la red, principalmente.

De la misma forma se efectúa el análisis para la parte operativa del proceso comprendiendo el control, el mantenimiento y la supervisión del mismo.

Cada vez que una desviación razonable es identificada, se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctivas, plasmándose en un registro ordenado de los datos y resultados. El proceso del Hazop involucra aplicar de una manera sistemática, todas las combinaciones relevantes de palabras claves, al proyecto bajo estudio, en un esfuerzo de descubrir los problemas potenciales. Los resultados se registran, en un formato de tabla o matriz con encabezados principales, identificados por palabras guía.

A continuación, se mencionan las palabras utilizadas en la metodología Hazop.

Palabras Claves:

Flujo	Reacción	Reducción	Adición	Reducción
Temperatura	Prueba	Nivel	Mantenimiento	Mezclado
Viscosidad	Muestreo	Presión	Instrumentación	Nivel
Corrosión	Erosión	Composición	Separación	

Palabras Operacionales.

Aislamiento	Inspección	Drenaje	Mantenimiento
Ventilación	Arranque	Purgado	Paro

Palabras Secundarias.

Cuando las palabras secundarias se combinan con las primarias, sugieren desviaciones o problemas potenciales. Un listado estándar de las palabras utilizadas se menciona a continuación:

Tabla I. 7. Palabras secundarias

DESCIACION	DESCRIPCION
No	Negación del intento de diseño.
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo

Parte de	Decremento cualitativo
Reversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

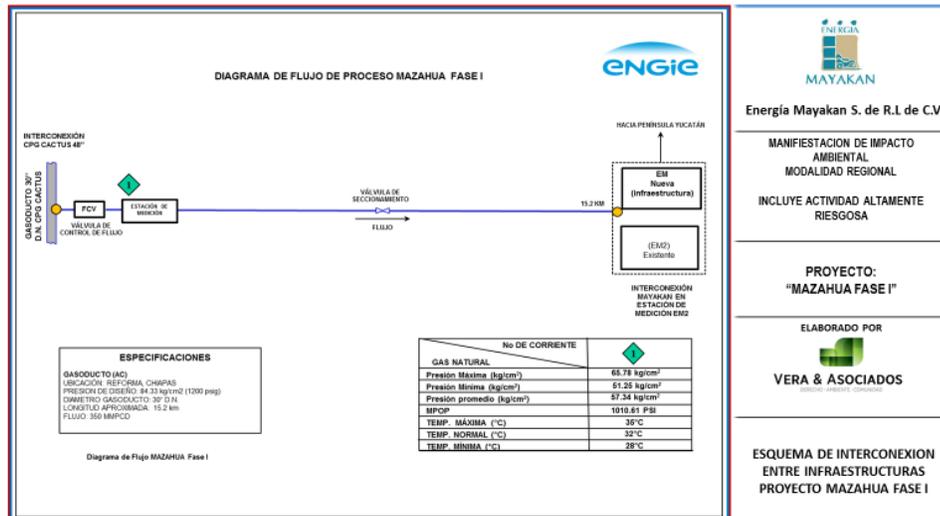
El presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), contempla los riesgos en el Área de Influencia (AI) del sistema de transporte de gas natural, principalmente a los asentamientos humanos existentes dentro de la misma, los cuales son la infraestructura más vulnerable de ser afectada.

La selección de los nodos a considerar para la evaluación de riesgos en la operación del proyecto, fue realizada a través de una evaluación de los puntos que representan mayor riesgo a la población por su densidad en el área, en aquellos puntos que forman parte de la instrumentación de control del sistema para transporte de gas natural, tales como Estación de Regulación y Medición y trayectoria del sistema para transporte de gas natural conformado por tubería en acero al carbón de 30” y válvulas de interconexión (Recibo) con el ducto de 48” DN de CPG-Cactus y la Conexión en Energía Mayakan de 30” DN (Entrega).

Para cada uno de los nodos se incluye:

- Las consideraciones de cada escenario,
- Tabla resumen del escenario, eventos, radios de afectación, radiación térmica, sobrepresiones, chorro de fuego (JetFire) y sus respectivas figuras,
- Efectos sobre la población e infraestructura existente en la **Zona de Amortiguamiento (ZA) y Zona de Alto Riesgo (ZAR)**.

Fig.I. 6. Se presentan en el diagrama de flujo mecánico del sistema de transporte de gas natural los nodos propuestos, los cuales se enuncian a continuación.



ENERGIÁ MAYAKAN S. DE R.L. DE C.V.

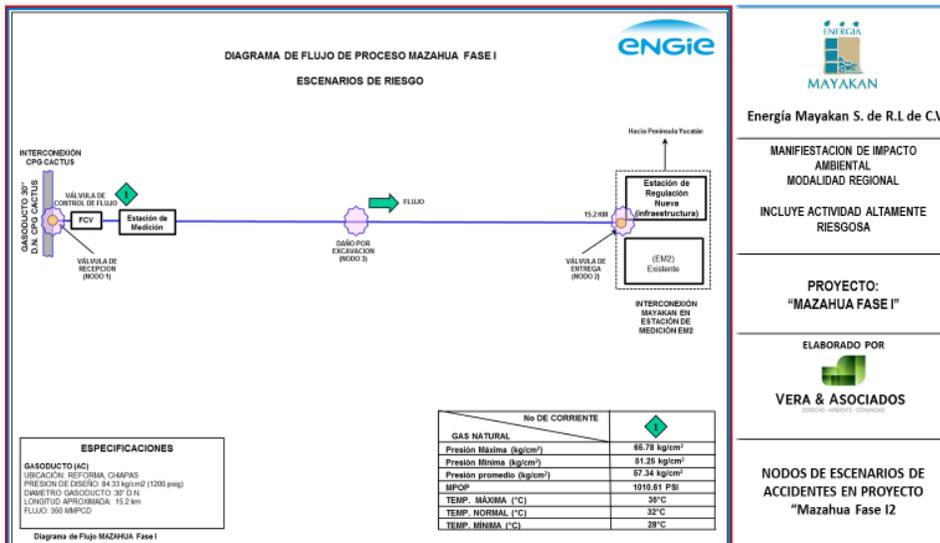
MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL
INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA

PROYECTO:
"MAZAHUA FASE I"

ELABORADO POR
VERA & ASOCIADOS
DERECHO · AMBIENTE · COMUNIDAD

ESQUEMA DE INTERCONEXION ENTRE INFRAESTRUCTURAS PROYECTO MAZAHUA FASE I

Fig.I. 7. Selección de Nodos.



ENERGIÁ MAYAKAN S. DE R.L. DE C.V.

MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL
INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA

PROYECTO:
"MAZAHUA FASE I"

ELABORADO POR
VERA & ASOCIADOS
DERECHO · AMBIENTE · COMUNIDAD

NODOS DE ESCENARIOS DE ACCIDENTES EN PROYECTO "Mazahua Fase I2"

Relación de Nodos determinados para la realización del análisis:

1. Válvula de **RECEPCION** de gas natural, en su interconexión con ducto de CPG- Cactus, diámetro de 30" D.N. en Acero al Carbón que suministra el gas natural a la llegada de la EM No.1, a una presión de operación de 57.34 kg/cm², localizada en el tramo 1 km 0+000.

2. Ducto principal de gas natural, en su **tramo transporte** del km 15.47, tubería de acero al carbón de 30" DN, a una presión de operación de 57.34 kg/cm² y una temperatura normal de 32 °C.
3. Válvula de **ENTREGA** de gas natural, en su interconexión con ducto de Energía Mayakan en su ER, diámetro de 30" D.N., en Acero al Carbón que suministra el gas natural a la llegada de la ER No.2, a una presión de operación de 57.34 kg/cm², localizada en el tramo 16 km 0+000.

1.3.2.2. Evaluación y Jerarquización de Riesgos y descripción general de la técnica utilizada

La técnica utilizada para identificar los riesgos en las áreas operativas se describe a continuación:

- Método Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP)

La metodología HAZOP es una técnica cualitativa para la identificación de riesgos. El método involucra, la investigación de desviaciones de procesos o equipos, realizado por un grupo de individuos con experiencia en las diferentes áreas tales como; ingeniería, producción, mantenimiento, química y seguridad.

Se identifican tanto riesgos como problemas de operabilidad, más del 80% de las recomendaciones del estudio son problemas de operabilidad y no de por sí, problemas de riesgo, estos problemas se deben examinar, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El procedimiento HAZOP, involucra tener una descripción y documentación completa de la planta o proceso a realizar (en este caso un gasoducto), y sistemáticamente cuestionar cada parte, para identificar como se pueden producir desviaciones del intento de diseño.

Una vez identificados, se hace una evaluación, para determinar si tales desviaciones y sus consecuencias, pueden tener un efecto negativo en la seguridad y operación eficiente del gasoducto.

El HAZOP aporta recomendaciones de seguridad adicionales a la revisión de sistemas y equipos, además permite identificar acciones críticas y debe ser una lista en forma que permita evaluar o recomendar acciones para remediar la situación.

Los resultados tabulados de tabla que contengan los hallazgos del equipo, los cuales incluyen la identificación de los riesgos del proceso, los problemas operativos, las causas, las consecuencias, las salvaguardas y las recomendaciones.

Tabla I. 8. Nodo 1. Válvula de RECEPCIÓN de gas natural, en su interconexión con ducto de CPG- Cactus, diámetro de 30" D.N

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos

Parámetro: FLUJO

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo en el gasoducto. 	<ul style="list-style-type: none"> El Gasoducto de CPG-Cactus dejó de suministrar Gas Natural; Falla en alguno de los componentes de sierra rápido; Ruptura total del gasoducto interconectado al gasoducto de Interconexión. 	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción del suministro de Gas a MAYAKAN Pérdidas ocasionadas por paro de equipos y por consecuencia en la producción; Fuga de Gas Natural en tubo de alimentación con riesgo de incendio si entra en contacto con una fuente de ignición. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM No1. Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar el programa de mantenimiento y registrar las actividades en bitácora; Contar con registros de las verificaciones a realizar en cada inspección; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de Gas; Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio (fijo y móvil) ubicado en la EM, por lo menos una vez al año, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Menos flujo en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga en el Gasoducto propiedad de CPG-Cactus 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si el Gas entra en contacto con una fuente de ignición. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM No1. Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas; Procedimiento para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de Gas.
Más	<ul style="list-style-type: none"> Mayor flujo en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de presión en el Gasoducto de suministro. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de Gas en bridas y uniones; Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición; 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM No1. Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión. Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión;

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas. Pérdidas económicas y fallas en los componentes y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de Gas

Tabla I.9. Nodo 1 Válvula de RECEPCIÓN de gas natural, en su interconexión con ducto de CPG- Cactus, diámetro de 30" D.N

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos

Parámetro: TEMPERATURA

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la Temperatura del Gas en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Descompresión del Gasoducto de suministro, debido a una fuga de Gas en gasoducto de suministro. 	<ul style="list-style-type: none"> Activación de las válvulas de control por baja presión; Falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM Revisión diaria del punto de conexión del gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores Temperatura; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de Gas; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación del ducto de interconexión
Más	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la Temperatura del Gas en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la presión de suministro debido a agentes externos, tales como un incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de Gas en bridas y uniones; Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo; Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición; 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la City Gate; Revisión diaria (celaje) del derecho de vía del gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de temperatura y presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de Gas

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas; Pérdidas económicas fallas en los componentes y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación de la sección de interconexión

Tabla I.10. Nodo 1 Válvula de RECEPCIÓN de gas natural, en su interconexión con ducto de CPG- Cactus, diámetro de 30" D.N

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos

Parámetro: PRESIÓN

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> No hay presión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> El gasoducto de CPG-Cactus dejó de suministrar Gas. Fuga de Gas en Gasoducto de suministro; Válvula de Recepción cerrada por descuido de los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo en tubería; Se interrumpe el flujo de suministro de Gas Natural al ducto de interconexión. Pérdidas económicas ocasionadas por el paro de equipos y por consecuencia de la producción. Riesgo de incendio si el Gas entra en contacto con una fuente de ignición. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM Revisión diaria en la EM y en gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de Presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de Gas; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Descompresión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de Gas en el Gasoducto de suministro. Válvula de esfera parcialmente cerrada por descuido de los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si el Gas entra en contacto con una fuente de ignición; Accionamiento de las válvulas de control por baja presión en la City Gate. Falla en los trenes de regulación por no cumplirse 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la City Gate; Revisión diaria vía inspección en la ERM y en el gasoducto. Procedimiento para el incremento de la presión de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de Presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			las condiciones normales de operación.	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> reportar cualquier falla en el suministro de Gas; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.
Más	<ul style="list-style-type: none"> Sobre presión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la temperatura del Gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio, provocando alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de Gas en bridas y uniones; Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo. Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición. Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas. Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM Revisión diaria vía Inspección del gasoducto. Procedimiento para el incremento de la presión de operación. Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores presión. Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de Gas. Aislar la EM, de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación. Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.

Tabla I. 11. Nodo 1 Válvula de RECEPCIÓN de gas natural, en su interconexión con ducto de CPG- Cactus, diámetro de 30" D.N

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos
Parámetro: MANTENIMIENTO

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia de mantenimiento en la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> No existe un programa de mantenimiento establecido; Falta de supervisión y control en la operación de la EM 	<ul style="list-style-type: none"> Afectaciones a la tubería por corrosión; Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación; Gastos de operación por pérdidas ocasionadas en tuberías y accesorios; Generación de fugas por desgaste del material en tubería de acero y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento. Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego; Sistema para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas; Sistema contra incendio instalado en la EM Revisión diaria vía inspección del derecho de vía del gasoducto; 	<ul style="list-style-type: none"> Poner en práctica, y asegurarse que el programa de mantenimiento esté debidamente identificado y que contemple todas las actividades de mantenimiento a realizar en la EM así como los responsables del mismo y la frecuencia de su aplicación. Llevar registros en bitácora de cada una de las actividades a realizar en la ejecución del programa de mantenimiento. Elaborar y poner en práctica un programa de capacitación dirigido al personal operativo, en relación a los procedimientos establecidos para la ejecución de las actividades de mantenimiento. Asegurar la correcta operación de los sistemas contra incendio instalados en la EM Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación de la EM
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de mantenimiento insuficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento deficiente (falta de calendarización de actividades, acciones incompletas, falta de actividades preventivas, principalmente). 	<ul style="list-style-type: none"> Incertidumbre en la operación eficiente de la EM Presencia de corrosión y aumento del riesgo por fugas. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento. Procedimientos para la atención de fugas con o sin fuego. Sistema contra incendio instalado en la EM Revisión diaria vía inspección del derecho de vía del gasoducto; 	<ul style="list-style-type: none"> Definir un responsable de la elaboración y ejecución del programa de mantenimiento, así como un supervisor que asegure la correcta aplicación del mismo. Evaluar constantemente al personal, de manera que se asegure la eficiente capacidad de respuesta, ante una emergencia o simplemente para la ejecución de las actividades de mantenimiento, con el fin de prevenir la afectación a la instalación, debido a maniobras erróneas por parte de los operadores.
Otro que	<ul style="list-style-type: none"> Daños involuntarios del personal al aplicar las actividades de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de capacitación del personal operativo. 	<ul style="list-style-type: none"> Afectación a la integridad mecánica de la instalación; Gastos de operación por fallas humanas. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento; Procedimiento "Metodología para la limpieza interior de gasoductos"; 	

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
				<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el manejo e instalación de tubería de acero. 	

Tabla I. 12. Nodo 1 Válvula de RECEPCIÓN de gas natural, en su interconexión con ducto de CPG- Cactus, diámetro de 30" D.

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos

Parámetro: CORROSIÓN

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Más	<ul style="list-style-type: none"> Exceso de corrosión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de aplicación del programa de mantenimiento; Deficiencia en las verificaciones diarias del gasoducto. 	<ul style="list-style-type: none"> Ruptura de las líneas de gas en caso de existir una sobrepresión; Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación; Riesgo de incendio en caso de existir fugas de gas que entren en contacto con una fuente de ignición; Pérdidas económicas debido a la falla de los materiales de accesorios y líneas de conducción. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa para mantenimiento de la EM Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego; Sistema para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas; Sistema contra incendio instalado en la EM Revisión diaria punto de conexión del gasoducto. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar y poner en práctica una lista de verificación de tuberías, con el objeto de llevar un control en cuanto a la integridad mecánica de las mismas; Asegurar la correcta aplicación del programa de mantenimiento establecido; Las actividades de verificación visual, se deberán realizar diariamente, y al detectar alguna anomalía en la instalación, actuar correctamente con apego a los procedimientos establecidos; El recubrimiento de la tubería deberá ser epóxico, resistente a las condiciones de humedad y temperatura registradas en la zona donde se ubicará la EM

Tabla I. 13 Nodo 2 Ducto principal de gas natural, en su tramo de transporte de los 16 km, tubería de acero al carbón de 30" DN

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: FLUJO

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo en el gasoducto. 	<ul style="list-style-type: none"> El gasoducto de dejó de suministrar gas natural a través del ducto de interconexión Falla en alguno de los componentes de sierra rápido; Ruptura total del gasoducto interconectado en algún punto después de la EM. 	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción del suministro de gas a Energía Mayakan; Pérdidas ocasionadas por paro de equipos y por consecuencia en la producción en usuarios finales; Fuga de gas natural en tubo de alimentación con riesgo de incendio si entra en contacto con una fuente de ignición (Nube explosiva y/o JetFire) 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado desde la EM brinda protección aguas abajo. Revisión diaria de tubería en cuarto de control del gasoducto; Procedimiento para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar el programa de mantenimiento y registrar las actividades en bitácora; Contar con registros de las verificaciones a realizar en cada inspección. Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del proveedor para reportar cualquier falla en el suministro de Gas; Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio (fijo y móvil) ubicado en la EM, por lo menos una vez al año, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Menos flujo en el gasoducto de interconexión 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga en el Gasoducto. 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si el Gas entra en contacto con una fuente de ignición. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM Revisión diaria de tubería en cuarto de control del gasoducto; Procedimiento para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del proveedor externo para reportar cualquier falla en el suministro de Gas;
Mas	<ul style="list-style-type: none"> Mayor flujo en el gasoducto 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de presión en el Gasoducto de suministro. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en el cuerpo del ducto o soldaduras; 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado monitoreado 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión;

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
	de alimentación.		<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición. Nube Explosiva y/o JetFire Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas. Pérdidas económicas fallas en los componentes y accesorios de la EM. 	<ul style="list-style-type: none"> desde Cuarto de Control. Revisión diaria de las tuberías del gasoducto desde cuarto de control; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del proveedor externo para reportar cualquier falla en el suministro de Gas Alarma de Detección inmediata en cuarto de control por baja presión en ducto.

Tabla I. 5. Nodo 2 Ducto principal de gas natural, en su tramo de transporte de los 16 km, tubería de acero al carbón de 30" DN

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: TEMPERATURA

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Menos	Disminución de la Temperatura del gas en el gasoducto de alimentación.	Descompresión del ducto de suministro, debido a una fuga de gas en ducto de interconexión.	<ul style="list-style-type: none"> Activación de las válvulas de control por baja presión; Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición. Falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la EM y cuarto de control de ducto. Revisión diaria de tubería del gasoducto en cuarto de control.; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores Temperatura; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del proveedor para reportar cualquier falla en el suministro de gas;

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
				<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación de la ERM.
Más	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la Temperatura del gas en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la presión de suministro debido a agentes externos, tales como un incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en bridas y uniones; Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo; Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición; Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas; Pérdidas económicas fallas en los componentes y accesorios de la EM. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la City Gate; Revisión diaria de tubería del gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de temperatura y presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de oficinas del proveedor para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Aislar la EM 1 y ER 2, de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación del ducto (Trabajos en proximidades del ducto)

Tabla I. 15. Nodo 2 Ducto principal de gas natural, en su tramo de transporte de los 15.47km, tubería de acero al carbón de 30" DN

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: PRESION

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> No hay presión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> El gasoducto en el tramo de los 15.47 km no hay presión en el suministro de gas hacia la ER 2. Fuga de gas en Gasoducto de suministro; Válvula de Recepción cerrada por descuido de los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo en tubería; Se interrumpe el flujo de suministro de gas Natural al ducto de interconexión. Pérdidas económicas ocasionadas por el paro de equipos y por consecuencia de la producción. Riesgo de incendio si el gas fugado entra en contacto con una fuente de ignición. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER Revisión diaria en la ER y en gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de Presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Alarma de ausencia de presión en cuarto de control del ducto. Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Descompresión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en el Gasoducto de suministro. Válvula de esfera parcialmente cerrada por descuido de los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición; Nube explosiva y/o JetFire Accionamiento de las válvulas de control por baja presión en la ER. Falla en los trenes de regulación por no cumplirse las condiciones normales de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la City Gate; Revisión diaria vía inspección en la ER y en el gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de Presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.
Más	<ul style="list-style-type: none"> Sobre presión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la temperatura del gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio, provocando alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en bridas y uniones; Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER Revisión diaria vía Inspección del gasoducto; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores presión;

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			<p>sobrepasa la resistencia mecánica del mismo;</p> <ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición; Nube Explosiva y/o JetFire Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas; Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Aislar la ER, de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.

Tabla I. 16. Nodo 2 Ducto principal de gas natural, en su tramo de transporte de los 16 km, tubería de acero al carbón de 30" DN

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: MANTENIMIENTO

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia de mantenimiento en la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> No existe un programa de mantenimiento establecido; Falta de supervisión y control en la operación desde la ER y cuarto de control de ducto. 	<ul style="list-style-type: none"> Afectaciones a la tubería por corrosión; Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación; Gastos de operación por pérdidas ocasionadas en tuberías y accesorios; Generación de fugas por desgaste del material en tubería de acero y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento. Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego; Sistema para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas; 	<ul style="list-style-type: none"> Poner en práctica, y asegurarse que el programa de mantenimiento esté debidamente identificado y que contemple todas las actividades de mantenimiento a realizar en el ducto de interconexión, así como los responsables del mismo y la frecuencia de su aplicación. Llevar registros en bitácora de cada una de las actividades a realizar en la ejecución del programa de mantenimiento.

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
				<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado desde la ER y monitoreo en el cuarto de control. Revisión diaria (celaje) del derecho de vía del gasoducto; 	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar y poner en práctica un programa de capacitación dirigido al personal operativo, en relación a los procedimientos establecidos para la ejecución de las actividades de mantenimiento. Asegurar la correcta operación de los sistemas contra incendio instalados en la ER y ducto.
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de mantenimiento insuficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento deficiente (falta de calendarización de actividades, acciones incompletas, falta de actividades preventivas, principalmente). 	<ul style="list-style-type: none"> Incertidumbre en la operación eficiente de la City Gate; Presencia de corrosión y aumento del riesgo por fugas. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento. Procedimientos para la atención de fugas con o sin fuego. Sistema contra incendio instalado en la ER y el ducto. Revisión diaria (inspección) del derecho de vía del gasoducto; 	<ul style="list-style-type: none"> Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación del ducto. Definir un responsable de la elaboración y ejecución del programa de mantenimiento, así como un supervisor que asegure la correcta aplicación del mismo. Evaluar constantemente al personal, de manera que se asegure la eficiente capacidad de respuesta, ante una emergencia o simplemente para la ejecución de las actividades de mantenimiento, con el fin de prevenir la afectación a la instalación, debido a maniobras erróneas por parte de los operadores.
Otro que	<ul style="list-style-type: none"> Daños involuntarios del personal al aplicar las actividades de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de capacitación del personal operativo. Falta de conocimiento y habilidades de contratistas. 	<ul style="list-style-type: none"> Afectación a la integridad mecánica de la instalación; Gastos de operación por fallas humanas. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento; Procedimiento "Metodología para la limpieza interior de gasoductos"; Procedimiento para el manejo e instalación de tubería de acero. 	

Tabla I. 17. Nodo 2 Ducto principal de gas natural, en su tramo de transporte de los 16 km, tubería de acero al carbón de 30" DN

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: CORROSION

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Más	<ul style="list-style-type: none"> Exceso de corrosión en el gasoducto de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de aplicación del programa de mantenimiento; Deficiencia en las verificaciones diarias del gasoducto. 	<ul style="list-style-type: none"> Ruptura de las líneas de gas en caso de existir una sobrepresión; Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación; Riesgo de incendio en caso de existir fugas de gas que entren en contacto con una fuente de ignición; Pérdidas económicas debido a la falla de los materiales de accesorios y líneas de conducción. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa para mantenimiento de la ER Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego; Sistema para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas; Sistema contra incendio instalado en la ER Revisión diaria punto de conexión del gasoducto. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar y poner en práctica una lista de verificación de tuberías, con el objeto de llevar un control en cuanto a la integridad mecánica de las mismas; Asegurar la correcta aplicación del programa de mantenimiento establecido; Las actividades de verificación visual, se deberán realizar diariamente, y al detectar alguna anomalía en la instalación, actuar correctamente con apego a los procedimientos establecidos; El recubrimiento de la tubería deberá ser epóxico, resistente a las condiciones de humedad y temperatura registradas en la zona donde se ubicará la ER.

Tabla I. 6. Nodo 3 Válvula de ENTREGA de gas natural, en su interconexión con ducto de Energía Mayakan en su ER No.2, diámetro de 30" D.N.,

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: FLUJO

GUIA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo de gas natural hacia Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> El gasoducto desde su ER dejo de alimentar gas natural al ducto Energía Mayakan Falla en alguno de los componentes de sierra rápido en controles de la ER No. 2 Ruptura total del gasoducto en la unión con Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción del suministro de gas a MAYAKAN Pérdidas ocasionadas por paro de equipos y por consecuencia en la producción; Fuga de gas natural en tubo de alimentación con riesgo de incendio si entra en contacto con una fuente de ignición. Posible Nube Explosiva y/o JetFire. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER No. 2. Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar el programa de mantenimiento y registrar las actividades en bitácora; Contar con registros de las verificaciones a realizar en cada inspección; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio (fijo y móvil) ubicado en la ER No.2, por lo menos una vez al año, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Menos flujo en el gasoducto alimentación en sección Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga en el gasoducto a la salida de la ER No.2, hacia Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición. Nube explosiva y/o JetFire 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER No1. Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas; Procedimiento para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de Energía Mayakan y CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas;
Más	<ul style="list-style-type: none"> Mayor flujo en el gasoducto alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de presión en el gasoducto de suministro hacia Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en bridas y uniones; Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición; Riesgo de falla en los trenes de regulación 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la E No. 2. Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión;

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas. Pérdidas económicas y fallas en los componentes y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas

Tabla I.19. Nodo 3 Válvula de ENTREGA de gas natural, en su interconexión con ducto de Energía Mayakan en su ER No.2, diámetro de 30" D.N.

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: TEMPERATURA

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la Temperatura del gas en el gasoducto de alimentación en su a Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> Descompresión del ducto de suministro en la sección de Energía Mayakan, debido a una fuga de gas en salida de la ER. 	<ul style="list-style-type: none"> Activación de las válvulas de control por baja presión; Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición., posible formación de una Nube Explosiva y/o Jet fire. Falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER No.2 y cuarto de control de ducto. Revisión diaria de tubería del gasoducto en cuarto de control.; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores Temperatura; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del proveedor para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación de la E No.2
Más	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la Temperatura del gas 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la presión de suministro debido a agentes 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en bridas y uniones; 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER No.2 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
	en el gasoducto de alimentación.	<p>externos, tales como un incendio.</p> <ul style="list-style-type: none"> Descontrol de presión en la salida de la Válvula de alimentación desde la ERM No.1 	<ul style="list-style-type: none"> Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo; Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición, posible nube Explosiva y/o JetFire. Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas; Pérdidas económicas fallas en los componentes y accesorios de la ER No.2 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión diaria de tubería del gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<p>atender incrementos y decrementos de presión;</p> <ul style="list-style-type: none"> Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de temperatura y presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de oficinas del proveedor para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Aislar la EM 1 y ER 2, de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación del ducto (Trabajos en proximidades del ducto)

Tabla I. 20. Nodo 3 Válvula de ENTREGA de gas natural, en su interconexión con ducto de Energía Mayakan en su ER No.2, diámetro de 30" D.N.

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: PRESIÓN

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> No hay presión en el gasoducto de alimentación a Energía Mayakan desde ERM No.2. 	<ul style="list-style-type: none"> El gasoducto de dejó de suministrar gas a Energía Mayakan desde ER No.2 Fuga de gas en Gasoducto de suministro; Válvula de Control de Flujo cerrada por 	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo en tubería; Se interrumpe el flujo de suministro de gas natural al ducto de interconexión. Pérdidas económicas ocasionadas por el paro de equipos y por consecuencia de la producción. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ERNo.2 Revisión diaria en la ER No.2 y en gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de Energía Mayakan y

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
		descuido de los operadores.	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si el gas fugado entra en contacto con una fuente de ignición. 	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Descompresión en el gasoducto de alimentación desde la ERM No. 2 a Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en el Gasoducto de suministro desde ER No. 2 Válvula de Control de flujo parcialmente cerrada por descuido de los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición; Posible Nube Explosiva y/o JetFire Accionamiento de las válvulas de control por baja presión en la ER No.2 Falla en los trenes de regulación por no cumplirse las condiciones normales de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER No.2 Revisión diaria vía inspección en la ER No. 2 y en el gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de Energía Mayakan y CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.
Más	<ul style="list-style-type: none"> Sobre presión en el gasoducto de alimentación desde ER No. 2 a Energía Mayakan. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la temperatura del gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio, provocando alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga de gas en bridas y uniones; Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo; Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición; Nube Explosiva y/o JetFire Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas; Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema contra incendio instalado en la ER No.2 Revisión diaria vía Inspección del gasoducto; Procedimiento para el incremento de la presión de operación; Procedimiento para el decremento de la presión de operación; 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión; Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores presión; Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de Energía Mayakan y CPG-Cactus para reportar cualquier falla en el suministro de gas; Aislar la EM, de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación; Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación.

Tabla I. 21. Nodo 3 Válvula de ENTREGA de gas natural, en su interconexión con ducto de Energía Mayakan en su ER No.2, diámetro de 30" D.N.

Intención: Sistema de Transporte de Gas Natural por ductos.

Parámetro: MANTENIMIENTO

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia de mantenimiento en la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> No existe un programa de mantenimiento establecido; Falta de supervisión y control en la operación de la ER No.2 	<ul style="list-style-type: none"> Afectaciones a la tubería por corrosión; Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación; Gastos de operación por pérdidas ocasionadas en tuberías y accesorios; Generación de fugas por desgaste del material en tubería de acero y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento. Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego; Sistema para la detección y localización de fugas; Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas; Sistema contra incendio instalado en la ERM No.2 Revisión diaria vía inspección del derecho de vía del gasoducto; 	<ul style="list-style-type: none"> Poner en práctica, y asegurarse que el programa de mantenimiento esté debidamente identificado y que contemple todas las actividades de mantenimiento a realizar en la ER No.2 así como los responsables del mismo y la frecuencia de su aplicación. Llevar registros en bitácora de cada una de las actividades a realizar en la ejecución del programa de mantenimiento. Elaborar y poner en práctica un programa de capacitación dirigido al personal operativo, en relación a los procedimientos establecidos para la ejecución de las actividades de mantenimiento. Asegurar la correcta operación de los sistemas contra incendio instalados en la ER No.2 Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación de la ER
Menos	<ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de mantenimiento insuficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento deficiente (falta de calendarización de actividades, acciones incompletas, falta de actividades preventivas, principalmente). 	<ul style="list-style-type: none"> Incertidumbre en la operación eficiente de la ER No.2 Presencia de corrosión y aumento del riesgo por fugas. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento. Procedimientos para la atención de fugas con o sin fuego. Sistema contra incendio instalado en la ER Revisión diaria vía inspección del derecho de vía del gasoducto; 	<ul style="list-style-type: none"> Definir un responsable de la elaboración y ejecución del programa de mantenimiento, así como un supervisor que asegure la correcta aplicación del mismo. Evaluar constantemente al personal, de manera que se asegure la eficiente capacidad de respuesta, ante una emergencia o simplemente para la ejecución de las actividades de mantenimiento, con el fin de prevenir la afectación a la instalación, debido a maniobras erróneas por parte de los operadores.
Otro que	<ul style="list-style-type: none"> Daños involuntarios del personal al aplicar las actividades de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de capacitación del personal operativo. 	<ul style="list-style-type: none"> Afectación a la integridad mecánica de la instalación; Gastos de operación por fallas humanas. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento; Procedimiento "Metodología para la limpieza interior de gasoductos"; 	



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL CON RIESGO
PROYECTO:
"MAZAHUA FASE I"



GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
				<ul style="list-style-type: none">• Procedimiento para el manejo e instalación de tubería de acero.	

I.4. Evaluación y Jerarquización de Riesgo

Como resultado de los análisis realizados en base a las memorias técnico descriptivas y diagramas de instrumentación de las Estaciones de Regulación y Medición (EM y ER), así como gasoductos de transporte, se tomaron en cuenta aquellos sucesos donde estuvieran involucrados los eventos similares ocurridos en otras zonas donde se realizará la instalación del proyecto, por lo que se tomaron en cuenta los accesorios tales como: válvulas de seguridad, medidores, bridas, reguladores y tuberías de conducción, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad.

Para establecer las probabilidades de que se presenten las desviaciones establecidas en cada uno de los nodos, se empleó el método Árbol de Fallas, mediante el software FaultREASE, Arthur D’Little, versión 2.0, metodología que se describe en el siguiente punto. Así mismo con literatura especializada como: Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition, volume I, II y III.

El presente estudio de riesgos fue realizado incluyendo la revisión de los siguientes elementos:

- Las instalaciones del proceso de transporte de gas natural en proyecto “Mazahua Fase I”
- Los procedimientos, la información de materiales y los equipos utilizados en los procesos y operaciones.
- Los Análisis de Riesgo de Proceso (ARP) realizados para el proyecto “Mazahua Fase I” a sus procesos y operaciones.

La metodología aplicada en el Procedimiento de Análisis de Riesgos en Procesos del procedimiento, mismo que se describe a continuación y se muestra en el diagrama incluido al final de la descripción.

1. Identificar las posibles desviaciones y Riesgos Potenciales del Proceso;
2. Identificar los Escenarios Potenciales;

La identificación de los escenarios potenciales o el cómo los eventos no deseados podrían ocurrir, se realizó mediante la aplicación de las metodologías específicas de revisión de peligros de proceso; “Hazop”.

3. Determinar los efectos físicos del incidente;

Esto se llevó a cabo, mediante el análisis de los escenarios potenciales identificados.

4. Determinar el Nivel de la Consecuencia que describa al incidente;

Típicamente una emisión de material o energía puede eventualmente impactar la población, el ambiente o instalaciones y causar un daño de determinado Nivel de Consecuencias. Mediante el análisis de las consecuencias, el equipo o grupo analista establece la categoría del evento no deseado.

Si el nivel de consecuencia para los eventos peligrosos identificados no es obvio, entonces, el nivel de consecuencia de 1 a 5, se define de acuerdo con lo establecido en la Tabla I.22, donde se muestran los criterios para determinar los niveles de consecuencia.

Tabla I. 22.Criterios para determinar el nivel de consecuencia

NIVEL DE CONSECUENCIA	CRITERIO
5	<ul style="list-style-type: none"> - 3 o más fatalidades de trabajadores y/o lesiones incapacitantes permanentes, o - 1 o 2 fatalidades y/o lesiones incapacitantes permanentes a miembros del público en general, o - Cualquier lesión a 3 o más miembros del público general, o - Daño extensivo al medio ambiente fuera del sitio y/o costos de remediación de más de \$10 millones de dólares, o - Daño permanente al hábitat terrestre, agua dulce y/o marino, o - Atención o Respuesta adversa de medios globales de comunicación.

NIVEL DE CONSECUENCIA	CRITERIO
4	<ul style="list-style-type: none"> - 1 o 2 fatalidad de trabajadores y/o lesiones incapacitantes permanentes, o - Heridas serias a 3 o más trabajadores, o - Cualquier herida a 1 o 2 miembros del público general, o - Impacto ambiental significativo y/o costo de remediación entre \$1 y \$10 millones de dólares, o - Daño significativo o de largo plazo al hábitat terrestre, agua dulce y/o marino, - Atención o Respuesta adversa de medios nacionales de comunicación.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Heridas serias a 1 o 2 trabajadores, o - Heridas menores a 3 o más trabajadores, o - Impacto Ambiental Moderado y/o costos de remediación entre 100 mil y un millón de dólares, o - Alto número de quejas de la comunidad, ó - Atención o Respuesta adversa de medios locales de comunicación.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Heridas menores a 1 o 2 trabajadores, o - Impacto ambiental menor con menos de 100 mil dólares en remediación - Emisión por encima del límite de reporte de RETC o - Algunas Quejas de la Comunidad (molestia: ruido, olor, luz) - Sin respuesta adversa del publico
1	<ul style="list-style-type: none"> - Sin efectos adversos a salud de los trabajadores, o - Sin impacto ambiental o - Sin conocimiento del público

5. Evaluar el Nivel de Consecuencia

De acuerdo con la metodología, si la peor consecuencia identificada por el equipo analista de riesgos corresponde a un nivel de consecuencia 1 o 2, entonces el análisis de ese escenario se concluye para que el equipo se enfoque al análisis de eventos con riesgos potenciales más significativos. Para los eventos con niveles de consecuencia 3, 4 y 5, el equipo profundiza en el análisis del riesgo y estima la frecuencia de todas las consecuencias posibles tomando en cuenta la confiabilidad de los sistemas de protección. Cuando se tiene una mejor práctica (RAGAGEP: Buena Práctica de Ingeniería Reconocida y Aceptada Generalmente), esta debe aplicarse al proceso y las diferencias encontradas

convertirse en recomendaciones, no siendo necesario la determinación del nivel de frecuencia y de riesgo para la justificación de estas recomendaciones.

6. Determinar el Nivel de Frecuencia del incidente.

La metodología establece que solo para los riesgos con Niveles de Consecuencias de 3, 4 y 5 se debe determinar el Nivel de Frecuencia.

Para evaluar la frecuencia de ocurrencia de los diferentes eventos que se trata de prevenir, el equipo analista aplica la Tabla I.23, debiendo estimarse y seleccionarse el nivel de frecuencia del 1 al 6 que mejor describa el rango de la frecuencia del evento analizado. Para el cálculo cuantitativo del nivel de frecuencia de una combinación determinada de demanda, falla y efecto, normalmente se usa el Árbol de Fallas para calcular la frecuencia en la que puede ocurrir el evento.

Durante el desarrollo del árbol de fallas, el equipo evalúa el desempeño de los sistemas de protección o respuesta con los que cuenta el sistema, y calcula la frecuencia con la que podría fallar el equipo o sistema en estudio, utilizando los datos de frecuencia de falla conocidos o bien los establecidos en la metodología.

De ser necesario, se utiliza un Árbol de Eventos para evaluar todas las consecuencias que podrían resultar del evento e identificar las consecuencias del mayor Nivel de Riesgo, considerando las medidas de respuesta.

Tabla I. 23. Criterios para determinar el nivel de frecuencia

NIVEL DE FRECUENCIA	CRITERIO	
	CUALITATIVO	CUANTITATIVO
6	Muy Alta	Mayor o igual 1×10^{-2} /año (Más frecuente que 1 vez en 100 años)
5	Alta	Entre 1×10^{-3} y 9.9×10^{-3} /año (Entre 1 en 100 y 1 en 1,000 años)
4	Moderada	Entre 1×10^{-4} y 9.9×10^{-4} /año (Entre 1 en 1000 y 1 en 10,000 años)

NIVEL DE FRECUENCIA	CRITERIO	
	CUALITATIVO	CUANTITATIVO
3	Baja	Entre 1×10^{-5} y 9.9×10^{-5} /año (Entre 1 en 10,000 y 1 en 100,000 años)
2	Muy Baja	Entre 1×10^{-6} y 9.9×10^{-6} /año (Entre 1 en 100,000 y 1 en 1,000,000 de años)
1	Remota	Menos de 1×10^{-6} / año (Menos que 1 vez en 1,000,000 años)

7. Determinar el Nivel de Riesgo del incidente;

El Nivel de Riesgo se obtiene a partir del Nivel de Consecuencia y el Nivel de Frecuencia de acuerdo con lo indicado en la siguiente matriz, donde un Nivel de Riesgo “A” es el más alto Nivel de Riesgo y un nivel “E” es el nivel de más bajo.

Esta evaluación también se utiliza para jerarquizar y establecer las prioridades entre los riesgos identificados y las recomendaciones para su prevención.

Tabla I. 24. Nivel de riesgo

		NIVEL DE RIESGO				
		1	2	3	4	5
F R E C U E N C I A	6	D	C	B	A	A
	5	D	D	B	A	A
	4	D	D	C	B	A
	3	E	D	D	C	B
	2	E	E	E	D	C
	1	E	E	E	D	D
		1	2	3	4	5
		CONSECUENCIA				

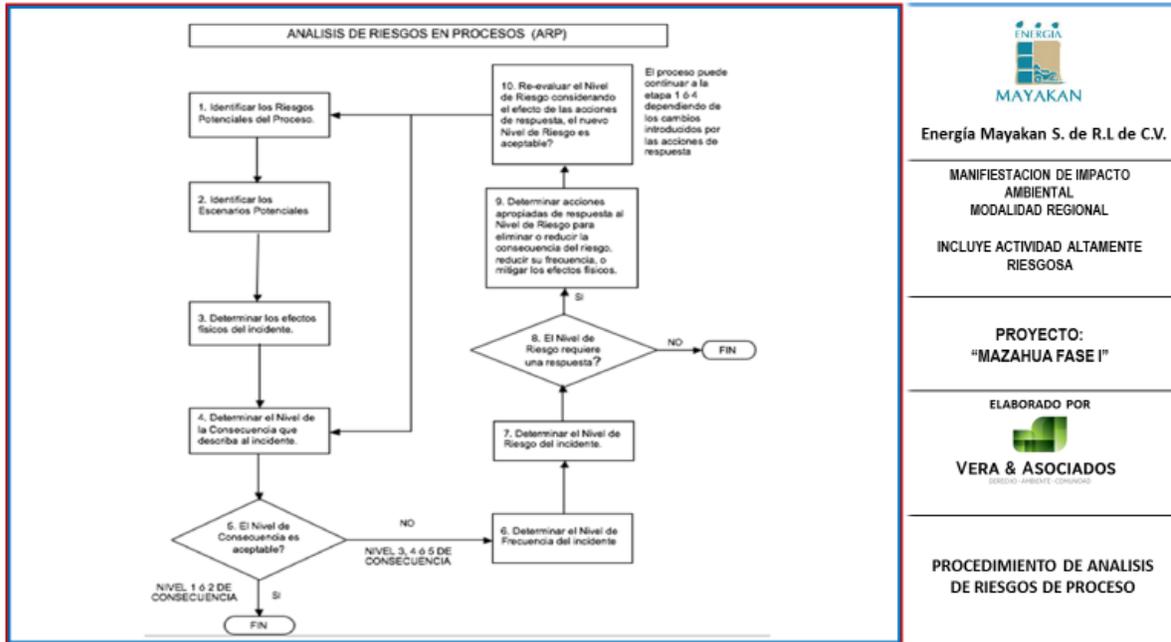
Una vez que se determina el nivel de riesgo, se deben aplicar las acciones cuando se identifican escenarios potenciales que incluyan lesiones, fatalidades o impactos ambientales, de acuerdo a la siguiente Tabla I.25:

Tabla I. 25. Guía de acciones para los riesgos

Nivel de Riesgo	GUIA DE RESPUESTA AL RIESGO
A	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Nivel de Riesgo debe ser reducido. 2. Si el director proyecto conjuntamente con el director de la Unidad de Negocio y el presidente de Operaciones, deciden continuar operando el proceso de transporte en el estado actual hasta que las recomendaciones para reducir el riesgo puedan ser implementadas, entonces el director debe comunicar esta decisión por escrito a un miembro apropiado del consejo de la empresa en un término corto. 3. La operación de un proceso con riesgo A no procederá sin la aprobación por escrito de un miembro apropiado de la alta administración. La aprobación debe ser recibida en otros cinco días laborales.
B	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Nivel de Riesgo puede ser reducido, si es factible. 2. La operación de una instalación con un riesgo B debe ser autorizada por el director de la unidad. 3. Si la decisión es operar la instalación permanentemente en el estado actual, el director de Sitio debe comunicar por escrito esa decisión al director de la Unidad.
C	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Nivel de Riesgo puede ser reducido, si es factible económicamente. 2. La factibilidad económica de la propuesta para reducir el riesgo será determinada por la Administración del Sitio. Se deberá considerar tanto la efectividad de las propuestas en la reducción del riesgo, así como su impacto económico en el negocio.
D	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Nivel de Riesgo puede ser reducido, si es factible económicamente. 2. La factibilidad económica de la propuesta para reducir el riesgo será determinada por el equipo de ARP utilizando las guías que se encuentran en la metodología.
E	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se requiere ninguna acción.

La metodología y técnicas aplicadas se muestran en el siguiente diagrama del Proceso de Análisis de Riesgos en Procesos.

Fig.I. 8. Procedimiento de Análisis de Procesos



I.5. Árbol de Fallas.

El Árbol de Fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados.

El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso y sucesos externos, principalmente.

El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.

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

El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados.

También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

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

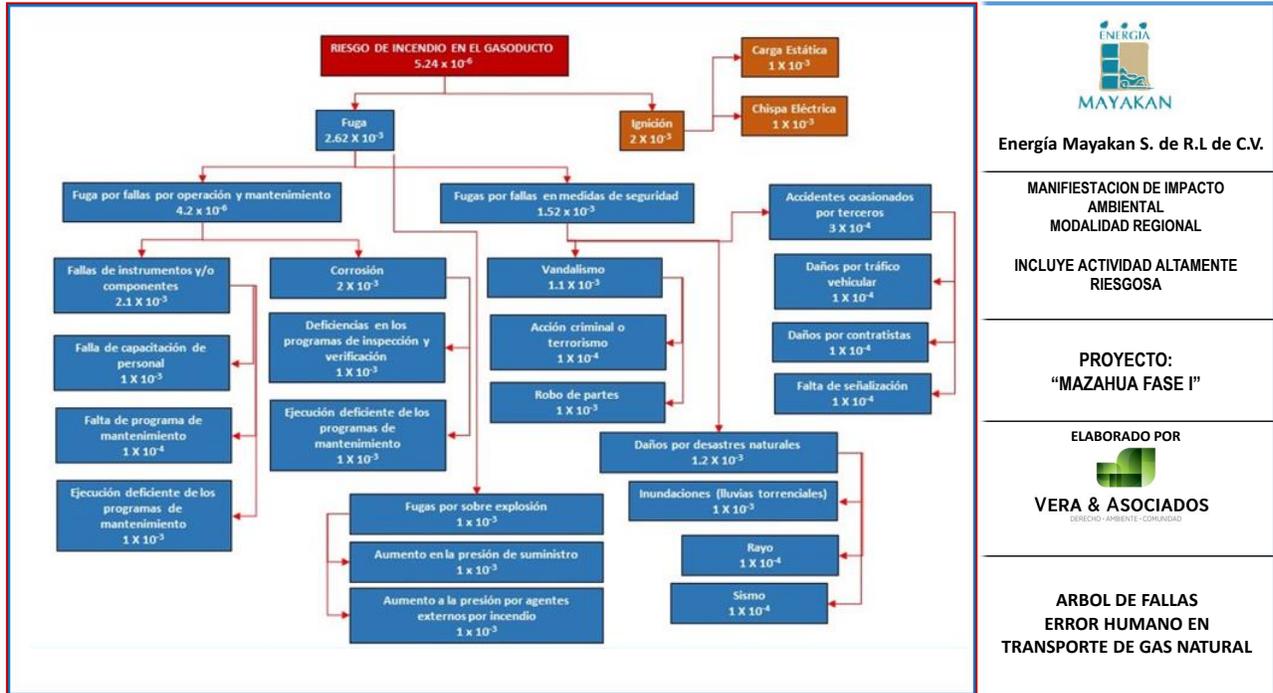
Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, utilizamos el símbolo "AND" y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, usamos la compuerta "OR". Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos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

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

El árbol de fallas es un diagrama lógico que muestra las interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones pueden ser condiciones ambientales o eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema y fallas de componentes específicos.

Así, un árbol de fallas construido coherentemente muestra las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos los cuales pueden guiar a un evento no deseado.

Fig.I. 9. Árbol de fallas, por error humano en transporte de gas natural



I.6. Escenarios a Modelación de Riesgos Ambientales identificados.

Para la selección de los eventos a simular se basó en criterios de peligrosidad de los materiales manejados, los volúmenes de almacenamiento y las condiciones de operación de los procesos. Estos criterios fueron utilizados por los analistas de riesgo dada la naturaleza de las actividades que realizarán en el proyecto “Mazahua Fase I”.

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

Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dispersión en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión.

El grado de dispersión depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

Para determinar los radios potenciales de afectación se utilizó el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ver 5.4.6., desarrollado por la Agencia para la Protección Ambiental (EPA) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) ambos de los Estados Unidos de América.

Los eventos modelados en cada escenario serán; incendio (radiación térmica) y explosión (sobrepresión), de acuerdo con la “Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo” de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La jerarquización de los Riesgos identificados se realizó de acuerdo a las características de peligrosidad de los materiales, las cantidades de manejo en las operaciones de transporte y las condiciones de operación, por lo anterior los radios de afectación se han obtenido para los siguientes escenarios:

Tabla I. 26. Escenarios potenciales de riesgo

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESION Kg/cm2	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACION
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRE-SIONES	RADIACION TERMICA	
I	<i>Evento I. Fuga al 100% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la Válvula de control, debido a una falla en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros</i>	GAS	30	57.34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 53' 47.23" N 93° 12' 7.82" W
	<i>Evento I. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la ERM a través de la Válvula de control, debido a una falla parcial en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	GAS	30	57.34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 53' 47.23" N 93° 12' 7.82" W
II	<i>Evento II. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30", del tramo de 16 km, que inicia a la salida de la EM No. 1 en CPG-Cactus y termina en la Entrada de la ER No.2 en Energía Mayakan, la fuga se presenta en el km 7.5+00 y entre ambos puntos no se cuenta con válvula de seccionamiento.</i>	GAS	30	57.34	0.5	3	✓	✓	✓	17° 50' 59.75" N 93° 11' 31.54" W
III	<i>Evento III. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30", en la unión de la tubería del ducto de Energía Mayakan, que se une con la ER No.2 a través de la Válvula de control, ocurre debido a una falla parcial en las soldaduras en dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	GAS	30	57,34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 50' 52.78" N 93° 7' 47.46" W

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL
ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**



**PRESENTADA ANTE:
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN
AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS**



**PROMOVENTE
Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**

**CAPITULO II
DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS
INSTALACIONES;**

TABLA DE CONTENIDO

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....	4
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	4
II.1.1. Riesgos Ambientales identificados.....	4
II.1.2. Eventos probables de riesgo	7
II.1.3. Resultados de las modelaciones de riesgo.....	9
II.1.4. Interacciones de riesgo	17
II.1.5. Efectos sobre el Sistema Ambiental Regional.....	21
II.1.6. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. II. 1. Evento I al 100% Inflamabilidad.....	11
Fig. II. 2. Evento I al 100% Sobrepresiones	11
Fig. II. 3. Evento I al 100% Radiación Térmica.....	12
Fig. II. 4. Evento I al 20%. Inflamabilidad.....	13
Fig. II. 5. Evento I al 20%. Sobrepresiones	13
Fig. II. 6. Evento I al 20%. Radiación térmica	14
Fig. II. 7. Evento II al 20%. Inflamabilidad.....	14
Fig. II. 8. Evento II al 20%. Sobrepresiones	15
Fig. II. 9. Evento II al 20%. Radiación Térmica.....	15
Fig. II. 10. Evento III al 20%. Inflamabilidad	16
Fig. II. 11. Evento III al 20%. Sobrepresiones	16
Fig. II. 12. Evento III al 20%. Radiación Térmica	17
Fig. II. 13. Zonas de interacción “Mazahua Fase I”	18



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL CON RIESGO
PROYECTO:
"MAZAHUA FASE I"



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. 1. Parámetros de Caracterización de Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento.	4
Tabla II. 2. Escenarios potenciales de riesgo.....	6
Tabla II. 3. Presiones y temperaturas en el Punto de Recepción.	7
Tabla II. 4. Datos Generales de Modelación	7
Tabla II. 5. Radio de afectación ante eventos potencialmente riesgosos del Proyecto	19

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

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

II.1.1. Riesgos Ambientales identificados.

Con base en la guía para la elaboración de estudios de riesgo publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, los valores de los dos parámetros que definen los Radios Potenciales de Afectación son los siguientes:

Tabla II. 1. Parámetros de Caracterización de Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento.

PARAMETRO	ZONAS	
	ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)
Inflamabilidad (Radiación térmica)	5 KW/m ²	1.4 KW/m ²
Explosividad (Sobre Presión)	0.070 Kg/cm ² 1 psig	0.035 Kg/cm ² (0.5 psig)

La huella potencial de peligro es aquella sobre la cual un accidente determinado es capaz de producir algún nivel de consecuencias indeseables. Una zona de vulnerabilidad se define como el área dentro del círculo creada por la rotación de una radio (pétalo) de peligro alrededor de su propio punto de origen.

Excepto para aquellos accidentes que producen huellas de peligro, el área total dentro de una zona de vulnerabilidad no puede ser afectada de manera simultánea por los efectos de un accidente único.

Para la selección de los eventos a simular se basó en criterios de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de almacenamiento, las condiciones de operación o las características de riesgo según su MSDS de las sustancias manejadas. Estos criterios fueron utilizados en los Análisis de Riesgos.

En todo el sistema existe una serie de tuberías, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas la emisión de una sustancia peligrosa a la atmósfera es inmediata.

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

Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión.

El grado de dispersión depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

En materia de la Estabilidad empleada, se tiene que la A, B y C representan las horas diurnas con condiciones inestables. La estabilidad D, los días o noches con cielo cubierto con condiciones neutras. Las estabildades E y F, las condiciones nocturnas estables, y se basan en la cantidad de cobertura de nubes.

Por consiguiente, la clasificación A representa condiciones de gran inestabilidad y la clasificación F, de gran estabilidad.

El criterio que se seguirá para las modelaciones en materia de estabilidad atmosférica para el proyecto “Mazahua Fase I”, será la Estabilidad D.

Para determinar los radios potenciales de afectación, se utilizó el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ver 5.4.6., desarrollado por U.S. Environmental Protection Agency’s Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPPO) y la National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration (NOAA OR&R).

Los eventos modelados en cada escenario fueron incendio (JetFire) y explosión (Nube Explosiva), de acuerdo con la “Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo” de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La jerarquización de los riesgos identificados se realizó de acuerdo a las características de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de manejo y las condiciones de operación, por lo anterior los radios de afectación se obtuvieron para los siguientes escenarios:

Tabla II. 2. Escenarios potenciales de riesgo

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESION Kg/cm2	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACION
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRESIONES	RADIACION TERMICA	
I	<i>Evento I. Fuga al 100% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la Válvula de control, debido a una falla en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros</i>	GAS	30	57.34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 53' 47.23" N
										93° 12' 7.82" W
I	<i>Evento I. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la Válvula de control, debido a una falla parcial en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	GAS	30	57.34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 53' 47.23" N
										93° 12' 7.82" W
II	<i>Evento II. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30", del tramo de 16 km, que inicia a la salida de la EM No. 1 en CPG-Cactus y termina en la Entrada de la ER No.2 en Energía Mayakan, la fuga se presenta en el km 7.5+00 y entre ambos puntos no se cuenta con válvula de seccionamiento.</i>	GAS	30	57.34	0.5	3	✓	✓	✓	17° 50' 59.75" N
										93° 11' 31.54" W
III	<i>Evento III. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30", en la unión de la tubería del ducto de Energía Mayakan, que se une con la ER No.2 a través de la Válvula de control, ocurre debido a una falla parcial en las soldaduras en dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	GAS	30	57,34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 50' 52.78" N
										93° 7' 47.46" W

Las siguientes son las especificaciones técnicas de los sistemas, utilizadas para alimentar el modelo de Aloha 5.4.6.

Tabla II. 3. Presiones y temperaturas en el Punto de Recepción.

INSTALACION	PRESION DEL GAS NATURAL			TEMPERATURA DEL GAS NATURAL		
	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	NORMAL
EM CPG-CACTUS	51.25	65.68	57.34	28	35	32
DUCTO DE 30" EN KM 7.5	51.25	65.78	57.34	28	35	32
ER ENERGIA MAYAKAN	51.25	65.78	57.34	28	35	32

Tabla II. 4. Datos Generales de Modelación

DATOS DE MODELACIÓN	
Velocidad del viento	6 m/s
Substancia	Gas Natural
Diámetro de la Tubería	30" DN
Diámetros orificios	20% y 100%
Presión de Transporte	57.34 kg/cm ² 816 psig
Temperatura	30°C
Estabilidad Atmosférica	D
Humedad relativa	50%
Duración del evento (min)	10

II.1.2. Eventos probables de riesgo

Escenarios de Riesgo de proyecto "Mazahua Fase I" en el manejo del gas natural, transporte como actividad principal.

Evento I. Fuga al 20% y 100% del diámetro nominal, por ruptura de tubería de gas natural de 30", en el interior de la EM No. 1 en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la Válvula de control, ocurre debido a una falla en las soldaduras en dicha sección de la tubería cuya longitud es de 15 metros.

La fuga se presenta en una zona al aire libre considerando que se fugan 41 Kg/seg a una presión de 57.34 Kg/cm² (816 psig), las protecciones operan en 1 minuto y la emergencia dura un total de 10 minutos, tiempo en que se logra controlar la contingencia y se actuaron los protocolos de respuesta a emergencias. El límite inferior de inflamabilidad del material es 4.5 % y el superior 14.5%.

Para este estudio se evaluaron las condiciones de:

- 1). Fuga por línea de 30" pulgadas
- 2). Se modela al 20% y al 100% del DN de la tubería.
- 3). Escenarios de Inflamabilidad y Explosión.
- 4). El cálculo de presión, corresponden a una explosión, suponiendo que el escenario se logra controlar en un tiempo de 5 minutos.

Evento II. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de gas natural de 30", del tramo de 16 km, que inicia a la salida de la EM No. 1 en CPG-Cactus y termina en la entrada de la ER No.2 en Energía Mayakan, la fuga se presenta en el km 7.5+00 y entre ambos puntos no se cuenta con válvula de seccionamiento.

El evento ocurre cuando se estaba desarrollando una actividad planeada de excavación en las proximidades del ducto y por error humano, el operador golpea el medio de transporte causando un orificio del 20% del DN de la tubería.

La fuga se presenta en una zona al aire libre considerando que se fugan 120 Ton, liberadas a una presión de 57.34 Kg/cm² (816 psig), las protecciones operaron en 1 minuto, se cortó el suministro y liberándose lo contenido en el ducto y la emergencia duró aproximadamente 30 minutos, tiempo en que se logra controlar la contingencia y se actuaron los protocolos de respuesta a emergencias.

El límite inferior de inflamabilidad del material es 4.5 % y el superior 14.5%.

Para este estudio se evaluaron las condiciones de:

- 1). Fuga por línea de 30" pulgadas
- 2). Escenarios de Inflamabilidad y Explosión.
- 3). Se modela al 20% del DN de la tubería.
- 4). El cálculo de presión, corresponden a una explosión, suponiendo que el escenario se logra controlarse el suministro en un tiempo de 5 minutos y se mantiene encendido hasta consumirse el contenido.

Evento III. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de gas natural de 30", en la ER No. 2 en la unión de la tubería del ducto de Energía Mayakan, que se une a la ER No.2 a través de la Válvula de control, ocurre debido a una falla parcial en las soldaduras en dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.

La fuga se presenta en una zona al aire libre considerando que se fugan 41 Kg/seg a una presión de 57.34 Kg/cm² (816 psig), las protecciones operan en 1 minuto y la emergencia dura un total de 10 minutos, tiempo en que se logra controlar la contingencia y se actuaron los protocolos de respuesta a emergencias. El límite inferior de inflamabilidad del material es 4.5 % y el superior 14.5%.

Para este estudio se evaluaron las condiciones de:

- 1). Fuga por línea de 30" pulgadas.
- 2). Escenarios de Inflamabilidad y Explosión.
- 3). Se modela al 20% del DN de la tubería.
- 4). El cálculo de presión, corresponden a una explosión, suponiendo que el escenario se logra controlarse el suministro en un tiempo de 5 minutos y se mantiene encendido hasta consumirse el contenido.

II.1.3. Resultados de las modelaciones de riesgo

A continuación, se presentan los resultados de las modelaciones de riesgo (radios de afectación), determinadas a partir de los casos de los árboles de eventos y jerarquización de los riesgos, sin considerar medidas de seguridad y bajo las condiciones de dispersión atmosférica neutrales (D), seleccionando aquellos resultados con los mayores radios de

afectación, las corridas completas para todos los casos se presentan en el Anexo de Modelaciones.

Posterior a la evaluación de riesgo para identificar los eventos que generarían una situación crítica de fuga de gas natural y como consecuencia de haber obtenido las recomendaciones que preventivamente aplicadas reducirán la probabilidad de ocurrencia de los mismos; se procede a realizar la evaluación matemática, empleando para ello el evento que represente la mayor cantidad de material liberado a la atmósfera.

El escenario seleccionado es el que se considera “**Peor Caso**”, es decir la emisión mayor o total del material al medio ambiente y sin algún sistema de control que pudiera mitigar los impactos en el entorno (General Guidance for Risk Management Programs (40 CFR part 68), disponible desde EPA en <http://www.epa.gov/ceppo/>).

Como resultado de la evaluación matemática realizada para la determinación de zonas de alto riesgo y amortiguamiento, se presentan los siguientes **radios de las áreas de afectación** por la emisión a la atmósfera de sustancias peligrosas.

Fig. II. 1. Evento I al 100% Inflamabilidad

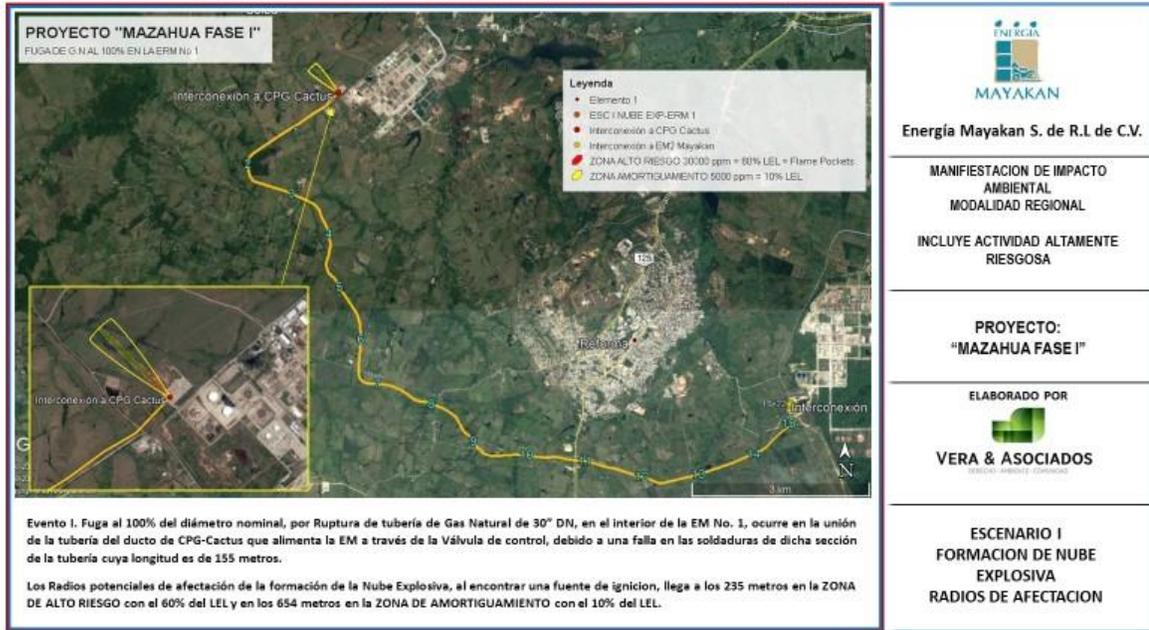


Fig. II. 2. Evento I al 100% Sobrepresiones



Fig. II. 3. Evento I al 100% Radiación Térmica



Fig. II. 4. Evento I al 20%. Inflamabilidad

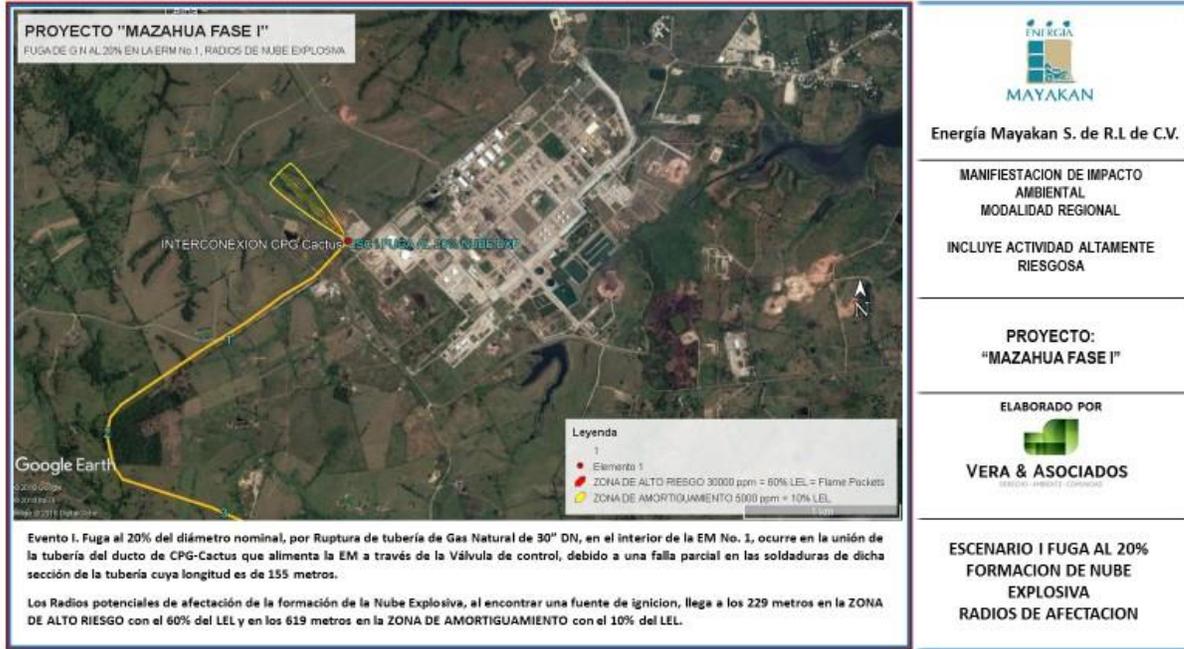


Fig. II. 5. Evento I al 20%. Sobrepresiones



Fig. II. 6. Evento I al 20%. Radiación térmica



Fig. II. 7. Evento II al 20%. Inflamabilidad

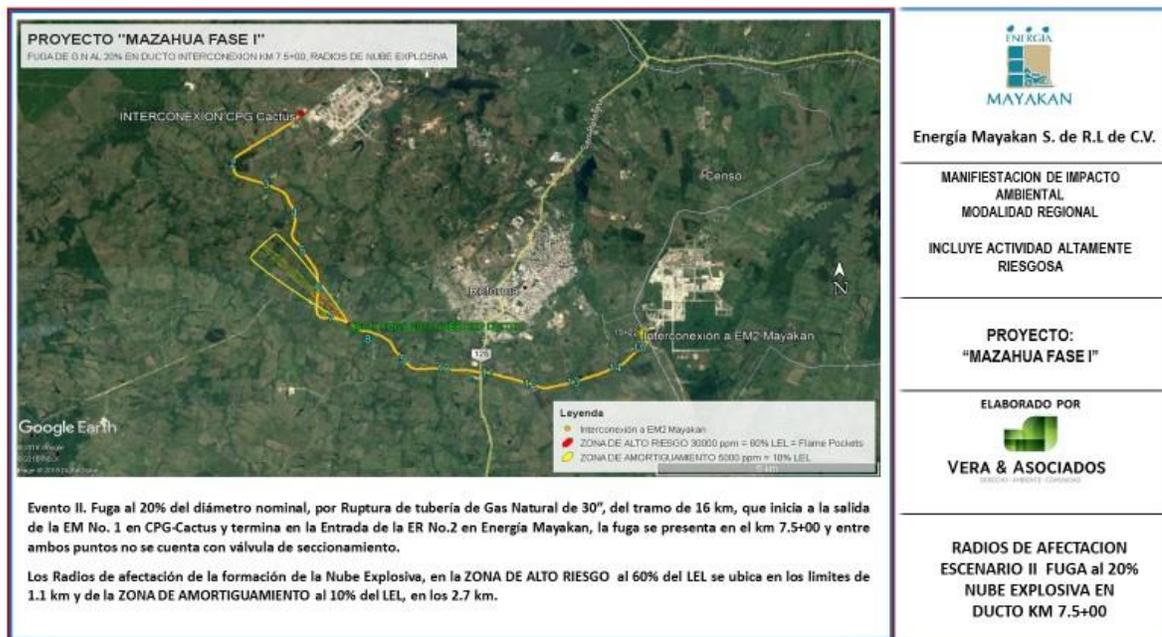


Fig. II. 8. Evento II al 20%. Sobrepresiones

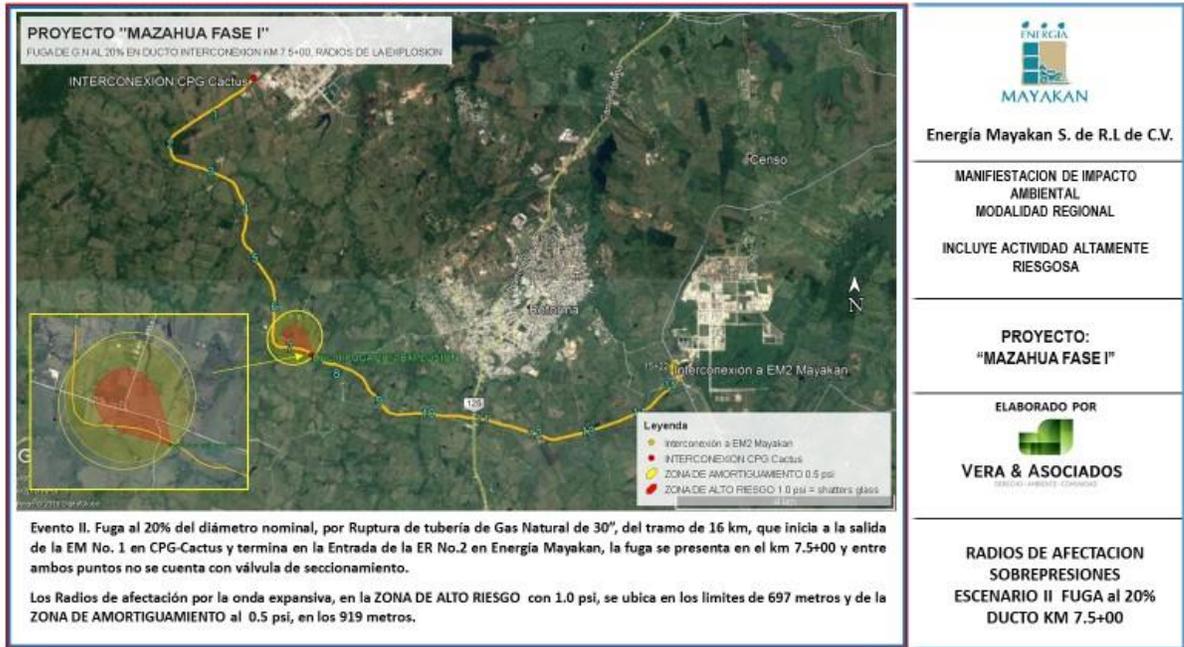


Fig. II. 9. Evento II al 20%. Radiación Térmica

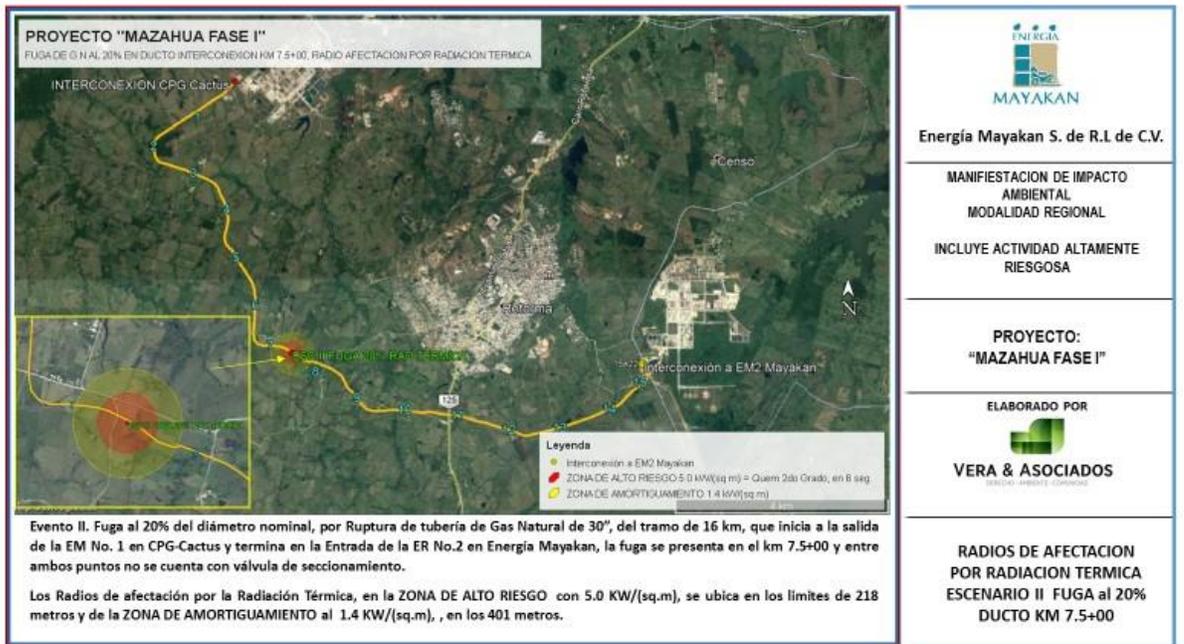


Fig. II. 10. Evento III al 20%. Inflamabilidad

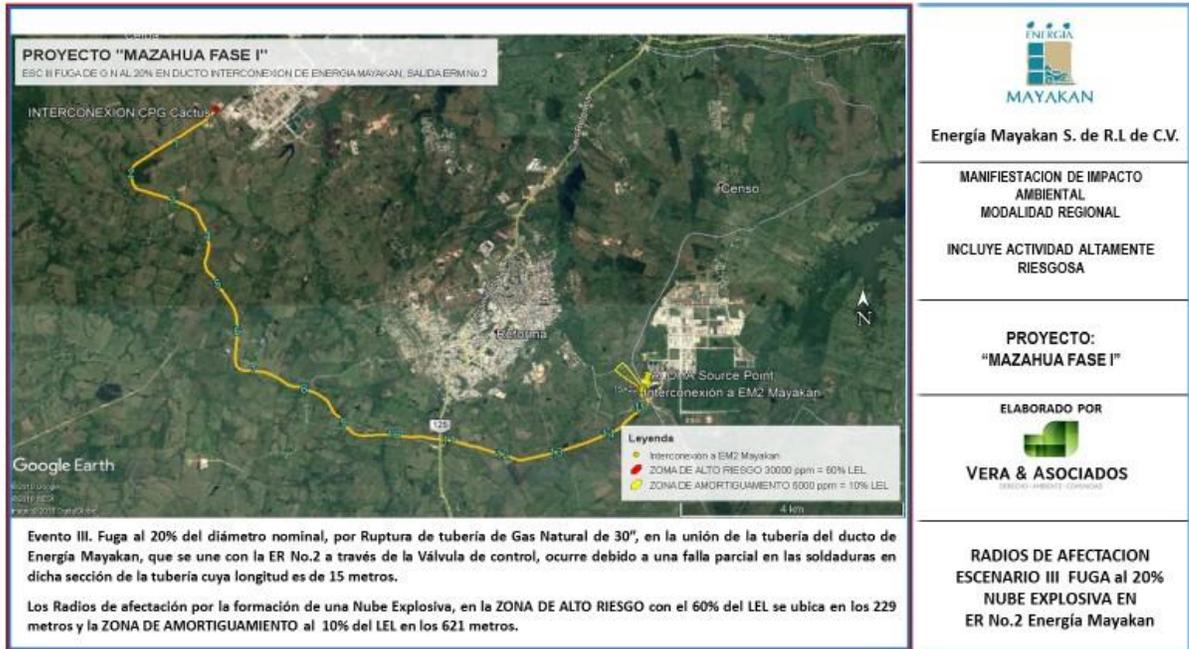
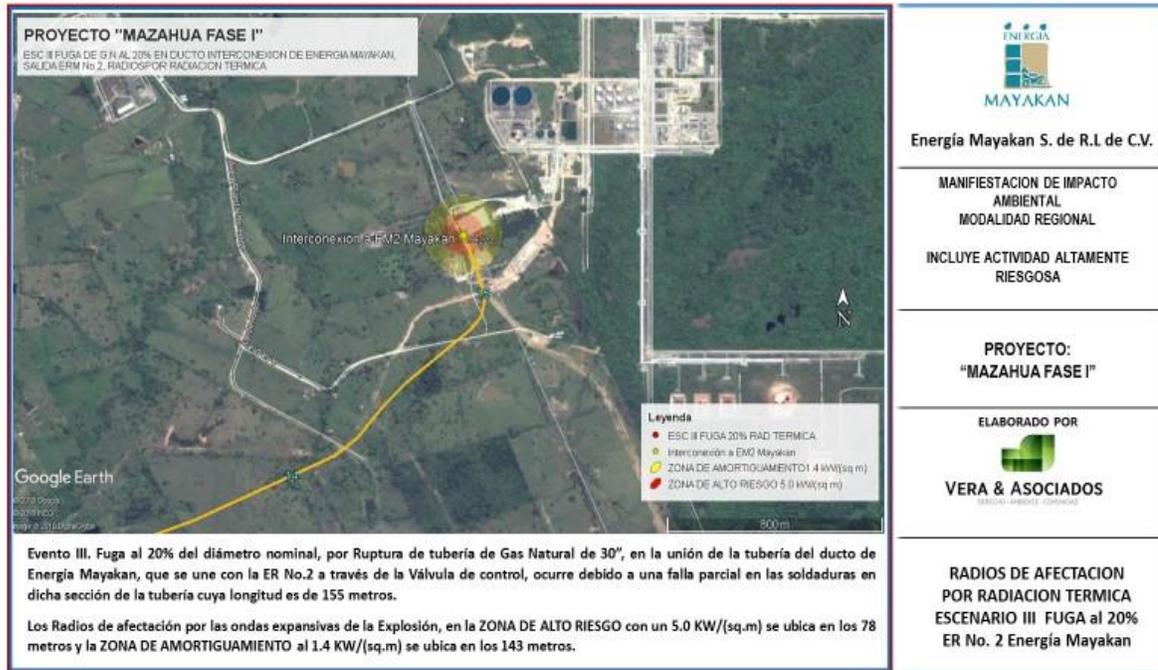


Fig. II. 11. Evento III al 20%. Sobrepresiones



Fig. II. 12. Evento III al 20%. Radiación Térmica



II.1.4. Interacciones de riesgo

Las actividades que se desarrollan en torno a la empresa, en una franja de caracterización de 500 metros del centro del eje de ducto, son predominantemente de agricultura, ganaderas y petroleras, aunque a la parte NO de la ER No.2 (Mayakan) se encuentra a 2.5 km la población de Reforma Chiapas, y a 3 km de la EM No.1 (CPG-Cactus) lado Sureste de la misma.

Entre la empresa y las áreas urbanas se encuentra vegetación de tipo agricultura la cual sirve como protección y amortiguamiento al mismo y la colonia más cercana se encuentra a 3 km y está separada del establecimiento por el DDV y la franja de Caracterización.

De la evaluación matemática realizada en el Estudio de Riesgo, y de los escenarios de liberación de la única sustancia química utilizadas (gas natural) se identifica como las zonas de mayor riesgo de impacto, las instalaciones industriales de CPG-Cactus y la de Nuevo Pemex.

Las interacciones de riesgo son las acciones recíprocas, influencias o efectos de riesgo, a las que de forma general pueden estar expuestas las instalaciones del proyecto, que se encuentren dentro de una zona de alto riesgo y amortiguamiento de radiación térmica o sobrepresión del evento más probable de ocurrencia (orificio del 20% DN), por condiciones o actividades externas, tales como: cruces con caminos, carreteras, ductos o vías de ferrocarriles; cercanía de comunidades o centros de concentración masiva de personas, y la cercanía de instalaciones con actividades de alto riesgo.

Zonas Vulnerables.

Los impactos adversos esperados se relacionan con la liberación accidental de la sustancia química peligrosa, incendios, explosiones y efectos de radiación térmica, que conlleven a suscitar emergencias relacionadas con la operación de la empresa del ducto de interconexión; sin embargo, ninguna de las modelaciones impacta directamente con las ya existentes.

De la evaluación matemática realizada en el presente Estudio de Riesgo y, de los escenarios de liberación de las sustancias químicas que allí se manejan, se identifica como la zona de potencial riesgo por su cercanía, la población de Reforma Chiapas; sin embargo, los efectos modelados en todos los casos no interactúan con la población, mas bien son limitados a impactos internos.

Fig. II. 13. Zonas de interacción "Mazahua Fase I"

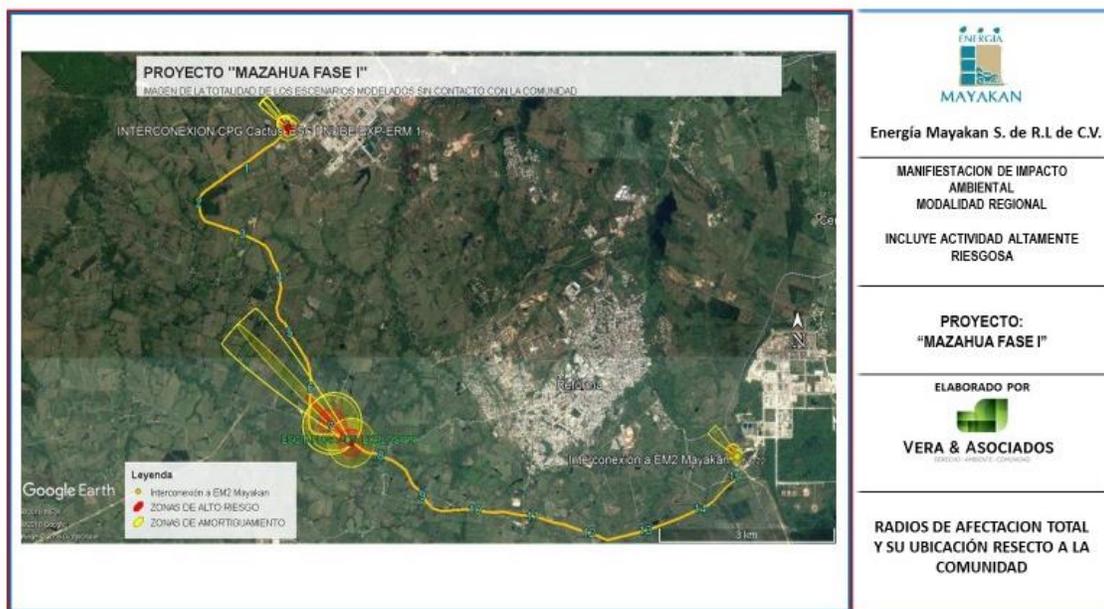


Tabla II. 5. Radio de afectación ante eventos potencialmente riesgosos del Proyecto

EVENTO	DESCRIPCION	RADIOS DE AFECTACION INFLAMABILIDAD (m)		RADIOS DE AFECTACION SOBREPRESIONES (m)		RADIOS DE AFECTACION RADIACION TERMICA (m)	
		ZAR (60% LEL)	ZA (10% LEL)	ZAR: 1.0 PSI	ZA: 0.5 PSI	ZAR (5 KW/(sq m))	ZA (1.4 KW/(sq m))
I	Evento I. Fuga al 100% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la Válvula de control, debido a una falla en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros	235	634	192	224	117	213
	Evento I. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la Válvula de control, debido a una falla parcial en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.	229	619	176	218	74	137

EVENTO	DESCRIPCION	RADIOS DE AFECTACION INFLAMABILIDAD (m)		RADIOS DE AFECTACION SOBREPRESIONES (m)		RADIOS DE AFECTACION RADIACION TERMICA (m)	
		ZAR (60% LEL)	ZA (10% LEL)	ZAR: 1.0 PSI	ZA: 0.5 PSI	ZAR (5 KW/(sq m))	ZA (1.4 KW/(sq m))
II	Evento II. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30", del tramo de 16 km, que inicia a la salida de la EM No. 1 en CPG-Cactus y termina en la Entrada de la ER No.2 en Energía Mayakan, la fuga se presenta en el km 7.5+00 y entre ambos puntos no se cuenta con válvula de seccionamiento.	1,100	2,700	697	919	218	401
III	Evento III. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30", en la unión de la tubería del ducto de Energía Mayakan, que se une con la ER No.2 a través de la Válvula de control, ocurre debido a una falla parcial en las soldaduras en dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.	229	621	188	220	78	143

II.1.5. Efectos sobre el Sistema Ambiental Regional

El Sistema Ambiental Regional (SAR) en donde se pretende desarrollar el proyecto “**Mazahua FASE I**” presenta varios ecosistemas históricamente modificados por la actividad humana y la implantación de áreas urbanas, agricultura, área sin vegetación aparente, áreas urbanas, bosque bajo-abierto, pastizal cultivado, pastizal inducido, pastizal natural, riego suspendido, selva baja caducifolia y subcaducifolia, selva baja espinosa, vegetación de dunas costeras, vegetación de galería y vegetación halófila y gipsófila, como ya se ha descrito en el Capítulo IV de la MIA-R.

Los impactos adversos esperados se relacionan con la liberación accidental de la sustancia manejada en la empresa, pudiéndose llegar a afectar a las instalaciones de la misma, a su personal y a empresas vecinas ubicadas entre una distancia entre 1.2 km, que se encuentran en la dirección favorable del viento predominante.

Las principales causas encontradas y que pueden llegar a generar eventos con liberación masiva de sustancias químicas se relacionan con el mantenimiento de las instalaciones y la operación de los procesos de transporte de gas natural.

No se identifican causas naturales tales como fenómenos hidrometeorológicos, debido a que estos ocurren de manera estacional y la empresa cuenta con procedimientos e infraestructura para asegurar la operación de transporte que la empresa maneja.

La empresa **Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**, cuenta con personal técnico y de operación con la experiencia y entrenamientos necesarios para manejar estos procesos, así como con programas de mantenimiento eficaces. La empresa cuenta también con procedimientos de operación, mantenimiento y de seguridad.

A su vez, los recursos para atención de emergencias propios y suministrados por servicios contratados, son suficientes y adecuados.

Aún y cuando la empresa cuenta con los recursos suficientes para la administración de riesgo por la operación con sustancias químicas, es muy necesario que se cumpla con las recomendaciones aquí establecidas, con el propósito de prevenir la liberación accidental de esta sustancia química peligrosa, así como la afectación de la salud de los trabajadores, así como de las mismas instalaciones de la empresa.

II.1.6. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.

Como parte de sus actividades e instalaciones, se cuenta con las siguientes medidas para reducir los riesgos relacionados con el manejo de las sustancias químicas peligrosas.

1. Señalamientos de seguridad de acuerdo con la NOM-026-STPS-2008.
2. Sistemas de identificación de riesgos en tanques y en tuberías que conducen fluidos peligrosos, de acuerdo con las normas 018 y 026 de la STPS.
3. Sistema indicador de dirección de viento.
4. Plan de Respuesta a Emergencias y Protección Civil.
5. Sistema contra incendio (hidrantes, detectores, extintores).
6. Medios para contención de derrames y recuperación de los mismos.
7. Brigadas de Respuesta a Emergencia
8. Programas de mantenimiento e integridad mecánica de las instalaciones estáticas y dinámicas.
9. Programas de Capacitación a personal de la empresa, contratistas, visitantes y proveedores.
10. Inspecciones de Seguridad.
11. Detectores de humo.

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL
ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**



**PRESENTADA ANTE:
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL
MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS**



**PROMOVENTE
Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**

**CAPITULO III
SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN
MATERIA AMBIENTAL**

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	3
III.1. Recomendaciones técnico-operativas	3
III.2. Sistemas de seguridad.....	3
III.3. Medidas preventivas.....	6
III.3.1. Programa de mantenimiento y seguridad 2018	10
Se cuenta también con un Programa anual de mantenimiento preventivo, en el que se establece la periodicidad para llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los siguientes equipos:	10
III.3.2. Registros de vigilancia y patrullaje	11
III.3.3. Plan de respuesta de emergencias	17
III.3.4. Directorio de la estructura funcional para la respuesta a emergencias	20
III.3.5. Métodos de limpieza y/o descontaminación en el interior y exterior de la instalación	27

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

III.1. Recomendaciones técnico-operativas

Para la realización del presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos, así como la metodología denominada Árbol de Fallas, en específico con el Software FaultreEase para la determinación de la probabilidad de ocurrencia de riesgos y mediante el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ver 5.4.6., desarrollado por U.S. Environmental Protection Agency's Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPPO) y la National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration (NOAA OR&R), se realizaron las simulaciones de fugas de gas natural, de lo cual, aunado a los recorridos en campo donde se instaló el presente proyecto "Mazahua Fase I", se derivan las siguientes recomendaciones.

III.2. Sistemas de seguridad

El gasoducto se integra por los siguientes componentes:

- Tubería de 30" de diámetro API 5L X65 SAW PSL2 de 16 km de longitud.
- Estaciones de regulación y medición EM y ER.
- Trampas de diablos para monitoreo, inspección, calibración y limpieza del ducto. La primera cubeta de lanzamiento se localiza en la EM.
- 2 válvulas de seccionamiento instaladas en el punto de Recepción (CPG- Cactus) y en el punto de entrega en Energía Mayakan.
- Postes para tomas de lecturas de protección catódica.
- Puntos de testigos para corrosión.

Los sistemas y medidas de seguridad a instalar en el ducto de interconexión se describen a continuación:

- Las EM y ER se encuentran protegidas mediante una barda perimetral con dos accesos peatonales y un acceso vehicular, además de una salida de emergencia, cuenta con vigilancia permanente por medio de circuito cerrado y por personal las 24 horas.
- Las EM y ER tienen los siguientes componentes y sistemas de seguridad:
 - ✓ Sistema de monitoreo, control y adquisición de datos (SCADA) mediante un software específico, que monitorea las condiciones de presión, temperatura y del estado de las válvulas principales. Dicho sistema realiza una verificación diaria y permanente, el cual determina las presiones en los extremos del gasoducto y presiones en cada una de las válvulas de seccionamiento.
 - ✓ Trampa de envío de diablos de 30" de diámetro.
 - ✓ Válvulas check.
 - ✓ Sistema de monitoreo de la calidad del gas natural. Se cuenta con un cromatógrafo de gas capaz de determinar nueve componentes, un analizador de gas corrosivo (H₂S) y otro de agua, instalados en una corriente común a los trenes de medición principal
 - ✓ Válvulas de seguridad diseñadas para abrir a la presión de calibración específica
 - ✓ Cuarto de control para el monitoreo de las condiciones del sistema, misma que cuenta con un respaldo de UPS.
 - ✓ Tanque acumulador para la captación de químicos condensables que vayan en el gas natural y que se separan a través de los filtros verticales de tipo coalescentes, diseñados para soportar una presión de 12.6 kg/cm². El tanque cuenta con las siguientes medidas de seguridad y dispositivos de control:
 - 2 válvulas de seguridad calibradas a 14 kg/cm²
 - Indicador de presión.

- Indicador de nivel
 - Indicado de temperatura
- Todas las instalaciones superficiales (estación de regulación y medición, válvulas de seccionamiento, válvulas de entrega, trampa de diablos) están protegidas anticorrosivamente con pintura de color blanco y con franjas amarillas.
 - Se cuenta con juntas tipo monoblock en los puntos de unión entre la tubería aérea y enterrada, los cuales son inspeccionados semestralmente para verificar la no existencia de continuidad eléctrica.
 - La junta aislante instalada cerca del punto de interconexión se encuentra fuera de áreas peligrosas y es del tipo encapsulado para evitar cortos circuitos.
 - Para el control de la corrosión externa de la tubería de transporte se cuenta con un sistema de protección catódica, con las siguientes características: un voltaje catódico de al menos - 0,850 V con referencia a un electrodo de cobre/sulfato de cobre saturado, medido con la corriente de protección aplicada.
 - En los lugares donde se tienen instaladas fuentes de corriente eléctrica para la protección catódica, la empresa tiene colocados señalamientos de advertencia visibles.
 - Se cuenta con señalamientos en ambos lados de la franja del ducto de interconexión, los cuales utilizan fondo de color amarillo con letras de color negro y contienen el número de teléfono de emergencias, nombre del transportista, gas natural, no cavar, ancho de la franja de desarrollo del sistema y ductos.
 - Una vez terminada la construcción del ducto se realizarán las pruebas hidrostáticas correspondientes.
 - Las pruebas de hermeticidad serán presenciadas y avaladas por una Unidad de Verificación y

presentados sus resultados junto con el dictamen de verificación a la Secretaría de Energía.

- Sistema de tierras de instalaciones y equipos, consta de registros de tierras de fibra de vidrio, tipo albañal, con tapa de 80 cm de longitud y 43 cm de diámetro; varillas copperweld de 16 mm de diámetro y 3.05 m de longitud, de cable de cobre desnudo semiduro calibre 2 AWG de 19 hilos.
- El sistema de pararrayos consta de 1 pararrayos de cobre niquelado cromado con cable especial trenzado, de temple suave de cobre de 32 hilos calibre 17(2/0AWG), que descarga a una barra de cobre de 381x51x6.3 mm.
- En los cruces del gasoducto con ductos de PEMEX, existe una separación de 1.05 m entre el lomo inferior del ducto de PEMEX y el lomo superior del gasoducto, además se cuenta con un tubo de PVC de 20" de diámetro y existe una losa de hormigón de 1.0 m x 0.5 m por 0.05 m de espesor entre ambas tuberías.

III.3. Medidas preventivas

Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V., cuenta con un Manual de Procedimientos de Operación, Mantenimiento y Atención de Emergencias, en el cual se describen las actividades a realizar en la operación, mantenimiento y atención de emergencias. El manual incluye los siguientes procedimientos:

Derecho de vía

1. Celaje de ductos.
2. Identificación y localización de ductos.
3. Control y limpieza del suelo del DDV.
4. Evaluación del incremento demográfico a lo largo del gasoducto.
5. Manejo de fauna en las instalaciones y en el DDV.
6. Trabajando en carreteras.

7. Trabajando alrededor de cables de alta tensión.

Mantenimiento

8. Uso del libro diario o bitácora de campo.
9. Aislamiento, aseguramiento y etiquetado.
10. Identificación de requerimientos de trabajo.
11. Mantenimiento a sistemas de protección catódica.
12. Proceso de reparación crítica.
13. Requerimientos de libranzas.
14. Reporte rutinario a estaciones de medición.
15. Autorización de trabajo.
16. Despresurización y presurización de una estación, corrida de medición.
17. Aislamiento de ductos de transporte de gas natural.
18. Control de la corrosión.
19. Corrida de diablos en ductos en servicio y fuera de servicio.
20. Desfogue de ductos.
21. Monitoreo, detección y clasificación de fuga.
22. Procedimiento para el retiro del líquido de la tubería.
23. Procedimiento para Instalar o retirar accesorios en tubería.
24. Mantenimiento a válvulas y reparación de líneas de venteo.
25. Mantenimiento de equipo de medición tipo turbina.
26. Presión máxima permisible de excavación.
27. Localización de ductos subterráneos utilizando dispositivos electrónicos y campos magnéticos.
28. Reporte de inspección de recubrimientos.
29. Determinar secuencia de herramientas e identificar el tipo de instrumentado y/o

- limpieza en las corridas de inspección en gasoductos.
30. Revisión de defectos detectados por diablo instrumentado.
 31. Verificación de resultados posterior a la corrida con diablo Instrumentado.
 32. Verificación de corrida de diablos aceptable.
 33. Retiro, mantenimiento e instalación de válvulas de seguridad.
 34. Medición y precisión de la medición de gas.
 35. Mantenimiento general al equipo analizador de gas (cromatógrafo).
 36. Mantenimiento a filtros scrubber de las estaciones de medición.
 37. Múltiple de prueba de presión para válvulas de drenado del cuerpo de la válvula.
 38. Operación y mantenimiento de válvulas y actuadores.
 39. Reactivación de una estación de medición.
 40. Mantenimiento de calentador de gas en línea.
 41. Calibración de equipos de prueba.
 42. Certificación de equipo.
 43. Procedimiento para realizar la operación y mantenimiento de válvulas reguladoras de presión.
 44. Procedimiento para realizar el mantenimiento a la unidad de energía auxiliar.
 45. Verificación de equipos de medición.
 46. Cambio de botella de gases del cromatógrafo en las EM y ER.
 47. Procedimiento de Inspección mensual y mantenimiento al cromatógrafo.
 48. Procedimiento de mantenimiento y calibración del equipo de H2S.
 49. Control de exposición al ácido sulfhídrico (H2S).
 50. Caracterización de defectos metálicos en tuberías.
 51. Medición de resistencia de puesta a tierra.

Operación

52. Comunicación entre cuarto de control y técnicos de campo.
53. Comunicación durante el celaje aéreo.
54. Comunicación entre los integrantes del comité de despacho en caso de emergencias.
55. Contingencia en caso de pérdida de SCADA.
56. Procedimiento de uso de la bitácora electrónica.
57. Procedimiento de actividades de control de gas.
58. Procedimiento de cálculo de disponibilidad del sistema.
59. Procedimiento de operación del sistema Mayakan.

Salud, seguridad y emergencia

60. Inspecciones de seguridad de las Instalaciones y trabajos por parte del management.
61. Procedimiento para el manejo de residuos peligrosos líquidos en las instalaciones del proyecto.
62. Procedimiento de análisis de riesgos.
63. Procedimiento de manejo de residuos peligrosos en instalaciones de campo.
64. Procedimiento para situaciones peligrosas en el ducto.
65. Condiciones naturales adversas.
66. Procedimiento de protección contra incendios y evacuación de oficinas.
67. Equipo de protección personal.
68. Empleados expuestos al calor.
69. Reporte e Investigación de accidentes / incidentes y fallas.
70. Manejo de materiales pesados.
71. Operación de vehículos de motor y prevención de accidentes automovilístico.
72. Permiso de trabajo seguro.
73. Protección contra caída durante trabajos de altura.
74. Procedimiento de entrada a los espacios confinados.
75. Señalamientos de seguridad y salud.

- 76. Manejo de materiales peligrosos y comunicación de riesgos.
- 77. Gestión del plan de respuesta a emergencias.
- 78. Pre-obra y junta previa al trabajo.
- 79. Localización y Uso de Teléfonos.
- 80. Procedimiento de uso del Equipo de Respiración Autónoma.
- 81. Primeros Auxilios.
- 82. Plan de Respuesta a Emergencias.
- 83. Procedimiento de plan de capacitación en seguridad, salud y medio ambiente.

III.3.1. Programa de mantenimiento y seguridad 2018

Se cuenta también con un Programa anual de mantenimiento preventivo, en el que se establece la periodicidad para llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los siguientes equipos:

EQUIPO	FRECUENCIA DE LA INSPECCIÓN	FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Trampas de diablos	Bimestral	Anual
Espesores	-	Anual
Filtros coalescentes	-	Al requerirse
Válvulas de control de flujo	Mensual	Anual
Válvulas y actuadores patín de medición	Semestral	Anual
Turbinas	Mensual	Triannual
Manómetros	Mensual	Al requerirse
Transmisores	Semestral	Anual
Cromatógrafo	Mensual	Anual
Analizador de humedad	Mensual	Anual

EQUIPO	FRECUENCIA DE LA INSPECCIÓN	FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Analizador de H2S	Mensual	Anual
Alimentación y alumbrado	Bimestral	Al requerirse
UPS, cargador y baterías	Semestral	Anual

III.3.2. Registros de vigilancia y patrullaje

La empresa tiene también establecido un procedimiento para la realización de vigilancias continuas de sus instalaciones, para determinar y tomar la acción apropiada en casos de cambios de clase de localización, fallas, historial de fugas, corrosión, cambios sustanciales en los requerimientos de protección catódica, y otras condiciones no usuales de operación y mantenimiento.

Se realiza la vigilancia continua para poder determinar las condiciones operativas o de mantenimiento anormal o inusual, mediante inspección visual de las instalaciones con relación

a:

- Modificación en la densidad de población y cambio de clase de localización.
- Efecto de la exposición a la intemperie o movimiento de las tuberías.
- Cambios en la topografía que pudieran afectar a las instalaciones.
- Posible manipulación peligrosa, vandalismo, daños o evidencia de tales situaciones.
- Acciones de terceros sobre las tuberías.

Inspección de fugas

Se cuenta con el procedimiento Monitoreo, Detección y Clasificación de fugas, el cual establece los requisitos mínimos para el monitoreo, detección y clasificación de fugas natural en ductos.

Para la detección de estas fugas se cuenta con el siguiente equipo de campo que detecta concentraciones de gas natural mínimas de 5 partes por millón de gas natural en el aire.

Detector de gas portátil de pistola laser

Estos equipos de detección de gas se calibran anualmente para asegurar su adecuado funcionamiento.

Para la detección de fugas se emplean los siguientes métodos:

- a. Detección con indicadores de gas combustible. El equipo puede ser portátil o móvil. El indicador debe ser del tipo y sensibilidad adecuados para el método de detección que se aplique en la instalación inspeccionada.
- b. Detección sobre la superficie del suelo. En las instalaciones subterráneas, se lleva a cabo un muestreo continuo de la atmósfera a no más de 5 cm de la superficie del suelo y en todas aquellas irregularidades del terreno que faciliten que el gas aflore.
- c. El muestreo de la atmósfera superficial con indicador de gas se realiza a la velocidad y en condiciones atmosféricas apropiadas para que dicho muestreo sea correcto. La operación del indicador de gas se realiza de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- d. Detección por inspección visual de vegetación. Este método consiste en la detección de indicaciones anormales o inusuales en la vegetación que puedan haber sido causadas por la migración de gas. Dichas indicaciones de fugas son confirmadas utilizando un indicador de gas combustible. Para determinar la velocidad de recorrido el personal considera lo siguiente: trazo del sistema de transporte, cantidad y tipo de vegetación y condiciones de visibilidad. Este método se aplica en áreas donde el crecimiento de la vegetación está bien definido.
- e. Detección por burbujeo. Se utiliza para monitorear las fugas empleando una sustancia tenso-activa y verificando la presencia de burbujas que revelan la existencia de fuga del gas natural.

- f. Detección debajo de la superficie del suelo. Se debe realizar en aberturas existentes y/o sondeos arriba y/o adyacentes a la tubería. Los pozos de muestreo se deben perforar cercanos a la tubería y lateralmente a no más de 5 m del eje de la misma. A lo largo de la tubería los puntos de prueba se deben localizar a no más del doble de la distancia entre la tubería y la pared del edificio más cercano o 10 m. El patrón de muestreo debe incluir puntos de prueba adyacentes a las conexiones de las líneas de servicio, acometidas a los edificios, cruzamientos de calles y conexiones de ramales.

Se levanta un registro de monitoreo y localización de fugas del gasoducto. Para asegurar que no pase nada en el ducto por excavaciones o actividades que puedan dañar al ducto, se establece una franja seguridad de 15 y 14 metros acorde a lo establecido en la NOM-007-ASEA-2016, donde no se debe realizar ningún tipo de construcción o actividad productiva.

Registros de inspección de los dispositivos de control de presión

Se cuenta con registros de calibración de válvulas de sobrepresión. La empresa realiza por lo menos una vez al año la inspección de todos los dispositivos de control de presión colocados en el sistema de transporte, con la finalidad de determinar que se encuentran bien instalados y operando adecuadamente.

Registros de mantenimiento de válvulas

La inspección y el mantenimiento de válvulas de proceso se consideran en el programa anual de mantenimiento. Las válvulas se inspeccionan mensualmente y su mantenimiento se realiza como mínimo una vez al año.

Control de la corrosión externa

La tubería de transporte es examinada, semestralmente a campo traviesa y trimestralmente en

zona urbana. Se cuenta con reportes y toma de mediciones de potenciales tubo/suelo en sitio. Para las tuberías superficiales, la empresa incluye en su programa de mantenimiento una frecuencia mensual para realizar la inspección del recubrimiento anticorrosivo, así como de mantenimiento anual para el caso de requerirse reparación del mismo.

Control del espesor de pared

Con la finalidad de controlar el desgaste de la tubería por corrosión o erosión, la empresa realiza anualmente la medición de espesores de pared de tubería en instalaciones superficiales, como entradas y salidas de la estación de medición, estación de regulación, válvulas de control y de seccionamiento y trampas de diablos, pudiéndose comprobar la ejecución de ésta actividad a través de los registros documentales.

Registros de inspección y mantenimiento a estaciones de medición y regulación

La empresa cuenta con procedimientos descritos en el manual para la inspección y pruebas de la estación de regulación y medición, sus equipos y los dispositivos de relevo de presión.

La calibración de los dispositivos de relevo de presión se realiza anualmente por prueba en sitio, para determinar que cuentan con suficiente capacidad para limitar la presión en la estación de medición. Previo análisis de riesgo, la empresa tiene instrumentadas las medidas de seguridad tendientes a minimizar el peligro de un incendio accidental en áreas donde la presencia de gas pueda representar un riesgo de fuego o explosión.

Documentación histórica y evaluación de ingeniería

La empresa mantiene un historial de los reportes de cada inspección de fugas y vigilancia de la línea. En caso de presentarse una fuga, el procedimiento contempla que se programaría su reparación, conservando los registros de atención y consecuencias generados, por el tiempo que el tramo de la tubería de transporte involucrada permanezca en servicio, así como la

documentación relativa al diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Para conocer la integridad del sistema, la empresa lleva a cabo evaluaciones de ingeniería en las cuales se considera el historial del diseño, construcción, operación, mantenimiento y seguridad.

Mantenimiento de camas anódicas

Como parte de las actividades de mantenimiento se considera la revisión y reparación cuando presentan fallas o concluya la vida útil de las camas anódicas. Asimismo, se verifica la corriente eléctrica de salida de los ánodos y la corriente eléctrica de la cama anódica, a fin de determinar si dicha cama está funcionando correctamente.

Conexiones eléctricas

La empresa revisa mensualmente todas las conexiones eléctricas e interruptores de corriente. Aislamientos eléctricos. Los dispositivos de aislamiento eléctricos son verificados por la empresa cuando menos una vez al año.

Recubrimientos

La empresa establece en su programa de mantenimiento la realización de inspecciones mensuales del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de tuberías que se encuentren en la superficie y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentra deteriorado se programa para su reemplazo.

Potenciales tubo - suelo

Se tiene considerado realizar la medición de resistividad del suelo a lo largo del trayecto del gasoducto, mediante la técnica Wernner de 4 puntas, así como el perfil de resistividades. La empresa establece en su programa de mantenimiento la frecuencia semestral a campo traviesa

y trimestralmente en zona urbana para las mediciones de potenciales tubo/suelo en la trayectoria de la tubería.

Autorización de trabajos peligrosos

Para la realización de trabajos peligrosos, se cuenta con los siguientes procedimientos para poder realizar las actividades peligrosas con las mayores medidas de seguridad:

Permiso de trabajo seguro

El personal que realiza actividades de protección catódica utiliza ropa y equipo de protección personal apropiados.

El encargado del sistema de protección catódica da por escrito las instrucciones de trabajo al personal que realiza las actividades referentes a la protección catódica, indicando las labores encomendadas, los implementos y equipos de seguridad aplicables, así como el equipo y herramientas idóneas para el desempeño de las funciones.

Cuando se requiere realizar una revisión o reparación en el sistema de protección catódica que involucre un riesgo, el encargado de la protección catódica expide la autorización para la realización del trabajo peligroso.

Kit de Información para Respuesta a Emergencias

Se cuenta con un kit de información para respuesta a emergencias en cada vehículo de los empleados del departamento de operaciones, así como un kit completo en la EM y ER para la coordinación del plan de respuesta a emergencias.

Documentos:

1. Formato de reportes de incidentes.
2. Plan de respuesta a emergencias.

3. Lista de teléfonos de empleados.
4. Rol de guardias de personal de operaciones.
5. Nombres y teléfonos de contratistas para la reparación de daños.
6. Censo de propietarios y número de contactos.
7. Nombres y teléfonos de contactos de clientes.

Planos:

8. Planos de localización e instrucciones de acceso la franja de desarrollo del sistema.
9. Planos de construcción del gasoducto.

Otros:

10. Teléfono celular con cobertura.
11. Lámpara de mano para uso en ambientes explosivos.
12. Cámara fotográfica.
13. Material para acordonamiento de áreas.
14. Binoculares.
15. Detector de gas para seguridad personal.
16. Equipo de seguridad personal (casco, guantes, lentes).
17. Extintor.
18. Equipo disponible a disposición del personal de campo.
19. Detector de metales.
20. Detector de tubería y canalizaciones.
21. Detector de gas para detección de fugas.

Así mismo, anualmente se elabora un Programa de capacitación a brigadistas en el que incluyen temas de atención a emergencias, así como se considera la realización de un simulacro.

III.3.3. Plan de respuesta de emergencias

III.3.3.1 Procedimientos específicos para la respuesta a los posibles eventos de riesgo identificados dentro de la instalación.

La empresa cuenta con el documento "Libreta de Emergencia" en el que se establecen las actividades a desarrollar por la organización en caso de una emergencia, así como los lineamientos en materia de seguridad que deberán seguirse (ver punto VII).

Por otro lado, en el procedimiento "Situaciones peligrosas en el ducto", se establecen los lineamientos que deberán seguirse en caso de acontecer las siguientes situaciones:

Fuga detectada por control de gas:

- a) Verificar sistema SCADA, atiende la señal de alarma, registra la llamada de emergencia.
- b) Llamar a la coordinación de respuesta de emergencia.
- c) Llamar al técnico de campo.
- d) Identificar la fuente, pero no tocar o exponerse al material que está fugando.
- e) Evacuar el área potencialmente afectada.
- f) Evaluar la situación.
- g) Eliminar suministro de gas (bloqueo de válvulas).
- h) Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- i) Reparar la falla donde se produjo la falla.

Fuga detectada por técnico de campo:

- a) Reportar fuga a cuarto de control.
- b) Llamar a la coordinación de respuesta de emergencia.
- c) Identificar la fuente, pero no tocar o exponerse al material que está fugando.
- d) Evacuar el área potencialmente afectada.
- e) Evaluar la situación.
- f) Eliminar suministro de gas (bloqueo de válvulas).

- g) Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- h) Reparar la falla donde se produjo la falla.

En caso de explosión:

- a) Después de ocurrida una explosión se deberá.
- b) Determinar si es necesario llamar a los grupos externos de emergencia.
- c) Evacuar lesionados y personal de la zona afectada.
- d) Extinguir cualquier fuego que quede.
- e) Evaluar los daños.
- f) Verificar que se ha eliminado toda situación de peligro.
- g) Reiniciar operaciones.

En caso de incendio:

- a) Eliminar toda fuente de ignición.
- b) Cerrar válvulas de bloqueo para cortar el suministro de gas.
- c) Utilizar extintor apropiado.
- d) Atacar el fuego entre dos personas si es posible.
- e) Si el fuego está cerca de un ducto o compresor de gas natural o cualquier otro tipo de combustible, enfriar la instalación para reducir la temperatura.
- f) Continuar enfriando la instalación aún después de controlado el fuego.
- g) Apoyar a los grupos externos de emergencia.
- h) Remover escombros y apagar las brasas que aparezcan.
- i) Evaluar los daños.
- j) Determinar las causas que lo originaron.
- k) Realizar limpieza del área afectada.
- l) Reparar el equipo o instalaciones dañadas

Así también en el procedimiento se contemplan los lineamientos a seguir en caso de sabotaje y llamadas de amenaza.

Se cuenta también con los siguientes procedimientos relacionados para la atención de emergencias.

1. Inspecciones de seguridad.
2. Prevención y respuesta ante la presencia de huracanes. Estaciones de compresión.
3. Análisis de riesgos.
4. Condiciones naturales adversas.
5. Protección contra incendios y evacuación de oficinas.
6. Empleados expuestos al calor.
7. Reporte e Investigación de accidentes-Incidentes.
8. Permiso de trabajo seguro.
9. Protección contra caída durante trabajos de altura.
10. Gestión del plan de respuesta a emergencia.
11. Pre-obra y junta previa al trabajo.

III.3.4. Directorio de la estructura funcional para la respuesta a emergencias

A continuación, se presenta la estructura con que cuenta la empresa para atender cualquier situación de emergencia en el ducto de interconexión.

Responsable de la Célula de Alta Dirección de Manejo de Crisis

Director General

Director de Operaciones Grupo Transporte (C.O.O.)

Director de Finanzas (C.F.O.)

Director de Respuesta a Emergencia Director de Operaciones

Gerente de Operaciones

C.O.O.

Las funciones y responsabilidades de los niveles del organigrama están establecidas en el documento Libreta de emergencia y se mencionan a continuación:

TODO EL PERSONAL DEL GRUPO TRANSPORTE

En situación normal los empleados deben:

1. Mantener de manera permanente en buen estado todos los equipos de su responsabilidad, útiles en una crisis, para asegurar su funcionamiento en el momento que se los requiera.
2. Participar en los simulacros para estar capacitado y listo para responder a una crisis.

En situación de emergencia:

3. Recibir instrucciones de la célula de manejo de crisis.
4. Confirmar las instrucciones para asegurarse que no haya confusión.
5. Conservar la calma y no dar información innecesaria ni causar pánico.

CÉLULA DE ALTA DIRECCIÓN

6. El Director General o un director que le representa, como el Director de Operaciones Grupo Transporte (COO), el Director de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de (HSSE) o bien Director de Finanzas (CFO). En cualquier caso tiene la capacidad de la toma de decisiones y reportar al Director General.
7. Participa en el programa de guardias.

Funciones y Responsabilidades:

- De ser necesario aprobar decisiones propuestas por el Director de Respuesta a Emergencia de la Célula Operacional de Manejo de Crisis.
- Comunicarse con la aseguradora.
- Comunicar la emergencia al Director General.
- De ser necesario encargarse del apoyo jurídico.
- Preparar y manejar comunicación con la prensa con el apoyo de guías previas para:

"Comunicación externa en caso de crisis"

- Apoyarse en el Centro de Comunicación de Seguridad corporativa.

CENTRO DE COMUNICACIÓN DE SEGURIDAD

- Mantener el enlace con el Cuarto de Control de la Célula Operacional de Manejo de Crisis para apoyo requerido.
- Servir de enlace entre la Célula Operacional y la Célula de Alta Dirección de Manejo de Crisis cuando así lo solicitan.
- Mantener informada a la Célula de Alta Dirección de la información que se está vertiendo en los medios de comunicación sobre la emergencia.
- Comunicar a la Célula de Alta Dirección de manejo de Crisis las decisiones tomadas por la Célula Operacional de manejo de Crisis.

DIRECTOR DE RESPUESTA A EMERGENCIAS

- Persona designada por el COO. Tiene la capacidad de la toma de decisiones y reporta al Director General o al responsable designado de la Célula de Alta Dirección.
- Sus funciones y responsabilidades se pueden sumar a las del Coordinador de Respuesta a Emergencia o del Coordinador de Operaciones de Emergencia.
- Participa en el programa de guardias.

Funciones y Responsabilidades:

En preparación de la emergencia:

- Aprobación de cualquier cambio o revisión a los procedimientos necesario.
- Asegurar que todo el personal de mantenimiento esté capacitado en los procedimientos y listo para responder a una emergencia.

Cuando suceda la emergencia:

- Declarar la Emergencia y definir la clasificación correspondiente de la emergencia.

- Coordinar las acciones del Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística y del Coordinador de Operaciones de Emergencia.
- Toma decisiones junto con el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística de situaciones extraordinarias durante la respuesta a emergencias.

COORDINADOR DE RESPUESTA A EMERGENCIA Y LOGÍSTICA

- Persona designada por el Director de Operaciones, quien reporta al Director de Respuesta a Emergencia o responsabilidad asumida por el mismo Director de Respuesta a Emergencia.
- Participa en el programa de guardias.
- Es equipado con un sistema de comunicación para contactar al personal de la empresa en campo (radio) así como servicios externos y grupos u organizaciones cuya ayuda pudiera ser necesaria.

Funciones y Responsabilidades:

- Según el contenido de la llamada, aviso o confirmación de una emergencia, decide las acciones a implementar en campo
- Se asegura que tiene suficiente información para enviar al primer representante de la empresa al sitio de la emergencia.
- Inicia la llamada al grupo para la atención de la emergencia.
- Verificar la ubicación de los técnicos de campo para evaluar los tiempos necesarios para llegar al sitio de la emergencia.
- Mantenerse en comunicación con los técnicos de campo para decidir las acciones a implementar.
- Mantenerse en coordinación con el Director de Respuesta a Emergencias.
- Determinar los tiempos de aislamiento (de ser requerido) y reparación necesarios y cuidar los tiempos de sobrevivencia con el Coordinador de Operaciones de Emergencia.
- Solicitar al centro de control los tiempos de purga y sobrevivencia.

- Informar al Coordinador de Operaciones de Emergencia del término del evento de emergencia.

Después de la emergencia

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia.
- Organizar el trabajo de reparación definitiva o provisional de maneja a regresar en condiciones normales.
- Informar al Coordinador de Operaciones del término del trabajo.

COORDINADOR DE OPERACIONES DE EMERGENCIA

- Persona designada por el Director de Operaciones o responsabilidad asumida por el mismo Director de Respuesta a Emergencia.
- Reporta al Director de Respuesta a Emergencia,
- Participa en el programa de guardias

Funciones y Responsabilidades:

- Es el responsable de coordinar al cuarto de control durante la crisis.
- Comprueba que el cuarto de control se encuentre en capacidad de enfrentarse tanto a la emergencia como a las demás tareas que tiene que desarrollar y pide los apoyos necesarios para adecuarlo si fuera necesario.
- Es responsable de notificar la emergencia a los usuarios.
- Solicitar al controlador en turno, las simulaciones necesarias a la gestión de la emergencia (no limitativo).
- Coordinarse con el Coordinador de Respuesta a Emergencias y Logística.
- Mantener siempre actualizada la bitácora en cuanto a la emergencia tanto de las informaciones provenientes de campo, de los coordinadores, directores e informaciones relevantes del sistema SCADA.
- Informar al Director de Respuesta a Emergencias del término del evento de emergencia.

Después de la emergencia

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia.

PRIMER REPRESENTANTE DE LA EMPRESA EN EL SITIO DEL INCIDENTE

Es la persona designada por el Director de Respuesta a Emergencia o el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística.

- Reporta al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística.

- Participa en la guardia.

Funciones y Responsabilidades:

- Notifica al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística su ubicación y su tiempo estimado de llegada al sitio después de recibir la llamada de emergencia de grupo.
- Es el encargado de atender directamente en campo la situación de emergencia hasta que finalice.
- Nunca debe poner en riesgo su integridad física y entonces le es prohibido ingresar al área de peligro.
- Guarda la calma, al declararse la emergencia.
- Utilizará distintivo (vestimenta, casco, etc.) que lo identifique como miembro del equipo de respuesta a la emergencia.
- Es responsable de establecer el perímetro de seguridad con el apoyo de la fuerza pública y de alertar a las personas que se encuentren en una posible situación de riesgo.
- Notifica al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística de la situación y de las necesidades (material, personal) al llegar al sitio.
- Evaluar la situación con el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística para determinar las acciones apropiadas que pueden ser mantenimiento no programado o la declaración de la emergencia.
- Con el apoyo de la fuerza pública puede designar áreas para la descarga de materiales y maquinaria, así como un área de estacionamiento y otra para ubicación de vehículos de emergencia, ubicadas en un área segura en función de las rutas de acceso y evacuación.
- Comunicarse al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística en modo periódico (cada 10 a 30 minutos) y cada vez que sea necesario. Eso, para reportar los avances en los trabajos de respuesta, así como cualquier cambio en las condiciones en el sitio de la emergencia.
- Verificar que cualquier contratista, con el que se apoya para llevar a cabo la reparación, trabaja de manera segura y en lugares seguros.

- No dejarse presionar por los medios de comunicación y no descuidar sus responsabilidades para atenderlos. Al verse obligado a hacerlo, explicar brevemente que la situación se está controlando y están investigando la causa. No intentar adivinar ni hacer especulaciones acerca de las causas o efectos del incidente y sobre todo, no hablar de personas lesionadas o fallecidas (si es el caso, las autoridades públicas son los que debe notificar a los familiares).
- Registrar todas las acciones en su bitácora de campo y tomar fotos.

Después de la emergencia

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia.

TÉCNICO DE CAMPO

Persona designada por el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística para llevar a cabo cualquier acción necesaria al atender la crisis, estará en el lugar del incidente o en otras instalaciones del Sistema de Transporte. Reporta al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística.

Funciones y Responsabilidades

- Participa en la guardia.
- Responder inmediatamente a la notificación del Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística.

Después de la emergencia

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia.

III.3.5. Métodos de limpieza y/o descontaminación en el interior y exterior de la instalación

Tipo y/o características de la afectación

Derivado del análisis de riesgo, al suscitarse un incendio o explosión se tendrían los efectos de

dichos eventos. En el caso de una explosión se tendría la posibilidad de generación de escombros dispersos de materiales sólidos ferrosos producto de la destrucción del ducto y de equipos.

Como consecuencia del incendio, la vegetación de los alrededores podría quemarse y producir erosión posteriormente.

En el caso del interior de las instalaciones, al acontecer la onda explosiva se tendrían daños físicos a equipos, estructuras e instalaciones comprendidas dentro del radio de amortiguamiento y que combinado con el efecto de la transmisión de calor que ocasionaría dicho evento, se tendría afectación al suelo por el incendio generado y erosión del mismo.

Se proponen entonces las siguientes actividades para revertir los efectos producidos al suelo:

Acciones que desarrollar y método de limpieza Exterior de instalaciones.

Recolectar físicamente del suelo aquellos materiales de la instalación que se hayan desprendido de su posición original por motivo de la onda de sobre explosión; usando equipo de protección personal como guantes de carmaza, casco, botas y lentes de seguridad.

Interior de instalaciones

Retirar las estructuras de equipos e instalaciones que resultaron afectadas y que representan un riesgo ambiental. Recolectar los residuos superficiales de materiales sólidos metálicos, cenizas y materiales incinerados producto de la combustión de materiales afectados.

Disponer al relleno sanitario autorizado los residuos no peligrosos generados usando el equipo de protección personal apropiado para evitar daño al cuerpo.

Equipo y materiales a usar

Usar equipo de protección personal como guantes de carmaza, casco, botas y lentes de seguridad y mascarilla contra polvo, así como, camionetas, palas, carretillas y recipientes para la disposición de residuos.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL



**PRESENTADA ANTE:
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL
MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS**



**PROMOVENTE:
Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**

CAPÍTULO IV

RESUMEN

TABLA DE CONTENIDO

IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental	3
IV.2. Radios de afectación e interacción de riesgos.....	7
IV.3. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.	10
IV.5. Informe técnico	13
IV.6. Antecedentes e incidentes	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. IV. 1. Escenarios potenciales de afectación e interacción con riesgos	7
--	---

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV. 1. Criterios utilizados para determinar las zonas de riesgo	5
Tabla IV. 2. Escenarios potenciales de afectación en riesgos.....	6
Tabla IV. 3. Interacciones de riesgo con evento.....	8
Tabla IV. 4. Sustancias involucradas.....	13
Tabla IV. 5. Antecedentes de Accidentes e Incidentes.....	14

IV. RESUMEN

IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental

El proyecto "**Mazahua Fase I**", consiste en el diseño, ingeniería, adquisiciones, construcción, montaje, pruebas, puesta en servicio, operación y mantenimiento, de un ducto de interconexión de 30" DN, con punto de Recepción en la EM de CPG-Cactus y punto de entrega en ER Energía Mayakan, en Nuevo Pemex.

El sistema de transporte esta conceptualizado para transportar una **Cantidad Máxima Diaria desde 350 MMPCD y hasta 550 MMPCD de gas natural**, considerando un diámetro de 30", la presión de diseño de ducto será de 57.34 kg/cm² y la Máxima Presión de Operación será 65.78 kg/cm².

El Trazo del ducto tendrá una longitud aproximada de 15.47 Km, contará con trampas de Diablos (Recibo/entrega).

Como se muestra en el Capítulo II del presente ERA, el diseño de la instalación del gasoducto, así como de la Estación de Regulación y la Estación de Medición, Trampas de Diablos, no presentan un riesgo significativo.

La probabilidad y frecuencia de ocurrencia son muy remotas debido a que se trata de una instalación nueva que cuenta con tecnología de punta.

La experiencia internacional indica que más del 90% de las fallas corresponden a un orificio menor a una pulgada y los criterios de la SEMARNAT en sus guías son el análisis al 20% y 100% del DN de los eventos en tuberías. Debido a que la mayoría de las rupturas totales de tuberías son causadas por fuerzas externas, se espera que estas ocurran en tuberías de menor diámetro.

La sustancia peligrosa que maneja en el proyecto "**Mazahua Fase I**", es gas natural, siendo el proveedor PEMEX. La hoja de datos de seguridad se anexa en los documentos técnicos del presente estudio.

Para asegurar la correcta operación del ducto de interconexión, contará con vigilancia continua de las instalaciones, con la finalidad de determinar y tomar acciones apropiadas en caso de cambios en la clase de localización, fallas, historial de fugas, corrosión, cambios sustanciales en los requerimientos de protección catódica y otras condiciones no usuales en la operación y mantenimiento.

Se mantendrá un historial de los reportes de cada inspección de fugas, vigilancia de línea, fuga descubierta, reparación realizada, consecuencias de la ruptura provocada por el tiempo y que el tramo de la tubería de transporte involucrada permanezca en servicio, así como documentación relativa al diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Durante el desarrollo del Estudio de Riesgo se aplicó principalmente la metodología HAZOP, así como la evaluación de conformidad con estándares internacionalmente reconocidos aplicables a la instalación y se realizó una evaluación de la consecuencia y la frecuencia para los eventos más significativos determinando un nivel de riesgo, por lo que se obtuvieron múltiples recomendaciones que minimizarán los riesgos asociados a la actividad de transporte de gas natural en la instalación.

En todo el sistema como en el caso de proyecto "**Mazahua Fase I**", existe una serie de tuberías, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas, podría ocurrir la emisión del gas natural o una sustancia peligrosas a la atmósfera de forma casi inmediata.

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

Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión.

El grado de dispersión depende de varios factores, siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

Para determinar los radios potenciales de afectación, se utilizó el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ver 5.4.6., desarrollado por U.S. Environmental Protection Agency's Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPPO) y la National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration (NOAA OR&R).

Los eventos modelados en cada escenario fueron: nube explosiva, incendio y explosión. De acuerdo con la "Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo" de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los criterios son los indicados en la Tabla IV.2.

Tabla IV. 1. Criterios utilizados para determinar las zonas de riesgo

CRITERIOS	NUBE EXPLOSIVA (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	60% L.E.L	5 KW / m ²	1.0 lb / plg ²
Zona de Amortiguamiento	10% L.E.L	1.4 KW / m ²	0.5 lb / plg ²

La jerarquización de los riesgos identificados se realizó de acuerdo a las características de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de manejo y las condiciones de operación, con base en ello, se obtuvieron los radios de afectación para los siguientes escenarios.

Tabla IV. 2. Escenarios potenciales de afectación en riesgos

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESION Kg/cm2	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACION
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRE-SIONES	RADIACION TERMICA	
I	<i>Evento I. Fuga al 100% del diámetro nominal, por ruptura de tubería de gas natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la válvula de control, debido a una falla en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros</i>	GAS	30	57.34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 53' 47.23" N
										93° 12' 7.82" W
I	<i>Evento I. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la válvula de control, debido a una falla parcial en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	GAS	30	57.34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 53' 47.23" N
										93° 12' 7.82" W
II	<i>Evento II. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de Gas Natural de 30", del tramo de 16 km, que inicia a la salida de la EM No. 1 en CPG-Cactus y termina en la Entrada de la ER No.2 en Energía Mayakan, la fuga se presenta en el km 7.5+00 y entre ambos puntos no se cuenta con válvula de seccionamiento.</i>	GAS	30	57.34	0.5	3	✓	✓	✓	17° 50' 59.75" N
										93° 11' 31.54" W
III	<i>Evento III. Fuga al 20% del diámetro nominal, por Ruptura de tubería de gas natural de 30", en la unión de la tubería del ducto de Energía Mayakan, que se une con la ER No.2 a través de la válvula de control, ocurre debido a una falla parcial en las soldaduras en dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	GAS	30	57,34	1.5	1	✓	✓	✓	17° 50' 52.78" N
										93° 7' 47.46" W

IV.2. Radios de afectación e interacción de riesgos

De la evaluación matemática realizada en el estudio de riesgo y, de los cuatro escenarios de liberación de gas natural transportado por la infraestructura del proyecto "Mazahua Fase I", se identifican como las zonas de mayor riesgo de impacto, las áreas e instalaciones localizados sobre los cuadrantes N-E en dirección a las instalaciones industriales de Nuevo Pemex y en el Cuadrante N-O en dirección a las instalaciones de CPG-Cactus, éstas ubicadas a una distancia entre 2.5 km y 3.0 km respectivamente.

La comunidad de Reforma Chiapas queda fuera de los radios de la Zona Alto Riesgo y la Zona de Amortiguamiento, como se muestra en la Figura IV.1.

Fig. IV. 1. Escenarios potenciales de afectación e interacción con riesgos

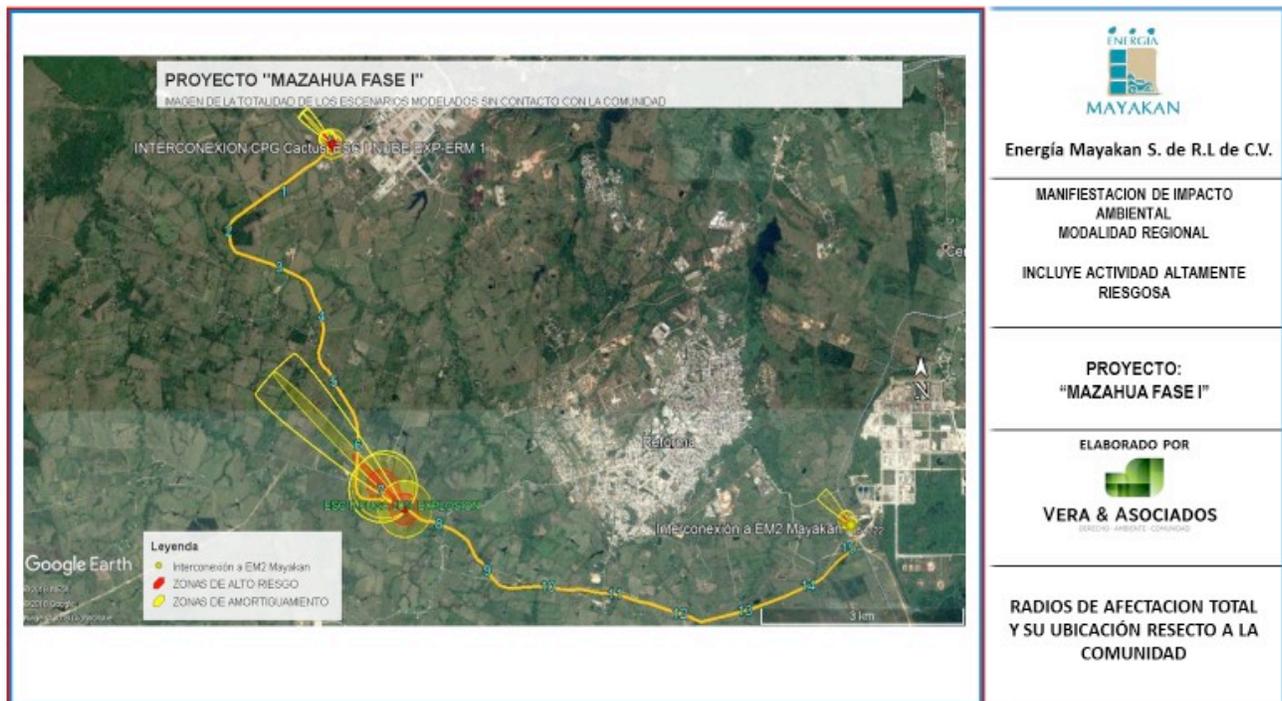


Tabla IV. 3. Interacciones de riesgo con evento

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON AMBIENTALES RIESGOS IDENTIFICADOS	TIPO DE EVENTO	TIEMPO min	RADIOS DE AFECTACION								
				INFLAMABILIDAD		INTERACCIÓN	SOBREPRESIONES		INTERACCIÓN	RADIACIÓN TÉRMICA		INTERACCIÓN
				ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)	
I	<i>Evento I. Fuga al 100% del diámetro nominal, por ruptura de tubería de gas natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la válvula de control, debido a una falla en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros</i>	FALLA MECANICA DEL DUCTO, EN SOLDADURA	1	235	634	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por posible intoxicación por metano, al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA.	192	224	Infraestructura presente en la ZAR, es la cual se vería afectada en su totalidad en instrumentación y dispositivos de control expuestos.	117	213	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por quemaduras de 2do grado, dentro de los primeros 60 segundos, al encontrarse dentro de la bola de fuego.
	<i>Evento I. Fuga al 20% del diámetro nominal, por ruptura de tubería de gas natural de 30" DN, en el interior de la EM No. 1, ocurre en la unión de la tubería del ducto de CPG-Cactus que alimenta la EM a través de la válvula de control, debido a una falla parcial en las soldaduras de dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	FALLA PARCIAL, MECANICA DEL DUCTO, EN SOLDADURA	1	229	619	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por posible intoxicación por metano, al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA.	176	218	Infraestructura presente en la ZAR, es la cual se vería afectada en su totalidad en instrumentación y dispositivos de control expuestos	74	137	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por quemaduras de 2do grado, dentro de los primeros 60 segundos, al encontrarse dentro de la bola de fuego.

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON AMBIENTALES RIESGOS IDENTIFICADOS	TIPO DE EVENTO	TIEMPO min	RADIOS DE AFECTACION								
				INFLAMABILIDAD		INTERACCIÓN	SOBREPRESIONES		INTERACCIÓN	RADIACIÓN TÉRMICA		INTERACCIÓN
				ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)	
II	<i>Evento II. Fuga al 20% del diámetro nominal, por ruptura de tubería de gas natural de 30", del tramo de 16 km, que inicia a la salida de la EM No. 1 en CPG-Cactus y termina en la Entrada de la ER No.2 en Energía Mayakan, la fuga se presenta en el km 7.5+00 y entre ambos puntos no se cuenta con válvula de seccionamiento.</i>	DAÑO MECÁNICO DEL DUCTO, POR GOLPE DE EXCAVADORA	3	1,100	2,300	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la zona de los trabajos, por posible intoxicación por metano, al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA, y posiblemente afectación a ganado próximo.	697	919	Infraestructura presente en la ZAR, es la cual se vería afectada en su totalidad a instrumentos portátiles de medición y tableros de los equipos de maquinaria (excavadora, grúas menores etc) en instrumentación y dispositivos de control expuestos. Lesiones menores reversibles en oído a personas de la empresa y contratistas.	218	401	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la zona de los trabajos, por quemaduras de 2do grado, dentro de los primeros 60 segundos, al encontrarse dentro de la bola de fuego.
III	<i>Evento III. Fuga al 20% del diámetro nominal, por ruptura de tubería de gas natural de 30", en la unión de la tubería del ducto de Energía Mayakan, que se une con la ER No.2 a través de la Válvula de control, ocurre debido a una falla parcial en las soldaduras en dicha sección de la tubería cuya longitud es de 155 metros.</i>	FALLA PARCIAL, MECÁNICA DEL DUCTO, EN SOLDADURA	1	229	621	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la zona de la ER No. 2, por posible intoxicación por metano, al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA.	188	220	Infraestructura presente en la ZAR, es la cual se vería afectada en su totalidad a instrumentos portátiles de medición y tableros de los equipos de medición y control, dentro del área de la ERM No.2. Lesiones menores reversibles en oído a personas de la empresa y contratistas.	78	143	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la zona de los trabajos, por quemaduras de 2do grado, dentro de los primeros 60 segundos, al encontrarse dentro de la bola de fuego.

IV.3. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.

Como parte de sus actividades e instalaciones, se cuenta con las siguientes medidas para reducir los riesgos relacionados con el manejo del gas natural en el proyecto "**Mazahua Fase I**" que promueve **Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**

- ✓ Señalamientos de seguridad de acuerdo con la NOM-026-STPS vigente.
- ✓ Sistemas de identificación de riesgos general y en tuberías que conducen gas natural, de acuerdo con las normas 018 y 026 de la STPS.
- ✓ Sistema indicador de dirección de viento.
- ✓ Plan de Respuesta a Emergencias y participación de Protección Civil.
- ✓ Sistema contra incendio (hidrantes, monitores, detectores, extintores).
- ✓ Medios para contención de derrames y recuperación de los mismos.
- ✓ Brigadas internas de Respuesta a Emergencia.
- ✓ Comité Local de Ayuda Mutua Industrial (Instalaciones de PEMEX).
- ✓ Programas de mantenimiento e integridad mecánica de las instalaciones estáticas y dinámicas.
- ✓ Programas de Capacitación a personal de la empresa, contratistas, visitantes y proveedores.
- ✓ Inspecciones de Seguridad.
- ✓ Detectores de humo.
- ✓ Pruebas de hermeticidad, calibración de válvulas, instrumentos, efectividad de tierras físicas y apartarrayos.

En el desarrollo del presente estudio de riesgo se identificaron múltiples recomendaciones, las cuales se presentan en el Capítulo III. A estas recomendaciones se les da seguimiento para su cierre e implementación efectiva logrando una reducción y control de los riesgos identificados.

Existen en la infraestructura a la que se interconecta el ducto del proyecto, medidas preventivas y sistemas de control de emergencias que ayudan a prevenir la ocurrencia de los eventos y a disminuir el efecto de un posible evento en las instalaciones, entre los cuales se encuentran:

- Todos los procesos de transporte se controlan con Sistemas de Control Distribuido y sistema SCADA.
- Sistema contra incendio tipo portátil, en todas las áreas y equipos críticos del complejo.
- Instalación de detectores de vapores orgánicos y de explosividad.
- Programas de Capacitación para todo el personal en aspectos de Seguridad y de Operación.
- Programas de Integridad mecánica para equipo, Fijo (válvulas, tuberías, tanques, etc.), Rotativo (compresores, turbinas, bombas, etc.), Eléctrico e Instrumentos.
- Aplicación de listas de verificación para operación normal, paros, arranques y paros de emergencia.
- Los equipos de proceso que trabajan a presión (arriba de la atmosférica) cuentan con válvula de seguridad de relevo presión (PSV) y cumplen con la NOM-020-STPS.
- Se tiene un sistema de Seguridad de Procesos basado en NOM-028-STPS, donde se incluyen la administración de cambios, los análisis de riesgo, las activaciones de los

sistemas de seguridad y las investigaciones de incidentes como elementos dinámicos dentro de los procesos.

- Se tiene establecido un sistema de Conducción de Operaciones, en donde se requieren procedimientos, capacitación del personal y aplicación en actividades diarias para el personal de operación, mantenimiento y contratistas.
- Los procesos más riesgosos tienen Sistemas Instrumentados de Seguridad.

Derivado de este Estudio de Riesgo se recomienda en forma general:

- 1.- Continuar con la implementación del sistema de Conducción de Operaciones (Sistemas de Operación, Capacitación y Aplicación en las Operaciones Diarias).
- 2.- Involucrar a la supervisión como un factor clave para la prevención de incidentes.
- 3.- Continuar con el sistema de cultura de seguridad logrando la participación de los trabajadores en forma activa con un comportamiento seguro e identificando los peligros en sus actividades diarias.

Las interacciones potenciales de riesgo existentes con la instalación son: las operaciones de CPG-Cactus y Nuevo Pemex, en los extremos del punto del ducto donde ocurre la recepción y la entrega de gas natural, respectivamente.

Ninguna zona de alto riesgo por explosión o fuego de los eventos identificados afecta dichas instalaciones.

Las medidas y equipos de seguridad y protección con los que se cuentan para reducir los riesgos identificados son:

- 1.- Diseño de equipo.
- 2.- Análisis de Riesgo en los Procesos.
- 3.- Procedimientos de Operación.

- 4.- Capacitación y Certificación del Personal.
- 5.- Sistema de Reconocimiento de Peligros.
- 6.- Sistema de Permisos de Seguridad para Trabajos Críticos para la vida.
- 7.- Comportamiento Seguro del Personal.
- 8.- Equipo de Protección Personal.

En el caso de una emergencia se cuenta con sistemas de mitigación como:

- 1.- Plan de Emergencia del sitio.
- 2.- Brigada contra incendio interna.

IV.4. Conclusiones

Se concluye que las instalaciones contarán con los sistemas de prevención y mitigación para los eventos de riesgo identificados, los cuales serán mantenidos, operados y auditados periódicamente por la organización y son apropiados para los efectos de las situaciones de emergencia que pudieran presentarse.

Con base en los criterios aceptados de riesgo, se considera la instalación del proyecto **"Mazahua Fase I", como de Riesgo Aceptable.**

Los riesgos asociados con la operación y mantenimiento del gasoducto y sus componentes son semejantes a instalaciones de su tipo en otras partes del mundo. El diseño del ducto de interconexión y sus componentes resulta ser, dentro de los niveles de riesgo al público, como: **aceptable.**

IV.5. Informe técnico

Tabla IV. 4. Sustancias involucradas.

Nombre químico de la sustancia (IUPC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm ³)	Flujo (MMPCD)	Longitud de la Tubería (km)	Diámetro de la Tubería (in)	Presión de operación (psia)	Espesor (mm)
Metano			350	16	30	816	9mm

*De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Aplicada (IUPAC)

** De acuerdo con el Chemical Abstracts Service (CAS)

IV.6. Antecedentes e incidentes

Tabla IV. 5. Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

AÑO	CIUDAD Y/O PAÍS	INSTALACIÓN	SUSTANCIA(S) INVOLUCRADAS	EVENTO	CAUSA	NIVEL DE AFECTACIÓN (COMPONENTES AMBIENTALES AFECTADOS)
1966	Alemania	Red de distribución de gas natural.	Gas natural.	Fuga de 600 lb. De metano que explotaron con un equivalente a 3 toneladas de TNT.	Falla en la tubería de conducción de gas natural dio como resultado la.	
1984	Louisiana, U.S.A.	Red de distribución de gas natural.	Gas natural.	Fuga de metano que explotaron.	Ruptura de una tubería por un trascabo provocó el incendio del gas, produciendo flamas de 15 metros de altura.	Murieron 5 bomberos y 20 empleados de la empresa reparadora.
1985	Nuevo México, U.S.A.	Estación de medición.	Gas natural.	Incendio de una fuga de gas natural en una estación de medición.	Llamas de más de 50 metros de altura.	Dstrucción de la estación de medición.

AÑO	CIUDAD Y/O PAÍS	INSTALACIÓN	SUSTANCIA(S) INVOLUCRADAS	EVENTO	CAUSA	NIVEL DE AFECTACIÓN (COMPONENTES AMBIENTALES AFECTADOS)
1986	Alabama, U.S.A.	Red de distribución de gas natural.	Gas natural.	Ruptura de tubería producida por maquinaria.	Flamas de 153 metros de altura.	Se incendiaron dos casas aunque ninguna persona resultó lesionada.
2005	Escribano-La Libertad-Cunduacán, Tabasco, México.	En el área de trampas de gasoducto de 48".	Red de distribución de gas natural.			

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL



**PRESENTADA ANTE:
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE
PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS**



**PROMOVENTE
Energía Mayakan, S. De R.L. De C.V.**

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

TABLA DE CONTENIDO

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.3

V.1. Planos y Diagramas	3
V.2. Cartografía	3
V.3. Estudios y otros	3
V.4. Fotografías.....	4
V.5. Bibliografía	4

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

V.1. Planos y Diagramas

- V.1.1. Diagrama de Flujo de Proceso.
- V.1.2. DTI's Trampas Envío/Recepción de Diablos.
- V.1.3. DTI's Válvulas de Seccionamiento.
- V.1.4. DTI's ER y EM.

V.2. Cartografía

- V.2.1. Mapa Base – Macro-Ubicación del proyecto.
- V.2.2. Núcleos de Población.
- V.2.3. Uso de Suelo y Vegetación.
- V.2.4. Áreas Naturales Protegidas.
- V.2.5. Áreas de Importancia Ambiental.
- V.2.6. Fallas y Fracturas Geológicas.
- V-2-7. Sistema Ambiental Regional (SAR).

V.3. Estudios y otros

- V.3.1. Hoja de Datos de Seguridad del Gas Natural.
- V.3.2. Programa de Mantenimiento.
- V.3.3. Modelaciones de Riesgo.
- V.3.4. Datos Técnicos de Modelación.
- V.3.5. Radios de Afectación.

V.4. Fotografías

V.4.1. Anexo Fotográfico.

V.5. Bibliografía

API Standard 2000, Venting Atmospheric and Low Pressure Storage Tanks, American Petroleum Institute, Washington D.C.

API Standard 2003, Protection Against Ignitions Arising out of Static, lightning, and Stray Currents, American Petroleum Institute, Washington D.C.

Atallah, S. (1977) Security for CPI plants. Chem. Engng. Albany, 84, Oct. 10,139.

Atallah, Sami, (1980), Assessing and Managing Industrial Risks. Chem. Eng. Vol.87, Nr. 18 pp94 –103.

Borak, J., Callan, M., and Abbott W., Hazardous Materials Exposure. Brady Books 1991.

Bronstein, A.C., P.L. Currence, Emergency Care for Hazardous Materials Exposure. St. Louis: The C.V. Mosby Company.