



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE DURANGO

REV.	FECHA	ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:
0	NOVIEMBRE DE 2021	ING. JOSÉ ALBERTO PÉREZ OSORIO	NOMBRES DE PERSONA FÍSICA ART. 116 PRIMER PÁRRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	

Control de revisiones del Estudio de Riesgo Ambiental del Sistema de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango.

Rev.	Fecha	Contenido	Comentarios
0	01/11/2021	Estudio y Anexos	Informe final.
A	12/10/2021	Estudio y Anexos	Para revisión y comentarios.

ÍNDICE

1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Descripción general del proyecto.....	1
1.2.1	Introducción.....	1
1.2.2	Objetivos.....	2
1.2.3	Alcance.....	2
1.2.4	Obras Existentes (autorizadas, en operación).....	3
1.2.5	Obras Nuevas.....	7
1.2.6	Ubicación del proyecto.....	10
1.2.7	Programa de trabajo.....	11
2.	Bases del diseño.....	12
2.1	Normas y códigos aplicables.....	12
2.2	Tuberías.....	13
2.2.1	Tubería de acero al carbón.....	13
2.2.2	Tubería de polietileno.....	13
2.2.3	Tubería de poliamida PA-12.....	13
2.2.4	Diámetros de tuberías.....	14
2.2.5	Profundidad mínima de tuberías.....	14
2.3	Estaciones de Regulación y/o Medición Distritales.....	15
2.4	Válvulas.....	17
2.4.1	Mecanismos de válvulas usadas en los Sistemas de Distribución de ECOGAS.....	17
2.4.2	Tipos de válvulas.....	19
2.5	Acometidas.....	21
2.5.1	Procedimiento de colocación.....	22
2.5.2	Ubicación de risers.....	22
2.5.3	Materiales de riser.....	25
2.6	Registros.....	25
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	27
3.1	Diseño del SDGN en la Ciudad de Durango.....	28
3.2	Construcción del SDGN en la Ciudad de Durango.....	29
3.2.1	Previo a la construcción del SDGN.....	29
3.2.2	Sondeos en instalaciones existentes antes de iniciar la excavación.....	29
3.2.3	Localización de la zanja.....	30
3.2.4	Distancia de la línea de gas natural respecto de instalaciones existentes.....	31
3.2.5	Dimensiones de la zanja.....	31
3.2.6	Zanjas en vialidad sin pavimentar.....	32
3.2.7	Zanjas en vialidad con pavimento.....	32
3.2.8	Tendido de línea de acero.....	33
3.2.9	Acometidas de gas natural o de tomas de servicio.....	57
3.2.10	Estaciones de regulación, estaciones de regulación y medición.....	58
3.2.11	Registros.....	60

ÍNDICE

3.2.12	Válvulas de seccionamiento.....	60
3.2.13	Cruces.....	61
3.3	Pre-arranque.....	64
3.4	Operación y mantenimiento.....	64
3.4.1	Vigilancia del Sistema de Distribución.....	64
3.4.2	Prevención de accidentes en tuberías en operación.....	65
3.4.3	Recorrido para monitoreo y detección de fugas en el sistema de distribución.....	66
3.4.4	Monitoreo e intensidad de olor.....	70
3.4.5	Suspensión o interrupción del servicio por trabajos de mantenimiento.....	71
3.4.6	Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.....	72
3.4.7	Desactivación, activación o abandono de tuberías.....	75
3.4.8	Estación de regulación y medición.....	76
3.4.9	Estaciones de Regulación y/o Medición Distritales en registros.....	77
3.5	Cierre y desmantelamiento.....	79
4.	HOJAS DE SEGURIDAD.....	80
5.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	84
5.1	Aspectos abióticos.....	84
5.1.1	Clima.....	84
5.1.2	Humedad relativa.....	86
5.1.3	Temperatura.....	86
5.1.4	Viento.....	86
5.1.5	Presión atmosférica.....	87
5.1.6	Precipitación.....	87
5.1.7	Fenómenos climatológicos.....	88
5.1.8	Fisiografía y geomorfología.....	90
5.1.9	Susceptibilidad de la zona a sismicidad, deslizamientos, derrumbes, otros movimientos de tierra y posible actividad volcánica.....	92
5.1.10	Tipo de suelo.....	93
5.1.11	Hidrología.....	94
5.2	Aspectos bióticos.....	96
5.2.1	Vegetación terrestre.....	96
5.2.2	Fauna.....	98
5.3	Aspectos socioeconómicos.....	101
5.3.1	Demografía.....	101
5.3.2	Factores socioculturales.....	103
5.4	Zonas vulnerables o de interés en el área del proyecto.....	105
5.4.1	Zonas vulnerables de población.....	105
5.5	Áreas de interés ecológico y ambiental.....	110
5.5.1	Áreas Naturales Protegidas.....	110
5.5.2	Sitios RAMSAR.....	111
5.5.3	Regiones Terrestres Prioritarias (RTP).....	111
5.5.4	Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAs).....	112
5.5.5	Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs).....	113

ÍNDICE

6.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.	114
6.1	Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.	114
6.1.1	Análisis preliminar de peligros.	114
6.1.2	Antecedentes de accidentes e incidentes de proyectos e instalaciones similares.	115
6.1.3	Identificación de peligros y de escenarios de riesgo.	119
6.1.3.1	Descripción de la metodología.	120
6.1.3.2	Premisas, consideraciones y criterios aplicados.	121
6.1.3.3	Desarrollo de la metodología.	122
6.1.4	Jerarquización de escenarios de riesgo.	124
6.1.4.1	Premisas, consideraciones y criterios aplicados.	126
6.1.4.2	Resultados de la jerarquización de escenarios de riesgos.	127
6.2	Análisis cuantitativo de riesgo.	131
6.2.1	Análisis de frecuencias.	139
6.2.1.1	Descripción de la metodología.	139
6.2.1.2	Premisas, consideraciones y criterios aplicados.	142
6.2.1.3	Desarrollo de la metodología.	142
6.2.2	Análisis de consecuencias.	150
6.2.2.1	Descripción de la metodología.	150
6.2.2.2	Criterios establecidos en el análisis de consecuencias.	151
6.2.2.3	Resumen de los parámetros establecidos en la simulación y tabla de resultados.	155
7.	REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.	172
8.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.	174
8.1	Análisis de vulnerabilidad.	174
8.2	Interacciones de riesgo.	179
9.	REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.	181
10.	SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.	183
10.1	Sistemas de seguridad.	183
10.2	Medidas preventivas.	186
10.3	Recomendaciones técnico-operativas.	191
11.	CONCLUSIONES.	193
12.	RESUMEN EJECUTIVO.	196

TABLAS

Tabla 1 Composición del gas natural que se distribuye en el SDGN Durango.	3
Tabla 2 Punto de entrega del SDGN Durango.	4
Tabla 3 Inventario de tuberías de acero existentes en el SDGN de la Ciudad de Durango.	5
Tabla 4 Inventario de tuberías de polietileno existentes en el SDGN de la Ciudad de Durango.	5
Tabla 5 Acometidas existentes del SDGN de la Ciudad de Durango.	5
Tabla 6 Programa de tuberías (Obras Nuevas) del SDGN de la Ciudad de Durango.	7
Tabla 7 Programa de Estaciones de Regulación (Obras Nuevas) del SDGN de la Ciudad de Durango.	8
Tabla 8 Características de las tuberías de acero, polietileno y poliamida (Obras Nuevas).	9
Tabla 9 Estaciones de Regulación Distritales nuevas del SDGN Durango (Obras Nuevas).	9
Tabla 10 Clasificación de tubos de acuerdo a material de fabricación y color de tubo.	13
Tabla 11 Diámetros para tubería de acero al carbón.	14
Tabla 12 Profundidad mínima del lomo de la tubería al nivel de piso terminado.	14
Tabla 13 Ejemplo de una estación de regulación y/o medición distrital en registros.	15
Tabla 14 Etapas del proceso.	27
Tabla 15 Etapas del proceso.	31
Tabla 16 Dimensiones de zanja para tubería de polietileno.	36
Tabla 17 Duración de pruebas con manómetro o manógrafo.	49
Tabla 18 Caída de presión aceptable.	49
Tabla 19 Resumen de sustancias peligrosas.	80
Tabla 20 Volumen de gas natural en el Proyecto.	81
Tabla 21 Resultado de número de moles por sección.	82
Tabla 22 Resultado de la masa de gas en el Proyecto.	83
Tabla 23 Tipos de clima representados en el Sistema Ambiental Regional (SAR).	84
Tabla 24 Acuíferos incluidos en el Sistema Ambiental Regional.	96
Tabla 25 Especies de aves registradas en campo.	98
Tabla 26 Especies de aves registradas en campo.	101
Tabla 27 Antecedentes de accidentes e incidentes.	117
Tabla 28 Usos típicos de metodologías de análisis de riesgos.	119
Tabla 29 Integrantes del grupo multidisciplinario.	122
Tabla 30 Sistemas analizados.	122
Tabla 31. Términos de la hoja de trabajo ¿Qué pasa sí...?	123
Tabla 32 Categorías de frecuencia.	125
Tabla 33 Categoría de consecuencias.	125
Tabla 34 Agrupación de escenarios de riesgo inherente.	128
Tabla 35 Agrupación de escenarios de riesgo operativo.	129
Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.	132
Tabla 37. Probabilidad de ignición inmediata para instalaciones fijas.	140
Tabla 38. Probabilidad de ignición retardada para instalaciones fijas.	141
Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.	143
Tabla 41 Condiciones ambientales empleadas en la simulación.	151
Tabla 42. Zona de alto riesgo y amortiguamiento.	154

TABLAS

Tabla 43 Parámetros establecidos en la simulación.....	156
Tabla 44 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.....	162
Tabla 45 Descripción de los posibles receptores de riesgo.....	174
Tabla 46 Distribución de escenarios derivados del reposicionamiento del riesgo.....	181
Tabla 47 Recomendaciones de la identificación de peligros y escenarios de riesgo.....	191
Tabla 48 Programa para la implementación de las recomendaciones.....	192

FIGURAS

Figura 1 Obras que integran el Proyecto SGDN en la Ciudad de Durango.	3
Figura 2 Tubería de acero existente y autorizada del SDGN de la Ciudad de Durango.	6
Figura 3 Tubería de polietileno existente y autorizada del SDGN de la Ciudad de Durango.	7
Figura 4 Localización del Proyecto SDGN en la Ciudad de Durango.	10
Figura 5 Ejemplo de mecanismo de válvula de compuerta.	17
Figura 6 Ejemplo de mecanismo de válvula de globo.	18
Figura 7 Ejemplo de mecanismo de válvula de mariposa.....	18
Figura 8 Ejemplo de mecanismo de válvula macho.	19
Figura 9 Ejemplo de mecanismo de válvula de bola o de esfera.....	19
Figura 10 Ejemplo de instalación con válvulas de bloqueo.	20
Figura 11 Válvula de seccionamiento (Kerotest).	20
Figura 12 Funcionamiento de una válvula de exceso de flujo (válvula de seguridad).....	21
Figura 13 Esquema de tubo de subida horizontal corto de ¾”.....	22
Figura 14 ejemplo de localización de risers.....	23
Figura 15 Separación de raiser de otro servicio.	23
Figura 16 Ejemplo se separación de troncos y/o raíces.	24
Figura 17 Vista de planta de un registro.....	26
Figura 18 Diagrama de bloques del proceso del SDGN en la Ciudad de Durango.....	27
Figura 19 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto hidráulico – polietileno de alta y media densidad de 6”.....	39
Figura 20 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto asfáltico – polietileno de alta y media densidad de 6”.....	39
Figura 21 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto hidráulico – polietileno de alta y media densidad de 4”.....	40
Figura 22 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto asfáltico – polietileno de alta y media densidad de 4”.....	40
Figura 23 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en terreno natural – polietileno de alta y media densidad de 4”.....	41
Figura 24 Diagrama de sondeos para excavación con zanjadora.	42
Figura 25 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Hidráulico – Polietileno de alta o media densidad de 2”.....	45
Figura 26 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Hidráulico – Polietileno de alta o media densidad de 4”.....	45
Figura 27 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Asfáltico – Polietileno de alta o media densidad de 2”.....	46
Figura 28 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Asfáltico – Polietileno de alta o media densidad de 4”.....	46
Figura 29 Ejemplo de compresión de agua dentro del tubo.	51
Figura 30 Ejemplo de desagüe de tubería.	53
Figura 31 Ejemplo de limpieza de tubería.	53
Figura 32 Ejemplo de carga de gas a la tubería.....	54
Figura 33 Ejemplo del procedimiento de la perforación direccional.....	62

FIGURAS

Figura 34 Ejemplo del procedimiento de cruce aéreo.	63
Figura 35 Ejemplo de cruce adosado a puente.	64
Figura 36 Tipos de clima presentes en el SAR y el Área del Proyecto (AP).	85
Figura 37 Rosa de los vientos de la Ciudad de Victoria de Durango.	87
Figura 38 Zonas sísmicas de México.	93
Figura 39 Hidrología superficial presente en el SAR y el Área del Proyecto (AP).....	95
Figura 40 Proyección de crecimiento poblacional.	102
Figura 41 Distribución de la población por sexos.	103
Figura 42 Centros educativos en el área del Proyecto.	106
Figura 43 Centros de salud en área del Proyecto.	107
Figura 44 Templos o centros de culto en el área del Proyecto.	108
Figura 45 Plazas en el área del Proyecto.....	109
Figura 46 Centros comerciales en el área del Proyecto.	109
Figura 47 Plantilla de documentación de lista de verificación.....	115
Figura 48 Diagrama de flujo para el desarrollo de la metodología ¿Qué pasa sí...?	121
Figura 49 Formato de documentación ¿Qué pasa sí...?	123
Figura 50 Matriz de jerarquización de riesgos.....	124
Figura 51 Distribución de escenarios de riesgo inherente.	127
Figura 52 Gráficas de escenarios de riesgo inherente por receptor evaluado.	128
Figura 53 Distribución de escenarios de riesgo operativo.	129
Figura 54 Gráficas de escenarios de riesgo inherente por receptor evaluado.	130
Figura 55 Diagrama tipo de árbol de eventos.....	139
Figura 56 Ejemplo de árbol de eventos.	142
Figura 57 Modelo de orificio.....	152
Figura 58 Representación de radios de afectación.	172
Figura 59 Representación de eventos de dardo de fuego.	173
Figura 60 Gasolineras en ciudad de Durango	179
Figura 61 Estaciones de gas en ciudad de Durango	180
Figura 62 Distribución de escenarios derivados del reposicionamiento del riesgo.	182
Figura 63 Ejemplo de una válvula de corte de máxima presión.....	183
Figura 64 Ejemplo de una válvula de alivio.	183
Figura 65 Ejemplo de un regulador monitor.	184
Figura 66 Ejemplo de válvula de seccionamiento.....	184
Figura 67 Ejemplo de válvula de exceso de flujo.....	185

ANEXOS

- Anexo A.** Título de Permiso y resolutivos en materia de impacto ambiental.
- Anexo B.** Información base para desarrollar el estudio.
- Anexo C.** Hoja de Datos de Seguridad del gas natural.
- Anexo D.** Cartografía consultada.
- Anexo E.** Anexo fotográfico.
- Anexo F.** Zonas vulnerables.
- Anexo G.** Listas de verificación.
- Anexo H.** Análisis ¿Qué pasa sí...?.
- Anexo I.** Árboles de eventos.
- Anexo J.** Análisis de consecuencias.
- Anexo K.** Descripción de peores casos.
- Anexo L.** Procedimientos internos.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.1 Antecedentes.

ECOGAS, subsidiaria de IEnova, cuenta con un Título de Permiso por parte de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) número G/063/DIS/99 del 18 de junio de 1999, para distribución de gas natural para la zona geográfica de distribución Laguna-Durango.

El 01 de marzo de 2001, la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental (DGOEIA) de la SEMARNAT, mediante la Resolución Administrativa No. D.O.O.DGOEIA.-000768 autorizó de manera condicionada el proyecto denominado “Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango”, que denominaremos Obras Existentes (autorizadas, en operación).

Se han autorizado tres modificaciones al proyecto, entre las que destacan dos ampliaciones de plazos y una ampliación al proyecto. Las ampliaciones de plazos se aprobaron para la etapa de operación y mantenimiento en primera instancia al 01 de marzo de 2016 y en segunda al 05 de mayo de 2021 mediante los oficios S.G.P.A/DGIRA/DG/0803/11 y ASEA/UGSIVC/5S.1/0843/2016 respectivamente. La solicitud de ampliación del proyecto consistió en la construcción y operación de 371,484.8348 metros lineales de tubería de polietileno de 2”, 4” y 6” siendo aprobada de manera condicionada el 26 de junio de 2019 mediante el oficio ASEA/UGSIVC/DGGC/5804/2019.

ECOGAS cuenta con la autorización ASEA-EOM17003C otorgada mediante el oficio ASEA/UGI/DGGTA/0118/2017 del 30 de enero de 2017 del Sistema de Administración, Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Ambiente (SASISOPA) para la Zona Geográfica de Durango.

Los oficios y resolutivos antes mencionados se encuentran en el **Anexo A** disponibles para su consulta.

1.2 Descripción general del proyecto.

1.2.1 Introducción.

El crecimiento del sistema de distribución de gas natural en el estado de Durango depende de la demanda de potenciales usuarios, lo que ha derivado en la solicitud de diversas modificaciones de la autorización otorgada en 2001, para evitar lo anterior se propone bajo una visión integral de largo plazo, una estrategia ambiental mediante el instrumento de la evaluación del impacto ambiental regional de todo el sistema como una sola unidad (Obras Existentes y Obras Nuevas) que denominaremos como el proyecto Sistema de Distribución de Gas Natural (SDGN) en la Ciudad de Durango, lo cual permitirá programar y ejecutar el plan de negocios de ECOGAS Durango dentro de un área geográfica definida, asegurando con ello un desarrollo sustentable acorde a la normatividad vigente.

La estrategia busca:

1. Que las Obras Existentes y Nuevas estén acordes con la regulación vigente en materia de seguridad operativa, industrial y protección al ambiente.

2. Administrar el proyecto denominado Sistema de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango a través de una autorización única que permita garantizar de manera continua la seguridad e integridad de las instalaciones del sistema conformado por Obras Existentes y Obras Nuevas, mediante acciones de mantenimiento y sustitución de infraestructura, previniendo o reduciendo eventos de riesgo que pudieran causar daños a la seguridad, salud pública y al medio ambiente.
3. Contar dentro del Sistema Ambiental Regional con áreas el desarrollo del proyecto, basada en criterios técnicos.
4. Que las áreas el desarrollo del proyecto, permitan previo a la instalación de una Obra Nueva, conocer su ubicación dentro de las zonas funcionales y prever con ello, el o los impactos y riesgos que podría tener y las medidas de mitigación o prevención más adecuadas para prevenir o reducir los impactos identificados.
5. Contar con criterios técnicos, recomendaciones y medidas de seguridad derivados del Estudio de Riesgo Ambiental previo a la ubicación de una Obra Nueva.
6. No llevar a cabo Obras Nuevas en áreas catalogadas como restringidas en los planes de desarrollo urbano vigentes.
7. Seguimiento de las Obras Existentes y Nuevas a través de la evaluación del desempeño del SASISOPA.
8. Mayor eficiencia y eficacia en la gestión ambiental.

1.2.2 Objetivos.

El Proyecto Sistema de Distribución de Gas Natural (SDGN) en la Ciudad de Durango tiene los siguientes objetivos:

- Operar con los estándares exigidos por la normatividad vigente la red ya construida (Obras Existentes).
- Contribuir con la seguridad energética y el desarrollo económico del municipio, impulsando el establecimiento de energía alternativa y segura.
- Maximizar el aprovechamiento del permiso otorgado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Suministrar gas natural a población de Durango.
- Abastecer a la industria de los alrededores y a las principales localidades del municipio.

1.2.3 Alcance.

El Proyecto Sistema de Distribución de Gas Natural (SDGN) en la Ciudad de Durango que se somete a evaluación de impacto ambiental está conformado por dos tipos de obras: **Obras Existentes y Obras Nuevas**, las cuales se definen a continuación.

- Obras Existentes: Obras autorizadas en 2001 por la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental (DGOEIA) mediante el resolutivo D.O.O.DGOEIA.-000768 y obras autorizadas en 2019 por la Agencia de Seguridad Energía y Medio Ambiente mediante el resolutivo ASEA/UGSIVC/DGGC/5804/2019 que actualmente se encuentran construidas y operando.
- Obras Nuevas: Obras proyectadas del 2021 al 2040.

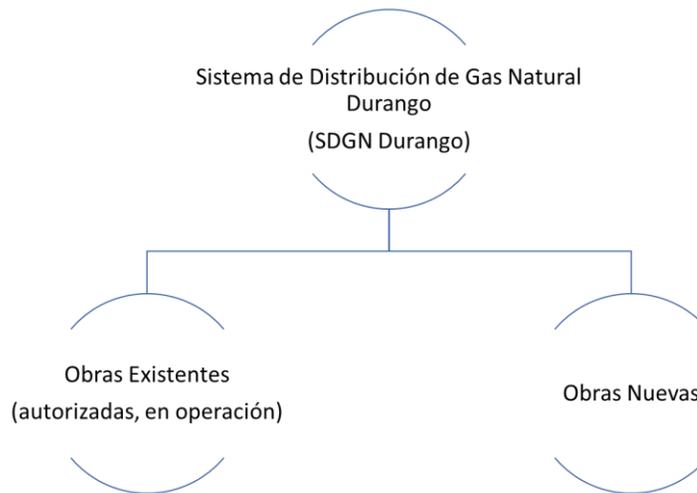


Figura 1 Obras que integran el Proyecto SGDN en la Ciudad de Durango.

Con base en lo anterior, en el presente documento se realizará la identificación y evaluación de los riesgos asociados a las Obras Existentes y Obras Nuevas en cumplimiento con los requisitos establecidos por la Agencia de Seguridad Energía y Medio Ambiente.

1.2.4 Obras Existentes (autorizadas, en operación)

El SDGN Durango distribuye y distribuirá gas natural con las características de composición que se presentan en la **Tabla 1** y cuya hoja de datos de seguridad del proveedor se presenta en el **Anexo C**.

Tabla 1 Composición del gas natural que se distribuye en el SDGN Durango.

Componente	Composición (% mol)
Metano	91.10
Dióxido de carbono	0.45
Nitrógeno	1.34
Inertes	1.79
Etano	6.22

Fuente: ECOGAS

El gas natural se recibe desde un ducto perteneciente a Petróleos Mexicanos / CENAGAS mediante el punto de entrega que se indica en la **Tabla 2** y cuyo plano se presenta en el **Anexo B**.

Tabla 2 Punto de entrega del SDGN Durango.

Punto de entrega	Coordenadas de vértices (decimales)	Pasos de regulación	Presión de entrada (psi)	Presión de medición (psi)	Presión de entrega (psi)	Capacidad nominal de operación (sm ³ /h)
CG Durango	X _A : 24.107703 Y _A : -104.555483 X _B : 24.108242 Y _B : -104.555893 X _C : 24.108412 Y _C : -104.555645 X _D : 24.107961 Y _D : -104.555276	1	450	450	100	5250
Imagen satelital	UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP					

Fuente: ECOGAS

El sistema de distribución opera manteniendo la presión a 150 psi manométrica en el tramo Durango mediante el arreglo de regulación y medición del City Gate Durango, de acuerdo con el plano del **Anexo B**.

Para realizar el suministro hacia los consumidores, se instalan acometidas, reguladores y medidores en los domicilios de los clientes. Estos arreglos de tubería y accesorios tienen la función de reducir la presión de 150 psi hasta la presión requerida por cada cliente de acuerdo a sus necesidades y de medir el flujo de gas que consume cada uno de ellos.

En las tablas siguientes se muestran características de las tuberías de acero y polietileno existentes del SDGN de la Ciudad de Durango.

Tabla 3 Inventario de tuberías de acero existentes en el SDGN de la Ciudad de Durango.

Tramo	Longitud (km)	Diámetro (pulg)	Capacidad (m ³ /h)	Presión de diseño (psi)	Presión de operación (psi)	Grado del material	Espesor (pulg)	Año de Construcción
Tramo Durango de 10"	6.588	10	61000	420	150	API-5L-X-42	0.279	2000
Tramo Durango de 4"	0.621	4	11800	420	150	API-5L-X-42	0.237	2001
Tramo Durango de 2"	1.4165	2	2000	420	150	API-5L-X-42	0.218	2001-2007

N.D.: No Disponible

Fuente: ECOGAS

Tabla 4 Inventario de tuberías de polietileno existentes en el SDGN de la Ciudad de Durango.

Sistema	Longitud (km)	Diámetro (pulg)	Presión de diseño (psi)	Presión de operación (psi)	Grado del material	Espesores existentes (pulg)	Año de Construcción
Polietileno	19378.80	2	100	59.86	HDPE	0.216	2020-2021
Polietileno	4525.55	4	100	59.86	HDPE	0.409	2020-2021
Polietileno	17688.01	6	100	59.86	HDPE	0.602	2020-2021

N.D.: No Disponible

Fuente: ECOGAS

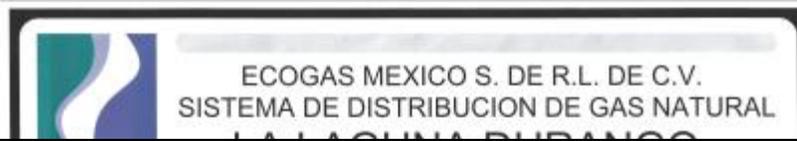
Para realizar el suministro hacia los consumidores, se instalan acometidas, reguladores y medidores en los domicilios de los clientes. Estos arreglos de tubería y accesorios que tienen la función de reducir la presión de 280 a 45 psi y de medir el flujo de gas que consume cada cliente. El arreglo depende del tipo de cliente, por lo que se tienen 3 arreglos típicos: residencial, comercial e industrial.

Tabla 5 Acometidas existentes del SDGN de la Ciudad de Durango.

Residencial	Comercial	Industrial	Total de clientes
72193	304	79	72,576

Fuente: ECOGAS

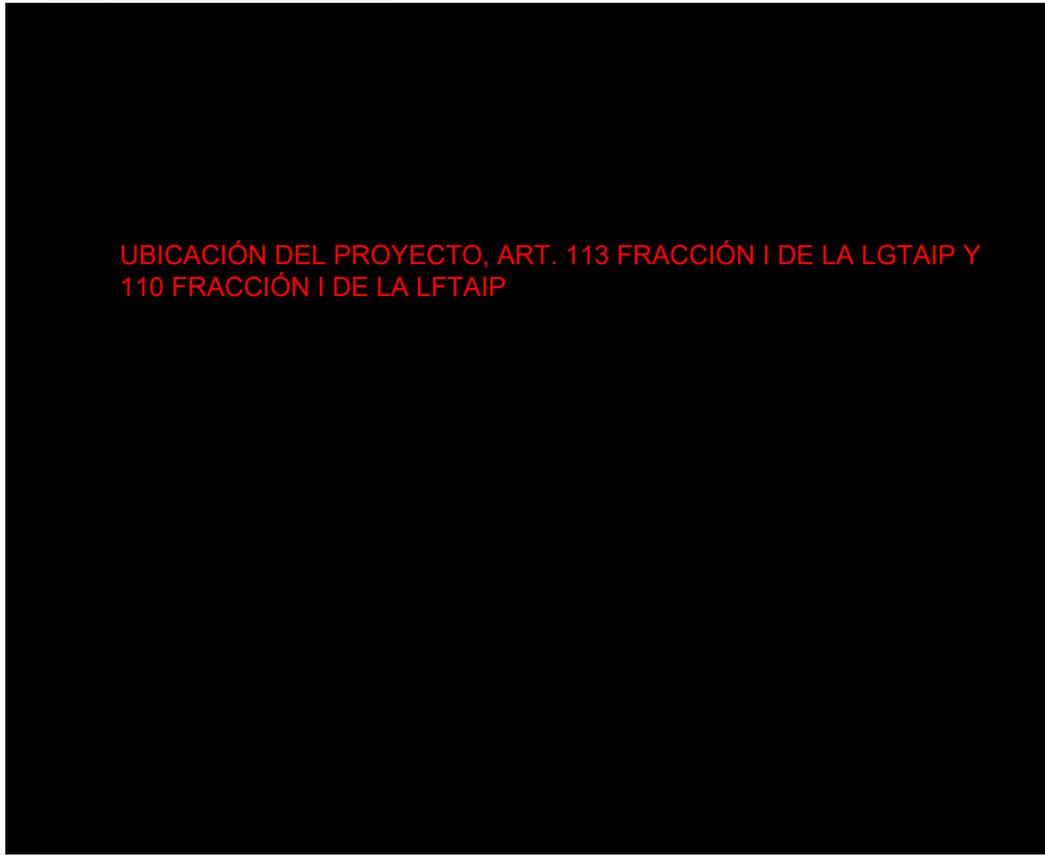
En la **Figura 2** y **Figura 3** se muestran las Obras Existentes (autorizadas, en operación).



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

Fuente: Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos Durango, 2018.

Figura 2 Tubería de acero existente y autorizada del SDGN de la Ciudad de Durango.



MIA DURANGO - RED ECOGAS

Simbología

 Polígono MIA

Red Ecogas

 OPTE-02

 OTPE-04

 OTPE-06

Especificaciones Cartográficas
Proyección: Universal Transversal de Mercator
Datum Horizontal: WGS84 Zona 13N
Escala de edición: 1:40,000



Elaborado por: David A. Díaz Favela

Revisó: Lic. Zyanya Vique Mendoza

Fecha de Elaboración: Noviembre 2018

Fuente: Estudio de Riesgo Ambiental Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango, 2019.

Figura 3 Tubería de polietileno autorizada del SDGN de la Ciudad de Durango.

1.2.5 Obras Nuevas.

Actualmente debido el crecimiento comercial e industrial en el centro de Durango y zonas periféricas, ECOGAS pretende continuar con el proyecto original e instalar ducto de polietileno, poliamida y acero de diferentes diámetros con una longitud de 902,610 m lineales, para poder cumplir con la demanda del servicio de gas natural.

La red de tuberías y estaciones por construir se establecen en las siguientes tablas.

Tabla 6 Programa de tuberías (Obras Nuevas) del SDGN de la Ciudad de Durango.

Año	Tubería						Total (m)	Material
	Diámetro							
	2"	4"	6"	8"	10"	12"		
2021	40,000	3,000	2,000	0	0	0	47,021	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero
2022	25,000	4,000	2,000	0	0	0	33,022	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero
2023	27,000	4,000	2,000	0	1,000	0	36,023	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero
2024	31,000	2,000	1,000	0	0	0	36,024	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero

Año	Tubería							Total (m)	Material
	Diámetro								
	2"	4"	6"	8"	10"	12"			
2025	33,000	2,000	1,000	0	0	0	38,025	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2026	35,000	2,000	1,000	0	0	0	40,026	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2027	30,000	2,000	1,000	25,000	0	0	60,027	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2028	32,000	2,000	1,000	0	0	0	37,028	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2029	30,000	2,000	1,000	10,000	0	0	45,029	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2030	32,000	2,000	1,000	0	0	0	37,030	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2031	34,000	4,000	2,000	0	7,000	0	49,031	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2032	36,000	4,000	2,000	0	0	12,000	56,032	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2033	38,000	4,000	2,000	0	0	0	46,033	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2034	40,000	2,000	1,000	0	0	0	45,034	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2035	42,000	2,000	1,000	0	0	0	47,035	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2036	43,000	2,000	1,000	0	0	0	48,036	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2037	44,000	2,000	1,000	0	0	0	49,037	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2038	45,000	2,000	1,000	0	0	0	50,038	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2039	46,000	2,000	1,000	0	0	0	51,039	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
2040	47,000	2,000	1,000	0	0	0	52,040	PEAD, PEMD o Poliamida y Acero	
Total							902,610		

PEAD: Polietileno de Alta Densidad, PEBD: Polietileno de Baja Densidad.

Fuente: ECOGAS

Tabla 7 Programa de Estaciones de Regulación (Obras Nuevas) del SDGN de la Ciudad de Durango.

Año	Estaciones de regulación	
	Tipo	Cantidad
2021	Distrital	1
2022	Distrital	1
2027	Distrital	1
2029	Distrital	1

Fuente: ECOGAS

Las condiciones de operación de las tuberías y estaciones de regulación distritales programadas como Obras Nuevas se indican en las siguientes tablas.

Tabla 8 Características de las tuberías de acero, polietileno y poliamida (Obras Nuevas).

Tubería	Diámetro (pulg)	Capacidad máxima (m ³ /h)	Presión de diseño (psig)	Grado de material	Temperatura de operación °C
Poliamida	2	3,850	250	SDR 11	23
Poliamida	4	13,820	250	SDR 11	23
Poliamida	6	30,200	250	SDR 11	23
Poliamida	8	50,800	250	SDR 11	23
Poliamida	10	78,000	250	SDR 11	23
Poliamida	12	112,000	250	SDR 11	23
HDPE	2	1,600	100	SDR 11	23
HDPE	4	5,800	100	SDR 11	23
HDPE	6	12,800	100	SDR 11	23
HDPE	8	21,400	100	SDR 11	23
HDPE	10	33,700	100	SDR 11	23
HDPE	12	47,500	100	SDR 11	23
Acero	2	4,600	300	SDR 11	23
Acero	4	19,800	300	SDR 11	23
Acero	6	46,000	300	SDR 11	23
Acero	8	81,500	300	SDR 11	23
Acero	10	128,500	300	SDR 11	23
Acero	12	179,200	300	SDR 11	23

Fuente: ECOGAS

Tabla 9 Estaciones de Regulación Distritales nuevas del SDGN Durango (Obras Nuevas).

No.	Nombre	Presión de entrada (psi)	Presión de medición (psi)	Presión de entrega (psi)	Capacidad máxima (m ³ /h)
1	Estación 1	300	300	45 – 100	4400 - 14150
2	Estación 2	300	300	45 – 100	4400 - 14150
3	Estación 3	300	300	45 – 100	4400 - 14150
4	Estación 4	300	300	45 – 100	4400 - 14150

Fuente: ECOGAS

1.2.6 Ubicación del proyecto.

El Proyecto Sistema de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango, consiste en la operación y mantenimiento de la red existente de ECOGAS por un periodo de 40 años y la construcción con proyección a 20 años de nueva infraestructura para la conducción, entrega y comercialización de gas natural por medio de ductos, las nuevas instalaciones una vez superadas las respectivas pruebas y obtenidos los dictámenes, se incorporarán al programa de operación y mantenimiento que actualmente implementa ECOGAS en la red existente.

Se tiene previsto un crecimiento de 4 estaciones de regulación y medición tipo distrital, y 902.61 km de tubería de polímeros y acero con diámetros de 2”, 4”, 6”, 8”, 10” y 12” dentro del límite de la Zona Geográfica de Durango, de conformidad con el título de permiso de distribución de gas natural de la Comisión Reguladora de Energía (CRE). El Área del Proyecto se ubica en el Estado de Durango, específicamente en el centro de población de la capital y en las localidades ubicadas al norte del centro de población llamadas San Dimas, Canatlán y Pánuco de Coronado en una poligonal de 2,060.56 Ha; lo anterior considerando tanto a la red actualmente en operación como las obras nuevas.

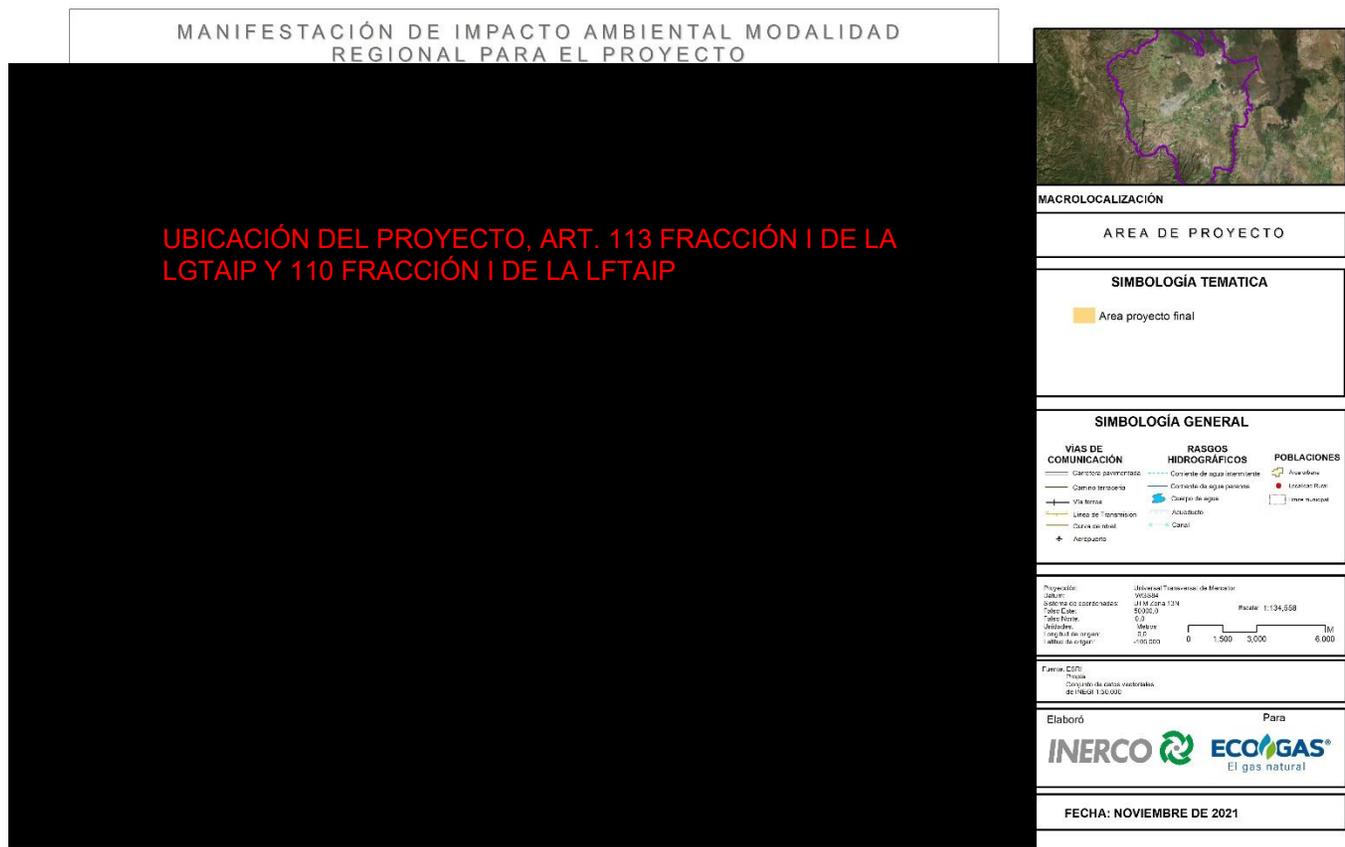


Figura 4 Localización del Proyecto SDGN en la Ciudad de Durango.

1.2.7 Programa de trabajo.

El Proyecto Sistema de Distribución de Gas Natural (SDGN) en la Ciudad de Durango tendrá un periodo de preparación del sitio y construcción de 20 años, de operación y mantenimiento de 40 años.

El programa de tramos de tubería y Estaciones Distritales a incorporar por año se muestran en la **Tabla 6** y **Tabla 7** respectivamente.

2. BASES DEL DISEÑO.

El diseño del Sistema de Distribución de Gas Natural (SDGN) en la Ciudad de Durango contemplará las especificaciones técnicas establecidas en las normas oficiales mexicanas NOM-003-ASEA-VIGENTE de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento.

2.1 Normas y códigos aplicables.

Externas:

- ISO 9000 Sistema de Gestión de la Calidad - Fundamentos y Vocabulario.
- ISO 9001 Sistema de Gestión de la Calidad – Requisitos.
- ISO 14001 Sistema de Gestión Ambiental – Requisitos.
- ISO 45001 Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.
- ISO 19011 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental.
- NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- NOM-006-STPS-2015, Manejo y Almacenamiento de Materiales-Condicionales de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condicionales de seguridad y salud en el trabajo.
- NMX-E-043-SCFI-2002, Tubos de polietileno para conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP).
- ANSI-ASME B-31.8 “Gas Transmission and Distribution Piping Systems”.
- API-1104 Welding of Pipelines and Related Facilities.

Internas:

- P-EM-SS-11-01 Procedimiento prácticas y permisos de trabajo seguro.
- P-EM-SS-16-01 Procedimiento para la realización de análisis de seguridad en la tarea.
- F-EM-SS-09-02 Lista de verificación de seguridad para socios estratégicos.
- P-EM-SS-29B-01 Procedimiento para trabajos y rescate en espacios confinados.
- P-EM-SS-29E-01 Procedimiento para trabajos en caliente.
- P-EM-SS-29F-01 Procedimiento para la realización de zanjas y excavaciones.
- P-EM-SS-29G-01 Procedimiento control de tráfico.
- P-EM-SS-29H-01 Procedimiento para manejo de grúas polipastos y montacargas.
- P-EM-OM-01 Procedimiento para la integridad y la seguridad en el sistema de distribución.
- P-EM-CON-01 Procedimiento de construcción línea principal y tomas de servicio proyectos de expansión.
- P-EM-REG-01 Procedimiento para el control de los registros.
- Manual de políticas MPC ECOGAS.

2.2 Tuberías.

De acuerdo con lo establecido por el área de ingeniería de ECOGAS, la red de distribución se compondrá por tuberías de acero al carbón, polietileno de alta densidad y poliamida.

2.2.1 Tubería de acero al carbón.

Los tubos de acero que serán utilizados para la conducción de gas satisfacerán lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-VIGENTE, así como los requerimientos mínimos de fabricación establecidos en las Normas Mexicanas vigentes; o en ausencia de éstas, los estándares internacionales aplicables, de acuerdo al tipo y características del tubo de acero que requiera el sistema de distribución.

2.2.2 Tubería de polietileno.

Las tuberías de polietileno que serán utilizados para la conducción de gas cumplirán con la Norma Mexicana NMX-E-043-SCFI-VIGENTE.

Los tubos de polietileno que se utilizan para la conducción de gas natural y gas licuado de Petróleo se clasifican de acuerdo con su material de fabricación y color del tubo, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 10 Clasificación de tubos de acuerdo a material de fabricación y color de tubo.

Material de fabricación	Color del tubo
Polietileno de media densidad (PEMD)	Amarillo
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Negro con franjas amarillas

2.2.3 Tubería de poliamida PA-12.

La tubería de poliamida sin plastificante que se utilice para la conducción de gas cumplirá con lo establecido en la NMX-X-047-SCFI-2014 o aquella que la modifique o sustituya.

La poliamida 12 (PAU-12 no plastificada) es un polímero termoplástico de alta dureza y resistencia química; específicamente en aplicaciones de redes de gas se maneja la referencia VESTAMID NRG2105 de alto peso molecular, resistencia a la corrosión, a los hidrocarburos pesados, a la propagación lenta y rápida de grietas y al rayado e impacto.

Las tuberías en poliamida 12 PAU-12 para redes de gas natural, son fabricadas bajo la norma ISO 16486-2/NTC6105-2 y soportan una la presión de operación hasta de 18 bares (261 psi). Estas tuberías son una excelente alternativa para reemplazar tuberías en acero, propiciando costos de instalación y mantenimiento bajos, pues los procesos de unión como termofusión y electro fusión pueden realizarse con los mismos equipos utilizados para tuberías de polietileno, no requieren protección catódica y cuentan con un coeficiente de rugosidad bajo que permite disminuir costos de energía de bombeo y aumentar el flujo de gas transportado.

2.2.4 Diámetros de tuberías.

Los diámetros pueden ser los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11 Diámetros para tubería de acero al carbón.

Material	Diámetro (pulg)	Espesor	Presión de operación (psi)
Acero al carbón	2" nominal (2.375" exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-300
	4" nominal (4.50" exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-300
	6" nominal (6.625" exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-300
	8" nominal (8.625" exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-300
	10" nominal (10.75 exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-300
	12" nominal (12.75" exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-300
Polietileno de Alta Densidad	2" nominal (60.3mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	4" nominal (114.3mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	6" nominal (168.3mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	8" nominal (219.1mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	10" nominal (273.0mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	12" nominal (323.8mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
Poliamida PA-12	2" nominal (60.3mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	4" nominal (114.3mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	6" nominal (168.3mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	8" nominal (219.1mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	10" nominal (273.0mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100
	12" nominal (323.8mm exterior)	Según NOM-003-ASEA- vigente	45-100

Fuente: ECOGAS

2.2.5 Profundidad mínima de tuberías.

La profundidad mínima del lomo de la tubería al nivel de piso terminado será como se establece en la siguiente tabla.

Tabla 12 Profundidad mínima del lomo de la tubería al nivel de piso terminado.

Ubicación	Excavación normal (cm)	Excavación en roca (cm)
Tubería hasta 508 mm (20 pulg) de diámetro	60	45
Tubería > 508 mm (20 pulg) de diámetro	75	60

Tabla 12 Profundidad mínima del lomo de la tubería al nivel de piso terminado.

Ubicación	Excavación normal (cm)	Excavación en roca (cm)
En derechos de vía de carreteras o ferrocarriles	75	60
Cruzamientos de carreteras	120	90
Cruzamientos de ferrocarriles (Tubería encamisada)	120	120
Cruzamientos de ferrocarriles (Tubería sin encamisar)	200	200
Cruces de vías de agua	120	60
Bajo canales de drenaje o irrigación	75	60
Acometidas (presión de operación \leq 689 kPa)	45	30
Acometidas (presión de operación $>$ 689 kPa)	60	45

Fuente: ECOGAS

2.3 Estaciones de Regulación y/o Medición Distritales.

Las Estaciones de Regulación y Medición Distritales están destinadas a reducir y controlar la presión del gas a la salida de la instalación dentro de límites previamente definidos, están compuestas por un tren de servicio, también puede incluir: tren de by-pass, reguladores de servicio, reguladores monitores y filtros. Ubicada de manera subterránea en un espacio determinado, el cual debe cumplir con las dimensiones necesarias para el mantenimiento a los equipos instalados en su interior y estar protegida adecuadamente para evitar el acceso de personal extraño.

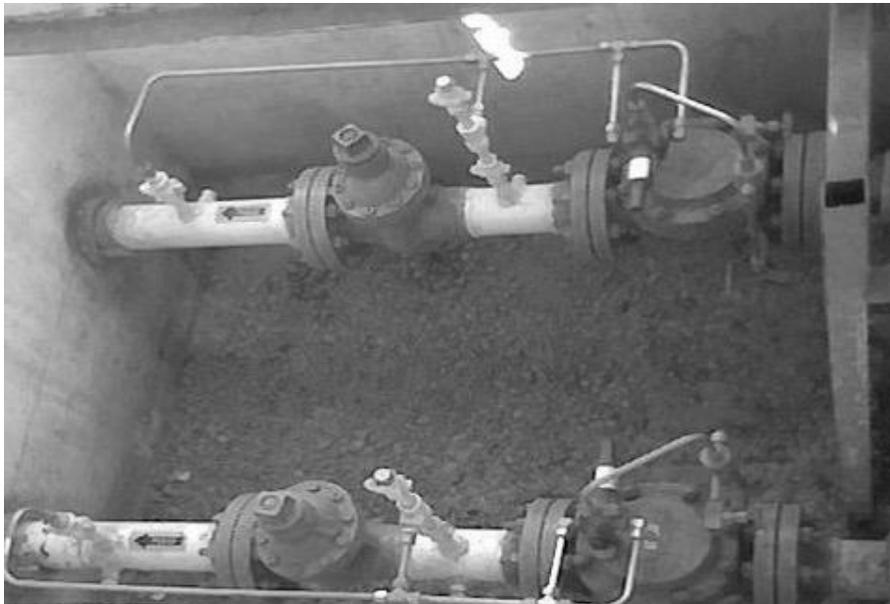


Tabla 13 Ejemplo de una estación de regulación y/o medición distrital en registros.

Con base en la NOM-003-ASEA-VIGENTE a continuación se establecen los criterios para en su construcción:

- Puede estar instalada en recintos abiertos, en locales o armarios cerrados a nivel de piso o bajo tierra, total o parcialmente. Si se ubican en registros subterráneos éstos deben cumplir la disposición 6.6.2 de la Norma Oficial Mexicana antes citada;
- Debe estar ubicada en ambientes no corrosivos y protegida contra daños causados por agentes externos, por ejemplo: impactos de vehículos y objetos, derrumbes, inundación y tránsito de personas;
- Debe estar a una distancia mayor de tres metros de cualquier fuente de ignición;
- Estar protegidos contra el acceso de personas no autorizadas por medio de un cerco de tela ciclón, gabinete u obra civil con ventilación cruzada cuando tengan techo, así como contar con los espacios para realizar el mantenimiento de la estación, y
- Ser accesible directamente desde la vía pública para realizar las tareas de operación, mantenimiento y atención de emergencias.

No está permitido instalar estaciones en:

- Bajo líneas de conducción eléctrica o transformadores eléctricos. Como mínimo deben estar a una distancia de diez metros de la vertical de dichas líneas o transformadores;
- Lugares donde el gas pueda migrar al interior de edificios, tales como: ventanas, tomas de aire de ventilación, aire acondicionado, en cubos de luz, escaleras de servicios, deben ubicarse a una distancia mínima de un metro, y
- Lugares cerrados o confinados junto con otras instalaciones.

Las estaciones deben estar compuestas, como mínimo, por lo siguiente:

- Una línea de regulación o una línea de regulación y medición;
- La línea de regulación debe contar con el regulador de presión y válvulas a la entrada y a la salida para aislar dicha línea. Debe tener filtro si se prevé la posible entrada de suciedad o polvo dentro de la instalación;
- La línea de regulación debe contar al menos con un elemento de seguridad por línea, tales como válvula de corte de máxima presión, válvula de alivio o regulador monitor;
- Si la presión de operación de entrada de la línea de regulación es mayor de 689 kPa, debe tener un elemento de seguridad adicional al mencionado en el inciso c) anterior;
- Una Línea de desvío (o by-pass), que debe contar como mínimo con 2 válvulas, una válvula de bloqueo que asegure la hermeticidad y otra como elemento de regulación manual. En aquellas estaciones cuya presión efectiva máxima de entrada esté por debajo de 100 kPa puede disponer de una sola válvula, y
- Las tuberías, conexiones y accesorios que conduzcan gas natural, en las instalaciones superficiales del sistema de distribución se deben pintar a todo lo largo y cubrir toda la circunferencia de color amarillo, identificar la tubería, así como indicar mediante una flecha color negro la dirección del flujo, ubicada de forma que sea visible desde cualquier punto en las instalaciones, así como en la cercanía de válvulas.

Las estaciones que cuenten con un dispositivo de desfogue deben cumplir con lo siguiente

- Estar construido en sus interiores con materiales anticorrosivos;
- Estar diseñado e instalado de manera que se pueda comprobar que la válvula no está obstruida;
- No se debe desviar la válvula de seguridad independientemente del regulador y se debe asegurar que no existan elementos que por error de maniobra puedan dejar las Válvulas de seguridad fuera de servicio;
- Tener válvulas con asientos que estén diseñados para no obstaculizar la operación del dispositivo;
- Contar con una tubería de salida con un diámetro no menor al diámetro de salida del dispositivo de desfogue, y con una altura que permita conducir el gas para su dispersión en la atmósfera, y que no esté direccionado hacia aberturas de edificios, tales como: puertas, ventanas o sistemas de ventilación. Dicha tubería debe ser diseñada de manera que no permita la entrada de agua de lluvia, hielo, nieve o de cualquier material extraño que pueda obturarla y debe quedar sólidamente soportada, y
- La válvula de seguridad debe evacuar el caudal máximo de la estación sin llegar a presiones que dañen las instalaciones de salida.

2.4 Válvulas.

2.4.1 Mecanismos de válvulas usadas en los Sistemas de Distribución de ECOGAS.

- Válvulas de compuerta: La apertura o cierre de la válvula se produce a través de una manija que consta de un disco plano en posición vertical que se desliza cerrando o abriendo la válvula. La ventaja es, que es de vueltas múltiples, mientras que la desventaja es que no es automática por lo que siempre tiene que haber una persona para cerrar o abrir la válvula.

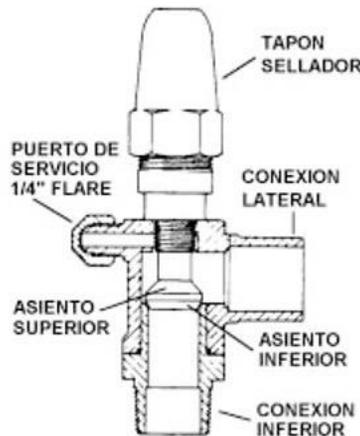


Figura 5 Ejemplo de mecanismo de válvula de compuerta.

- Válvula de globo: Consiste en un agujero redondo y un tapón cónico. Sirve para tanto para regular como para la función todo o nada.

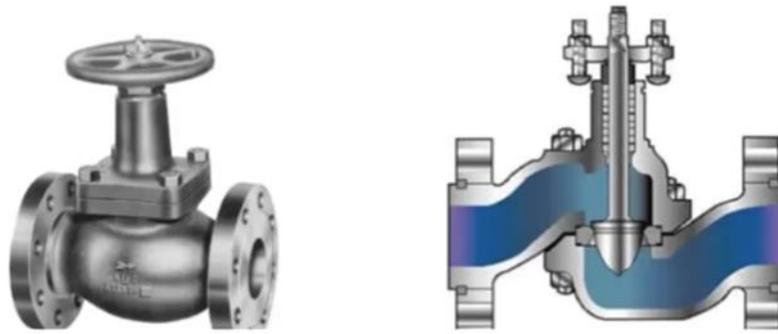


Figura 6 Ejemplo de mecanismo de válvula de globo.

- Válvula de mariposa: Interrumpe o regula el flujo de un fluido en un conducto aumentando o reduciendo la sección del conducto mediante una placa denominada mariposa que gira sobre un eje. Al disminuir la sección de paso aumenta la pérdida de carga del flujo disminuyendo el caudal que pasa.



Figura 7 Ejemplo de mecanismo de válvula de mariposa.

- Válvulas Macho: Son conocidas por su nombre en inglés “*Plug Valves*”, por el obturador. El obturador puede ser cilíndrico o cónico. Aunque las válvulas de bola, son de alguna forma un tipo de válvula macho, son tratadas como otra clase, la válvula macho se usa en servicio de apertura/cierre y desviación de flujos, ya que pueden tener una configuración multipuerto. Pueden ser utilizadas en fluidos con sólidos en suspensión. Las válvulas de “macho” tipo *lift* están diseñadas para levantar el obturador el inicio de maniobrar la válvula, protegiendo así las superficies de sellado obturador-asiento del desgaste por rozamiento.



Figura 8 Ejemplo de mecanismo de válvula macho.

- Válvula de Bola o Válvula de Esfera: es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza por que el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.

Se abre mediante el giro (1/4 de vuelta) del eje unido a la esfera o bola perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada (se gira la bola 90 grados) la perforación con la entrada y la salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero estará perpendicular a la entrada y a la salida. La posición de la manilla de actuación indica el estado de la válvula (abierta o cerrada).



Figura 9 Ejemplo de mecanismo de válvula de bola o de esfera.

2.4.2 Tipos de válvulas.

- Válvula de bloqueo: Dispositivo de cierre rápido para suspender el flujo de gas. Una válvula de bloqueo es técnicamente cualquier válvula que tiene la capacidad de bloquear el movimiento en una o más direcciones. En la práctica, la mayoría de la gente se refiere a una válvula de bloqueo como una válvula que puede evitar el movimiento o permitir el movimiento ocurra sin restricción.

Esto significa que la válvula no debe tener ningún efecto sobre el movimiento en la posición de apagado y totalmente bloquear el movimiento en la posición de encendido.

Esta definición la separa de algunos tipos de válvulas estándar y completamente elimina válvulas unidireccionales de la agrupación. El tipo más común de válvula de bloqueo de la válvula de compuerta, bola, etc. es sencilla, aunque hay cientos de diferentes variaciones.



Figura 10 Ejemplo de instalación con válvulas de bloqueo.

- Válvulas de seccionamiento: Dispositivo instalado en la tubería para controlar o bloquear el flujo de gas hacia cualquier sección del sistema de distribución.

Las válvulas de seccionamiento son elementos indispensables para la gestión y control de la red de tuberías, permitiendo aislar tramos, atender labores de mantenimiento y/o avería y gestionar sectorizaciones, entre otras muchas labores.

Dichas válvulas están concebidas para un funcionamiento todo/nada, es decir, para estar completamente abiertas o cerradas.

Son más usadas en cruces direccionales de arroyos, vías férreas, siendo una válvula antes y otra después.

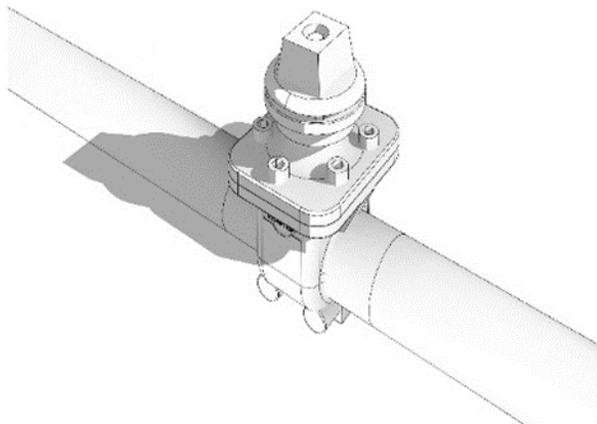
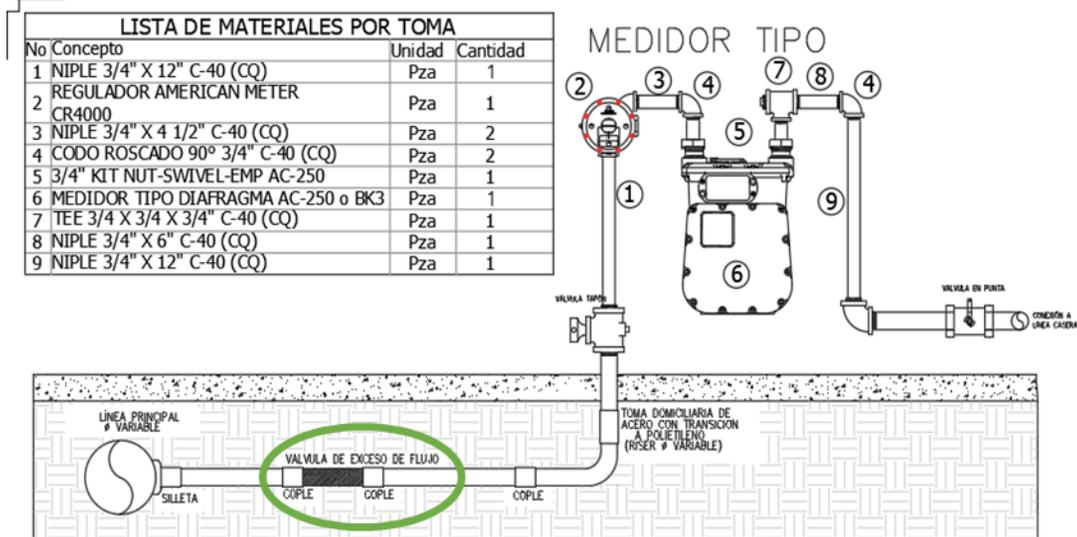


Figura 11 Válvula de seccionamiento (Kerotest).

- Válvula de seguridad: Válvula de apertura o cierre por sobrepresión o por baja presión. Un ejemplo de este tipo usado en el sistema de distribución de ECOGAS es la válvula de exceso de flujo.



FUNCIONAMIENTO

Legenda	V_{gas}	Caudal nominal del GST® en gas (d=0,64)
	f_s	Factor de cierre ($f_s = V_s / V_l$) $f_s \text{ min.} = 1,30$ $f_s \text{ máx.} = 1,45$
	V_s	Caudal de cierre en gas (d=0,64) $V_s = V_{gas} \times f_s$
	V_L	Valor del flujo a través del orificio de by-pass $\leq 37,5 \text{ l/h a } 100 \text{ mbar [gas]}$

El GST® insertado en la instalación permanece inactivo (FIG.1) mientras no se alcance el caudal de cierre (V_s).

Cuando el valor de flujo, por cualquier causa accidental, alcanza el valor de cierre (V_s), el GST® se cierra inmediatamente (FIG.2).

El restablecimiento del mismo tiene lugar de manera automática mediante el orificio de by-pass VL, un equilibrado de la presión en el circuito antes y después del dispositivo, cuando las causas que han provocado el cierre del GST® (FIG.3) han sido eliminadas.

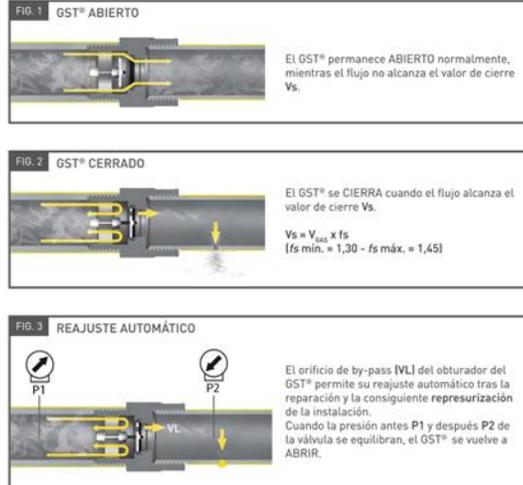


Figura 12 Funcionamiento de una válvula de exceso de flujo (válvula de seguridad).

2.5 Acometidas.

Las acometidas de gas natural o tomas de servicio son los puntos de conexión entre las canalizaciones e instalaciones necesarias para un nuevo suministro por medio de la red de distribución de gas natural existente y la llave de la acometida que corta el paso del gas natural a las instalaciones de un edificio ya sea comercial, industrial o residencial.

ECOGAS utiliza para los trabajos de instalación de toma de servicio de gas natural y/o reubicaciones diámetros preferentemente de 3/4" (19mm), 1" (25 mm) y 2" (51 mm), no obstante, debido a la complejidad de algunos proyectos se podrán a utilizar otros tipos de diámetros.

La instalación de las acometidas se ejecutará de acuerdo con la norma oficial Mexicana NOM-003-ASEA-VIGENTE.

2.5.1 Procedimiento de colocación.

Los tubos de subida se unirán al servicio de polietileno de acuerdo con las especificaciones establecidas tanto internas como externas de la empresa ECOGAS. Si las condiciones de la zona de trabajo no se puede instalar los tubos de subida, se colocará un tubo de acero con la finalidad de cumplir los requisitos de profundidad horizontal y vertical.

La excavación del tubo de subida del servicio de polietileno se rellenará con el material producto de excavación y se compactará con pisón manual.

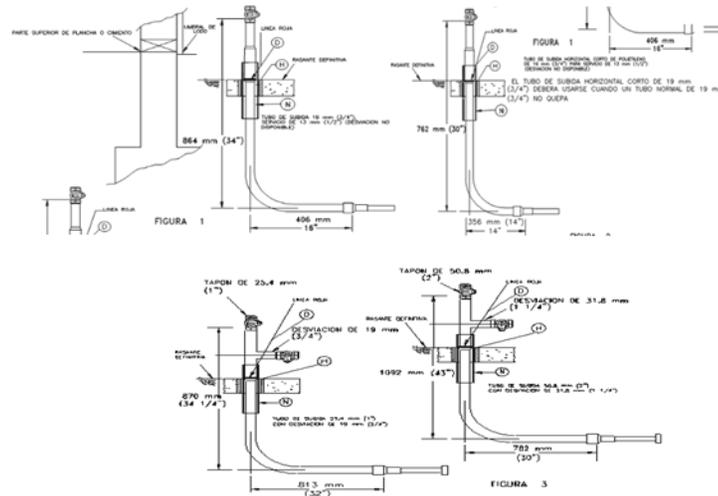


Figura 13 Esquema de tubo de subida horizontal corto de 3/4"

Los tubos de salida (*risers*) se colocarán en lugares con ventilación y de fácil acceso con el fin de evitar acumulamiento de gas en caso de fugas y para atención de emergencias, revisión, lectura, reemplazo y mantenimiento por parte de ECOGAS.

De acuerdo con la normativa interna y externa de ECOGAS, la instalación de tubería de servicio se evitará el cruzamiento con bardas, muros o columnas, cimentación profunda, zapata aislada o corrida. No se permite por ningún motivo que cruce debajo de edificios.

2.5.2 Ubicación de *risers*.

- La ubicación de los risers deben ser lugares que no corran riesgo de estar húmedos constantemente, es decir, junto a llaves de agua, bajo tubos de descarga pluvial, en la salida de drenajes de desagüe, etc.
- Cuando se encuentren fuentes de ignición se deben colocar a una distancia mayor a 65 cm.
- No se colocará en lugares donde el gas natural pueda migrar al interior de edificios, ejemplo: bajo ventanas de planta baja, tomas de aire de ventilación, acondicionamiento de aire, cubos de luz, de escaleras o de servicios de los edificios. Se deberá colocar a una distancia mínima de 50 cm de ventanas y puertas.

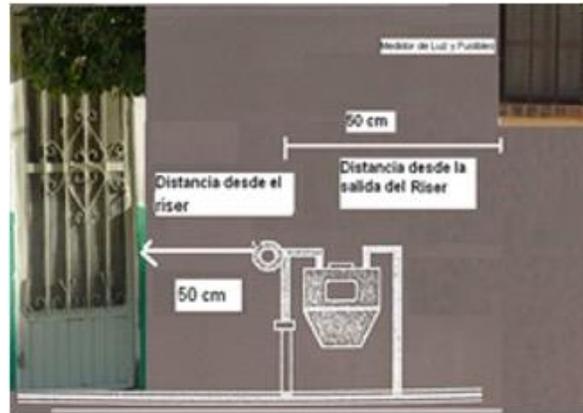


Figura 14 ejemplo de localización de risers.

- No se ubicará en lugares cubiertos o confinados junto con otras instalaciones, por ejemplo, cuartos de servicio, controles eléctricos, medidores de energía eléctrica, medidores de agua, bombas de agua, hidrantes, etc.
- Se separará por lo menos a un radio de 30 cm de cualquier otro servicio, por ejemplo, tubos de drenaje, líneas de agua, cables de tierra de medidores de energía eléctrica, ductos a presión, cables de electricidad, cisternas, depósitos de combustibles, etc. Si la separación fuera menor a 30 cm, pero mayor a 20 cm se deberá garantizar la no afectación entre servicios.

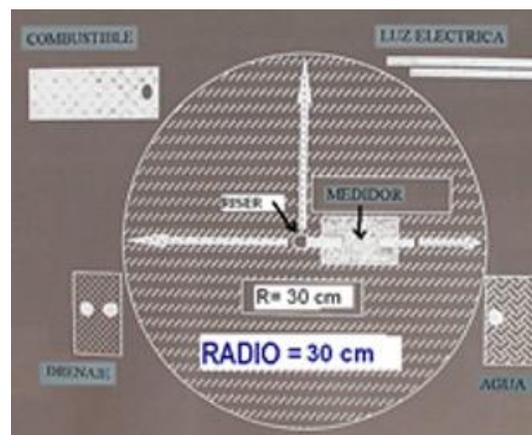


Figura 15 Separación de riser de otro servicio.

- La línea de acometida para el riser deberá quedar ubicada a una distancia mínima de un metro de los troncos de árboles. No se permite salvar estos obstáculos con líneas de acometidas diagonales.
- Se prohíbe ubicar risers, en donde por existir obstáculos al frente, el servicio tenga que ser lanzado en diagonal desde la línea principal. Por seguridad, se deben colocar todas las acometidas perpendiculares al eje de la línea principal.



Figura 16 Ejemplo de separación de troncos y/o raíces.

- En el lado izquierdo del medidor no se podrán ubicar los *risers*.
- Cuando el *risers* se ubique dentro de la propiedad del usuario se debe cumplir los siguientes lineamientos:
 - Se deberá tener la autorización escrita por parte del gerente comercial de ECOGAS.
 - No se podrá instalar a una distancia mayor a 40 cm del límite de la propiedad.
 - Garantizar que el personal de ECOGAS tenga acceso directo al medidor y al *riser*, a través de una reja o barda, con la finalidad de tomar lecturas, mantenimientos, realizar cortes, reconexiones o retiros, así como acceso a las válvulas de cierre.
 - Al colocarlo detrás de una barda se debe tener una ventana mínima de 20 x 20 cm a la altura del medidor, con el fin de realizar las actividades mencionadas anteriormente.
 - Se colocará en un lugar ventilado, con el propósito de que el gas natural no pueda concentrarse en niveles riesgosos para el usuario.
 - No se ubicará en cocheras y si llegará a ubicarse cercano a ello. Se colocará una protección obligatoria. De igual manera se debe usar protección siempre que el medidor se coloque en lugares donde se encuentre en riesgo como en estacionamientos.
 - En ocasiones el *riser* se puede colocar fuera de la reja y el medidor dentro de la propiedad del usuario.
- No se colocará extensiones de *riser* en donde se coloque más de una pieza, solo se permitirá un tramo recto sin uniones o conexiones entre el *riser* y regulador.
- En áreas verdes comunitarias, andadores o jardines comunes no se ubicarán ya que generan afectaciones.
- No se ubicará para puestos ambulantes o negociaciones informales que carezcan de uso de suelo o permiso.
- En instalaciones tipo dúplex, se instalará el regulador de presión inmediatamente después de la válvula de la acometida la cual debe tener una derivación a cada servicio con una válvula de hierro forjado McDonald o similar, que ECOGAS suministrará.

2.5.3 Materiales de riser.

Es un material que debe cumplir con la normativa vigente de la NMX-E-043-SCFI-VIGENTE y NOM-003-ASEA-VIGENTE.

ECOGAS utiliza tubería y accesorios de polietileno de alta densidad (HDPE) franja amarilla, este tipo de tubería y accesorio se utiliza para la distribución de gas.

Las ventajas de utilizar este tipo de material son:

- Alta resistencia química, ácidos, álcalis, sales, solventes.
- Resistencia al desgaste por abrasión.
- Fácil instalación por termofusión 100% hermética y segura.
- Alta resistencia al impacto.
- Superficie interior lisa que mantiene excelentes condiciones de flujo, por lo que no acumula sarro, evitando taponamientos.
- Contiene 2% mínimo de negro de humo, que lo protege contra rayos Ultra Violeta (UV).
- Es completamente atóxico.
- Material ligero.
- Mayor factor de seguridad en la presión de trabajo y duración.
- Durabilidad mínima de 70 años en condiciones normales de funcionamiento a una temperatura de 23° C.

2.6 Registros.

Un registro es un elemento que debe tener las dimensiones adecuadas para realizar trabajos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos y deben soportar las cargas externas a las que pueden estar sujetos.

La estructura del registro se resuelve utilizando zapatas corridas en la base para el apoyo de los muros de block vibrocomprimido, los cuales se confinan con castillos de concreto de 15x15 cm y con $f'c=200$ kg/cm² reforzado con 4 varillas de 3/8" de diámetro en las esquinas del registro e intermedios cuando la longitud del muro pasa los tres metros y castillos ahogados de concreto $f'c=150$ kg/cm² reforzados con varilla de 3/8" de diámetro cada 60 cm, en la parte superior del muro se coloca una dala de concreto de 15 x 20 cm y con $f'c=200$ kg/cm² reforzado con 4 varillas de 3/8" de diámetro.

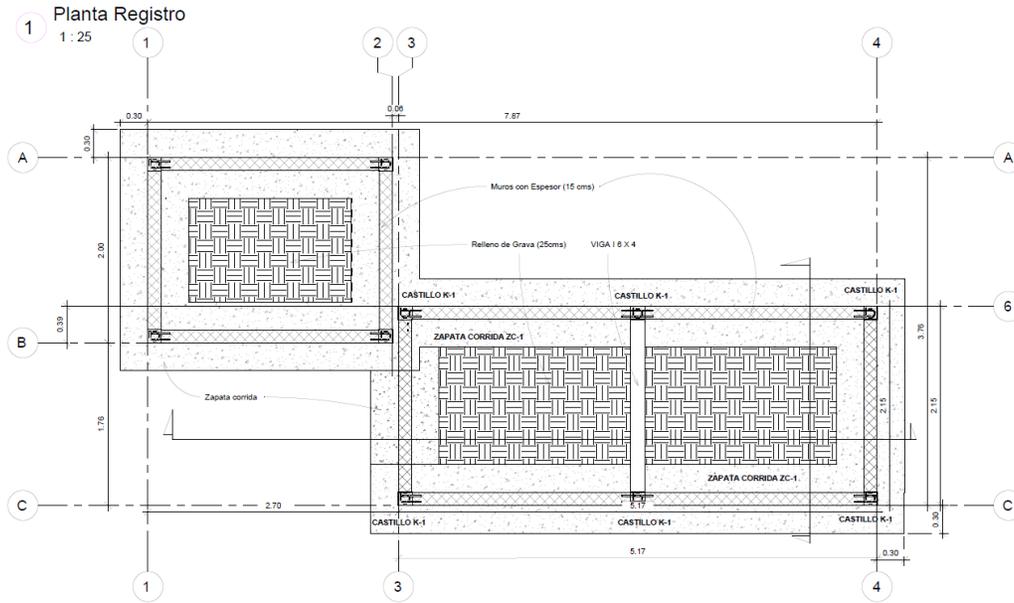


Figura 17 Vista de planta de un registro.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Con fines de descripción del proceso este apartado fue dividido de la siguiente manera:

Tabla 14 Etapas del proceso.

Etapa del proceso	Aplicable
Diseño del SDGN en la Ciudad de Durango	Obras Nuevas
Construcción del SDGN en la Ciudad de Durango	Obras Nuevas
Pre-arranque del SDGN en la Ciudad de Durango	Obras Nuevas
Operación y mantenimiento del SDGN en la Ciudad de Durango	Obras Existentes y Nuevas
Cierre y desmantelamiento del SDGN en la Ciudad de Durango	Obras Existentes y Nuevas

En el siguiente diagrama de bloques se muestra en alcance del Sistema de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango.

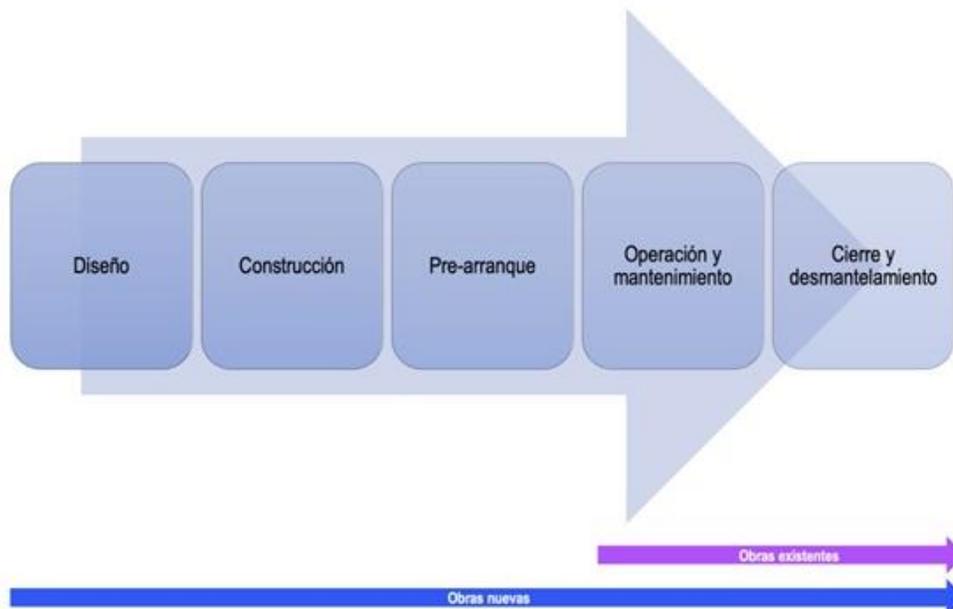


Figura 18 Diagrama de bloques del proceso del SDGN en la Ciudad de Durango.

3.1 Diseño del SDGN en la Ciudad de Durango.

El diseño del sistema de distribución se sujetará a lo que establece la NOM-003-ASEA-VIGENTE.

Las tuberías de acero, polietileno y poliamida que se utilicen para la conducción de gas deben satisfacer lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana antes citada, así como los requerimientos mínimos de fabricación establecidos en las Normas Mexicanas vigentes; o en ausencia de éstas, los estándares internacionales aplicables, de acuerdo al tipo y características del tubo de acero, polietileno y poliamida que requiera el sistema de distribución.

Los accesorios cumplirán con los requisitos mínimos de seguridad establecidos en la NOM-003-ASEA-VIGENTE y a falta de éstas con las normas aplicables.

Los accesorios deben satisfacer los requisitos establecidos en el diseño del sistema de distribución y mantener sus propiedades físicas y químicas a la presión y temperatura de diseño del mismo.

Los materiales y equipos de un Sistema de Distribución de Gas Natural deben cumplir con lo siguiente:

- Mantener la integridad estructural del sistema de distribución bajo temperaturas y otras condiciones ambientales que puedan ser previstas y operar a las condiciones a que estén sujetos.
- Ser compatibles químicamente con el gas que conduzcan y con cualquier otro material del sistema de distribución con que tengan contacto.
- Ser diseñados, instalados y operados de acuerdo con las especificaciones contenidas en la Norma Oficial Mexicana inicialmente citada.
- Los materiales, componentes y equipos deben cumplir con los requisitos de calidad y seguridad conforme a las Normas Aplicables.
- Contar con certificado de calidad de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

En la fase de diseño del sistema de distribución, así como de las ampliaciones, se contará con la información siguiente:

- El Análisis de Riesgo;
- La memoria técnico-descriptiva del proyecto, donde se indiquen el alcance, la localización, las condiciones de operación, las características del fluido, el trazo de ductos, la instrumentación y dispositivos de seguridad, la clase de localización, las especificaciones de la tubería, equipos y componentes; y las normas y especificaciones a utilizarse en el Proyecto;
- La memoria de cálculo de flujos y presiones para el diseño del sistema de distribución;
- La memoria de cálculo de espesores de la tubería del sistema de distribución;
- La memoria de cálculo para verificar que las dimensiones y resistencia mecánica de los materiales, componentes y equipos del sistema cumplen con los requisitos de la NOM-003-ASEA-VIGENTE;

- La memoria de cálculo de las obras especiales para protección de la tubería, por ejemplo, cruzamientos con carreteras y vías de ferrocarril, ríos, canales entre otros;
- La memoria de cálculo de la protección catódica;
- Los planos del sistema de distribución donde se indique entre otros, el trazo de las tuberías, el o los puntos de recepción de gas, estaciones de regulación y estaciones de regulación y medición, las válvulas de seccionamiento, componentes del sistema de protección catódica, y
- El plano de la instrumentación, válvulas y dispositivos de seguridad de las estaciones de medición y regulación y de las estaciones de regulación.

3.2 Construcción del SDGN en la Ciudad de Durango.

3.2.1 Previo a la construcción del SDGN.

Antes de iniciar cualquier trabajo se deberá de contar con marcajes de las empresas que cuenten con infraestructura subterránea en el sitio de trabajo. Así como también las propias de ECOGAS, además de realizar un registro de daños encontrados en vialidades e infraestructura previo al inicio de construcción, lo anterior para ver las condiciones del entorno donde se va a trabajar y evitar la adjudicación de daños no realizados dentro del proceso constructivo.

Se debe utilizar equipos de apoyo para localización de infraestructura existente de usuarios del subsuelo.

Al inicio, durante y al final se lleva una bitácora reflejando los avances diarios que se tengan en cada proyecto, así como mencionar cualquier problemática o situación presentada dentro del mismo.

3.2.2 Sondeos en instalaciones existentes antes de iniciar la excavación.

Toda la información existente y proyectada que ECOGAS conozca relativa a infraestructuras especificadas en los planos de construcción se ha obtenido de los mejores registros disponibles. Será responsabilidad del contratista coordinar, verificar y realizar sondeos de las instalaciones subterráneas esto para evitar los problemas que existan con los servicios públicos e instalaciones antes de iniciar la excavación.

Se deberá determinar la elevación de los servicios públicos que crucen o se encuentren próximos y paralelos antes de iniciar la excavación, con objeto de no interferir ni retrasar las operaciones de excavación de zanjas o de instalación de tuberías.

Se deberán destapar las instalaciones mediante excavación manual para efectos de determinar su posición exacta antes de excavar en las inmediaciones de cualquier instalación. Lo anterior se refiere en determinar la ubicación de los servicios existentes como son: agua, teléfono, luz, pluvial, etc.

3.2.3 Localización de la zanja.

La posición final y la elevación de la tubería de gas se incluirá en los planos autorizados para construcción.

Se excavará la zanja de la tubería de la manera en que lo indican los planos de construcción. Cualquier cambio que se requiera debido a las condiciones del terreno o que afecten de otra forma la posición y/o elevación de la tubería deberá aprobarlo primeramente el personal de construcción de ECOGAS.

En los preparativos y el desarrollo de la excavación se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Inspeccionar el sitio de la excavación con el fin de detectar fallas, grietas o desprendimientos potenciales:
 - a) Al iniciar cada jornada y al terminar los trabajos, a fin de detectar cambios en el terreno.
 - b) Después de una lluvia intensa.
 - c) En forma posterior al paso de maquinaria pesada o tránsito vehicular intenso.
 - d) Al concluir cualquier evento que pudiera aumentar el riesgo.
2. Inspeccionar al inicio y al final de cada jornada los sistemas utilizados en la estabilización de las paredes de las zanjas.
3. Prohibir que los trabajadores permanezcan en el interior de la zanja, mientras la maquinaria de excavación esté en operación.
4. Realizar la inspección de condiciones, maquinaria, equipo, accesorios y personal.
5. El izaje de tubería para colocación en sitio se deberá considerar lo siguiente:
 - a) Al momento de la llegada de la tubería de acero al punto en el cual se va a realizar la instalación de la tubería de acero se deberá contar con un Análisis de Seguridad de la Tarea (AST) y/o Permiso de Trabajo para bajar la tubería del medio de transporte en el cual llegó hasta el punto de colocación o almacenamiento.
 - b) Se debe realizar una medición del viento con equipo adecuado (anemómetro) para determinar si la tarea puede iniciar sin riesgos de movimientos de la carga en el proceso de izaje. Para velocidades mayores a los 13 m/s (46 km/h), deberá suspender el izaje. Una velocidad recomendada de trabajo puede estimarse en 8 m/s (32 km/h).
 - c) Verificar que exista y se tenga del conocimiento entre el personal a desarrollar la tarea, un código de comunicación visual-señales entre operador y auxiliar (*rigger*).
 - d) Se deberá realizar el izaje de la tubería con la maquinaria con la capacidad adecuada para realizar el izaje dependiendo de la tubería que se va a bajar, no se podrá usar retroexcavadora, para realizar estas maniobras deberá usarse grúa.
 - e) El operador de la grúa deberá estar capacitado y contar con credenciales de acreditación como operador autorizado para operar la maquinaria para con esto garantizar la buena ejecución de la maniobra. El personal auxiliar (*riggers*) deberá contar con la capacitación y credenciales de acreditados como auxiliares de la tarea a realizar.

- f) El encargado de la obra se deberá de asegurar de que la grúa se encuentre perfectamente anclada al piso para evitar algún desplazamiento de la misma.
- g) El personal encargado de realizar la maniobra deberá estar usando en todo momento con su equipo de protección personal adecuado y estar retirado de los tubos los cuales podrán estar manipulando mediante sogas o eslingas (líneas de vientos).
- h) Se deberán de revisar las buenas condiciones de las sogas o eslingas antes de usarla, asimismo, se deberán de revisar la capacidad de las mismas y asegurarse que sea mayor a la carga que se va a levantar.
- i) Se debe evitar que la eslinga se instale sobre filos o ganchos que pudiera ocasionar que se dañe.
- j) Al término del uso de las eslingas se deberán de guardar en lugares limpios, secos y bajo las especificaciones que recomiende el fabricante.
- k) Se deberán de usar las eslingas dando cumplimiento al manual de operación del fabricante.
- l) Deberá de contar con la señalización adecuada alrededor de la maniobra para evitar que el personal ajeno a la actividad se introduzca al área de trabajo.
- m) Se deberá dar cumplimiento a la NOM-006-STPS-2014 o vigente, en los apartados 7 y 8 según corresponda.

3.2.4 Distancia de la línea de gas natural respecto de instalaciones existentes.

Las zanjas para la tubería de gas natural que se encuentren paralelas a instalaciones de servicios públicos que contengan humedad, tal y como drenajes, agua, bocas de tormenta y demás instalaciones públicas similares deberán cumplir la separación que marque la normativa vigente. Cuando la distancia que se indica resulte imposible, el contratista deberá solicitar al supervisor de ECOGAS que tipo de protección deberá colocarse en la tubería de gas.

3.2.5 Dimensiones de la zanja.

Cuando sea necesario suministrar la protección mínima que se requiere, el contratista deberá efectuar la excavación de la zanja a profundidad adicional en aquellos lugares en que la tubería se aproxime o cruce la ubicación de otras tuberías, alcantarillas, troncales de agua, conductos telefónicos, etc., de tal manera que la tubería pueda tenderse por debajo de éstas conservando por lo menos un espacio de treinta (30) centímetros entre la parte superior de la tubería de gas natural y la parte inferior de la instalación pública que se atraviesa. Para tuberías mayores de 254 mm (10”), la distancia debe ser 50 (cincuenta) centímetros.

El ancho máximo de la zanja dependerá del diámetro de la tubería según se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 15 Etapas del proceso.

Dimensión de la tubería de acero (pulg)	Ancho mínimo de zanja (pulg)
16	28

Tabla 15 Etapas del proceso.

Dimensión de la tubería de acero (pulg)	Ancho mínimo de zanja (pulg)
12	24
10	24
8	18
6	18
4	8
2	6

Fuente: ECOGAS

3.2.6 Zanjas en vialidad sin pavimentar.

Se deberá de excavar la zanja dando cumplimiento a la normativa vigente. Se deberá de afinar la plantilla de la zanja antes de la instalación de la tubería.

Se deberá de utilizar una capa de arena fina como colchón para proteger el tubo con un espesor mínimo de 0.15 m compactados, arriba del lomo de tubo. Este material podrá ser limo, arena, criba, o aquel material que cumpla con las necesidades de la obra, el material debe de estar homogenizado, con una compactación de 85% del Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM).

3.2.7 Zanjas en vialidad con pavimento.

Se deberá de perfilar con cortadora de concreto la zona en que se va a excavar.

Se deberá de excavar la zanja a una profundidad mínima de tal manera que se dé cumplimiento a la normativa aplicable vigente. Se deberá de afinar la plantilla de la zanja antes de la instalación de la tubería.

Se deberá de utilizar una capa de material mejorado como colchón para proteger el tubo con un espesor mínimo de 0.15 m compactados, arriba del lomo de tubo. Este material podrá ser limo, arena, criba, o aquel material que cumpla con las necesidades de la obra, el material debe de estar homogenizado, con una compactación de 90 por ciento de su PVSM.

El material de relleno será el mismo producto de la excavación, previamente tratado y homogenizado con la humedad optima requerida.

El relleno con material calidad base o con material producto de la excavación debe de ser mejorado con cementante aprobado por laboratorio indicando las proporciones adecuadas para dar un valor relativo de soporte optimo, se deberá de compactar en capas mínimas de 30 cm y con un grado de compactación del 95 por ciento.

Se deberá de reponer la base con material que cumpla con los requerimientos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para ese tipo de material y con un espesor de 0.30 m, y un grado de compactación del 100 por ciento de su PVSM, +/- 5 % de holgura. Lo anterior si las autoridades locales lo permiten.

Se deberá de aplicar un riego de impregnación sobre la superficie de la base compactada, con producto asfáltico de fraguado medio (fm1).

Se deberá de barrer y limpiar el área a pavimentar aplicando un riego de liga de fraguado rápido (fr3) en una proporción de 0.50 litros por m².

Se aplicará una capa asfáltica de 0.07 m de espesor variable de acuerdo con el espesor existente y se deberá considerar mezcla caliente.

3.2.8 Tendido de línea de acero.

Antes de realizar cualquier maniobra del tubo o la tubería, esta deberá ser protegida inclusive en los extremos, se deberá tener especial cuidado para evitar cualquier golpe o impacto que pueda producir fracturas o lastimaduras en las capas protectoras, debiendo manejarse con banda de hule o lona y en sus extremos con cartón, plástico u otro material que pueda cumplir como protección.

El contratista hará prueba con detector electrónico a un voltaje recomendado por el fabricante (puede fluctuar entre doce y quince mil voltios), para determinar la integridad de las capas protectoras a cada tramo, lingada de tramos ya soldada o conjunto de tramos y derivaciones u que esté a punto de bajarse a la zanja. En caso necesario, se harán las preparaciones de revestimiento convenientes para corregir las fallas, volviéndose a hacer nuevamente la prueba.

La tubería de acero se transportará y descargará de los camiones y se manejará de tal forma que no reciba abolladuras y que los biseles en sus extremos no se perjudiquen por golpe o cualquier otra causa.

El apilado de los tubos se hará sobre soportes de madera o sacos de aserrín siguiendo las indicaciones de los fabricantes del revestimiento.

Se procederá al tendido de la tubería y después se efectuará la unión de los tramos de la tubería, moviendo al personal por todo el trayecto de la línea; en este caso la tubería deberá tenderse a un lado de la zanja, preferiblemente del lado contrario a donde se encuentra la tierra extraída y a no menos de 30 cm de la orilla de la zanja.

Precauciones:

Al efectuar el tendido de la tubería se deberá tener cuidado de que esta no estén en contacto con otras tuberías de servicio como agua, drenaje, ductos con cables de corriente eléctrica, ductos telefónicos y

también cuidar de que no quede colocada dentro de algún registro de cualquier servicio ajeno al gas natural.

La separación mínima que la tubería conductora de gas natural deberá tener con cualquiera de los servicios antes mencionados, será de 0.30 y 1 m para conductores eléctricos y/o fibra óptica, cuando esto no sea posible, la tubería deberá protegerse con una camisa o se instalará separadores mecánicos adecuados.

Bajado de tubería de acero de 2" de diámetro y menores:

El método de bajado de tubería de acero de estos diámetros, debe tomar en cuenta que su desplazamiento longitudinal dentro de la zanja solo podrá hacerse cargándolo a mano, lo cual limita el número de tramos que se pueden soldar fuera a unos 8 o 10 como máximo, aunque lo más común es limitarse hasta 4 tramos, porque en ningún caso se debe lastimar la protección.

Una ventaja adicional de evitar el desplazamiento longitudinal dentro de la zanja, es que se limitan a soldar fuera solo aquellos tramos que vayan a quedar en su posición definitiva, entonces se podrán también soldar todas las derivaciones incluyendo el *riser* y bajarse todo el conjunto ya soldado y protegido.

Bajada de tubería de acero de 3" de diámetro y mayores.

En estos casos de tubería se procurará escoger los trazos y las profundidades más convenientes para evitar la mayoría de los obstáculos. En caso de que la zanja resulte con muchos obstáculos, se podrán deslizar longitudinalmente con mucho cuidado de no dañar las protecciones hasta unos tres o cuatro tramos de tubos de 4" de diámetro, pero en tamaños mayores, se deben ir evitando estos desplazamientos, y los de 10" en adelante ya solo se podrá desplazar un solo tramo, para librar obstáculos en la zanja.

Se podrán soldar antes de bajar a la zanja lingadas en tubos tan largos como la ausencia de obstáculos y la maquinaria para maniobrarlos los permita, incluyendo en su caso, derivaciones y válvulas.

1. Requisitos de relleno y compactación.

El contratista será responsable del suministro de todos los materiales de relleno y pavimentación. Todas las certificaciones del relleno y de los materiales de concreto, así como las especificaciones deberán presentarse, previo a su utilización, ante el supervisor de construcción de ECOGAS y ante la autoridad competente para su aprobación.

Antes de iniciar la operación de relleno, el contratista deberá presentar una muestra representativa del material de relleno propuesto para que ECOGAS lo pruebe y autorice ECOGAS, a expensas propias, continuará sometiendo a pruebas periódicas la compactación y calidad del material de relleno durante toda la obra. Se tomarán muestras aleatorias del material colocado en la zanja. Las partes de aquellas zanjas que obtengan malos resultados en lo que respecta a la compactación habrán de someterse a recompactar o reponer el material a satisfacción de ECOGAS.

2. Cinta preventiva.

Deberá instalarse cinta preventiva cuarenta y cinco (45) centímetros por encima de la parte superior de la tubería a todo lo largo de la zanja. Dicha cinta deberá centrarse por encima de la tubería.

La cinta deberá ser de color amarillo, impresa con la leyenda: "Precaución Línea de Gas Enterrada". La cinta impresa deberá fabricarse con una capa transparente sobre la impresión para efectos de prolongar al máximo el tiempo de vida de dicha impresión. El ancho de la cinta deberá ser de cuatro pulgadas como mínimo en excavaciones mayores a 18 pulgadas y de tres pulgadas en excavaciones menores a 18 pulgadas. El final de un rollo y el principio del siguiente deberán traslaparse a una distancia de 50 centímetros con el fin de que no se corra.

3. Compactación.

La compactación deberá concluirse conforme a los requisitos de la autoridad competente. Toda la compactación deberá realizarse en capas de treinta (30) centímetros a 15 centímetros como mínimo. El grado de compactación de las capas de relleno será del 95% de su PSVM. Las calas de compactación se realizarán a criterio del supervisor de ECOGAS.

4. Limpieza final del área de excavación.

En cuanto se concluya el proceso de rellenado, el contratista deberá limpiar inmediatamente el área de construcción. Aquellas áreas fuera del pavimento que hayan sufrido trastornos durante la construcción de los ramales deberán repararse, barrerse, limpiarse, lavarse, etc., y dejarse en condiciones que resulten satisfactorias para el supervisor de construcción de ECOGAS y para los propietarios. El contratista deberá retirar con prontitud toda la basura y escombros de construcción del emplazamiento de la obra y transportarlos a una zona de desecho autorizada. En aquellas áreas en las que el pavimento deba reemplazarse o repararse, dicha sustitución o reparación deberá realizarse a satisfacción de ECOGAS, del propietario del terreno o de la dependencia competente.

5. Requisitos de pavimentación.

Todo el pavimento y superficies, incluyendo calles y aceras, que haya retirado el contratista durante las operaciones de excavación deberá restituirlas de manera que resulten aceptables para el supervisor de construcción de ECOGAS, para los propietarios y para las dependencias competentes, quienes deberán apoyarse en los resultados del laboratorio de calidad de materiales externo, el cual deberá entregar reportes de granulometrías, asfaltos, compactación, y demás pruebas que requieran las partes interesadas.

6. Instalación de línea principal de polietileno y acero.

Procedimiento para excavación a cielo abierto con retroexcavadora.

Trazo, corte y sondeos.

En las obras de construcción en las cuales se realicen trabajos de excavaciones, es requisito usar el permiso de trabajo específico, el cual deberá estar previamente autorizado por una persona competente, el supervisor de la excavación y el representante de la brigada de emergencia.

Antes de comenzar todo trabajo debe de hacerse una inspección visual del sitio donde se ejecutarán los trabajos, se buscarán líneas de agua potable, drenaje, teléfono o cualquier otra, que interfiera con la instalación de la red. Una vez identificadas en campo se procederá a referenciarlas por medio de estacas, pintura o cualquier otro método de su preferencia.

Teniendo identificadas las líneas existentes se procede a realizar el trazo para la instalación de la tubería de gas.

Sobre el trazo, se abrirán ventanas para sondeo sobre las tomas domiciliarias de agua potable, de la misma manera sobre las descargas de drenaje sanitario (En el caso de pavimentos se deberá contar con una máquina cortadora de asfalto para abrir estas ventanas). Esto con el fin de referenciar la profundidad y ubicación de las líneas existentes, con el fin de evitar dañarlas durante el proceso constructivo. Las ventanas serán de 60 cm de ancho por un metro de largo.

El ancho del resto de la zanja será de 40 cm. Los cortes de la carpeta asfáltica deben alinearse con la guarnición para reducir lo más posible el serpenteo.

Para los sondeos se podrá utilizar la retroexcavadora hasta una profundidad aproximada de 40 cm, de ahí en adelante la excavación se hará solamente con pala, hasta localizar la línea existente.

Excavación

Una vez localizadas las líneas existentes se comienza a levantar la carpeta asfáltica y base hidráulica, este material se considera como desperdicio y se puede retirar en el momento o dejarlo en un lugar donde no contamine el material. Al final de la jornada este material deberá ser retirado del sitio de la obra.

La profundidad de la zanja debe ser la necesaria para dejar una distancia del lomo de tubo a nivel de carpeta de 70 cm. Sólo en casos extraordinarios en que las condiciones del lugar no lo permitan podrá dejarse a la mínima distancia (60 cm). El ancho de zanja puede variar si se utiliza zanjadora para realizar la excavación.

Otro criterio que influye en la profundidad de la excavación es el que se refiere en tener una distancia libre entre cualquier línea existente y la tubería de gas de 30 cm. Las excavaciones que se tengan que hacer por debajo de líneas existentes deben de suavizar las pendientes a ambos lados de manera que la tubería no presente cambios abruptos en su nivel.

Nota: En el caso de tuberías que se instalen en terracería, el nivel de la excavación se debe de verificar con la ayuda de nivel topográfico, apegándose en toda ocasión a las cotas que marque el proyecto.

En la **Tabla 16** se muestran las recomendaciones de las dimensiones de las zanjas

Tabla 16 Dimensiones de zanja para tubería de polietileno.

Dimensión de la tubería de polietileno (pulg)	Ancho mínimo de zanja (pulg)
6	18
4	8
3	8
2	6

Fuente: ECOGAS

Colocación de tubería:

Antes de introducir la tubería dentro de la zanja debe de revisarse lo siguiente:

1. Verificar que la tubería no tenga cortes profundos, daños o raspaduras severas que excedan el 10% del espesor de la tubería. En caso de encontrarse algún defecto, ésta debe de cortarse y proceder a unir nuevamente la tubería.
2. La plantilla de la zanja deberá estar completamente limpia de basura o piedras. En caso de suelo rocoso, la zanja se debe rellenar inicialmente con una capa de 10 cm de cualquiera de los materiales siguientes:
 - a) Material producto de la excavación; éste debe estar limpio, libre de basura, escombros, materiales rocosos o cortantes que pudieran ocasionar daños a las tuberías.
 - b) Material procedente de banco de materiales; como arena, tierra fina o cualquier otro material similar que proteja la tubería.

Entre el borde de la zanja y cualquier material debe de haber una franja limpia de 10 cm por lo menos, esto para evitar que al meter el tubo pueda arrastrar material dentro de la excavación.

Para la introducción de tramos largos de tubería dentro de la zanja, es necesario contar con rodillos que faciliten la conducción del tubo.

Después se introduce lentamente la tubería en la zanja, observando que esta no roce con la orilla de la zanja. Dentro de la zanja deberá haber personal que vaya dirigiendo e introduciendo el tubo.

Se debe tratar de introducir la mayor cantidad de tubería posible, para evitar tener que hacer fusiones dentro de las zanjas.

Cama, acostillado y colchón de arena.

Es una capa de materiales selectos, por lo regular arena, limo o material de criba, que se coloca en el fondo de la zanja, y sobre el tubo con el fin de suministrar un soporte uniforme para alojar el tubo. Esta capa ofrece protección contra saliente o rocas puntiagudas que puedan dañar el tubo.

El material de colchón debe de ser suave y homogéneo, este material debe estar húmedo y completamente exento de piedras.

El tubo debe acostillarse primeramente con el material para impedir que este tenga movimiento (este paso debe de hacerse con pala). Una vez acostillado se podrá derramar el material restante sobre el tubo, del nivel de lomo de tubo debe de haber 15 cm (quince) de material por lo menos.

Colocación de alambre identificador.

Antes de continuar con el relleno, debe instalarse el alambre identificador en la zanja, a lo largo de toda la tubería que ha sido instalada, el alambre deberá ser de cobre (AWG calibre 14, anti-flama, de preferencia color amarillo), éste se colocará sobre el lomo del tubo cuidando que no se enrolle en la tubería. Es muy importante que exista continuidad en el alambre, por lo que en todas las conexiones que se hagan debe de utilizarse envolviendo el conjunto con cinta tipo chicle y aislante.

Nota: Los colores que podrán utilizarse son: el amarillo, blanco, negro y gris. No deberá utilizarse el color rojo.

Relleno y compactación.

El material de compactación calidad base debe de tener la humedad óptima antes de arrojarlo a la zanja, por lo que es necesario humedecerlo y homogenizarlo fuera de la excavación.

Debe de considerarse antes de iniciar con el relleno, humedecer la zanja y sus paredes. Sobre el fondo de la zanja se colocará una plantilla de material fino de 5 cm (cinco) de espesor.

La compactación del relleno de la zanja debe de hacerse en capas de 30 cm de espesor como máximo y 15 cm como mínimo. El grado de compactación de las capas de relleno será del 95 % de su PVSM con una tolerancia de +/- 2%, las calas de compactación se harán a cada 30 metros (treinta) en condiciones normales, si el representante de ECOGAS considera necesaria la realización de otra cala a una distancia menor que la antes descrita, la podrá realizar.

Nota: Se deberá colocar una cinta plástica de advertencia, dicha cinta debe colocarse en todo momento, sobre toda la tubería que se instale. La cinta debe tener el lado escrito hacia arriba y no presentar dobleces.

Para el caso de reposición de base hidráulica, ésta debe tener un grado de compactación del 100%, el espesor mínimo de esta capa será de 20 cm y máximo de 30 cm, este material deberá humedecerse y homogenizarse fuera de la zanja.

La base hidráulica debe de muestrearse continuamente para ser sometida a pruebas de calidad y determinar que cumpla con las especificaciones que debe de tener este material (El tamaño máximo del agregado será de 19.05 mm $\frac{3}{4}$ ").

En las siguientes figuras se puede observar los perfiles de zanja a cielo abierto con retroexcavadora de acuerdo al tipo de terreno y diámetro de polietileno.

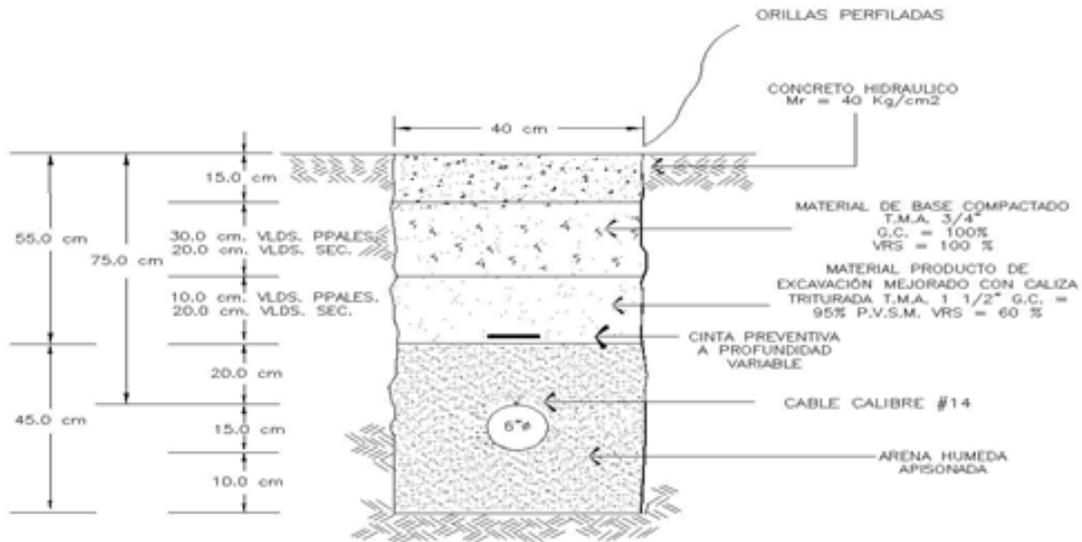


Figura 19 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto hidráulico – polietileno de alta y media densidad de 6”.

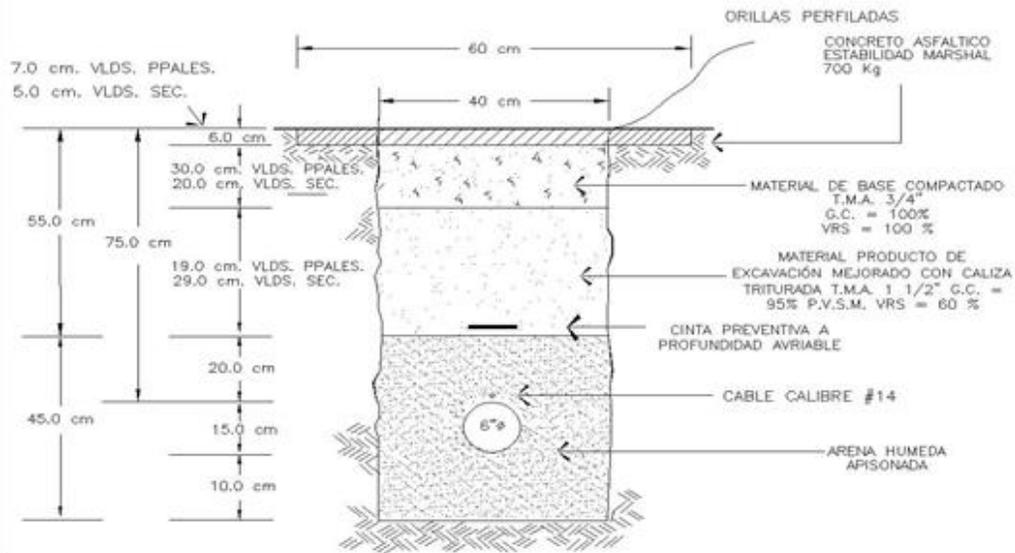


Figura 20 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto asfáltico – polietileno de alta y media densidad de 6”.

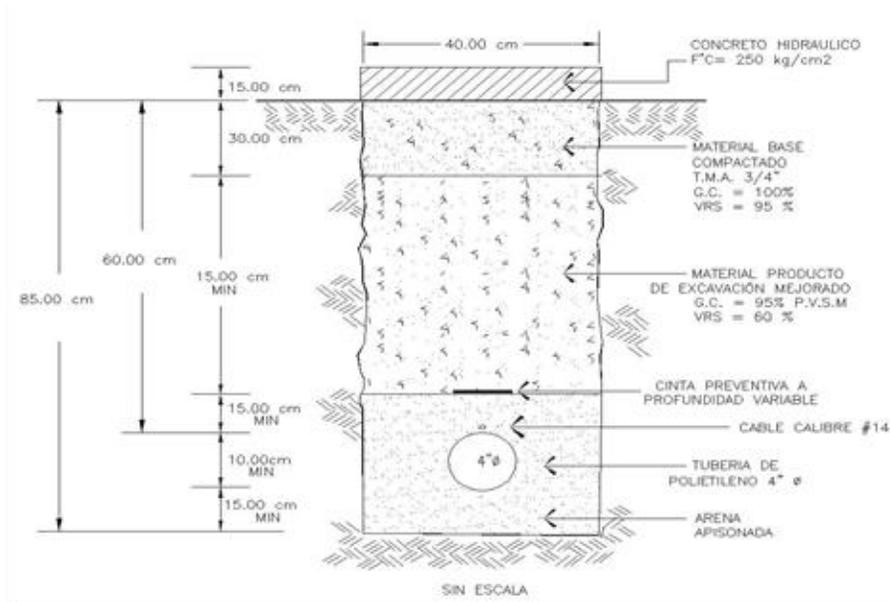


Figura 21 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto hidráulico – polietileno de alta y media densidad de 4”.

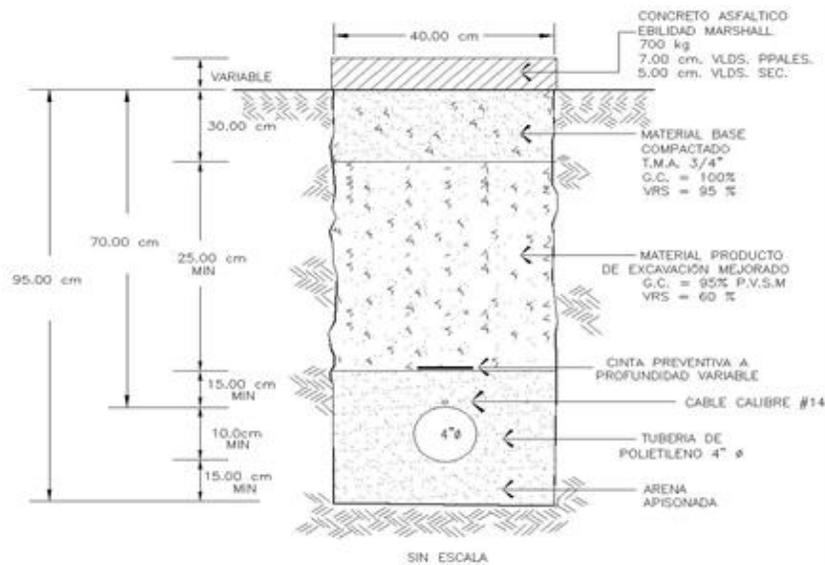


Figura 22 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en concreto asfáltico – polietileno de alta y media densidad de 4”.

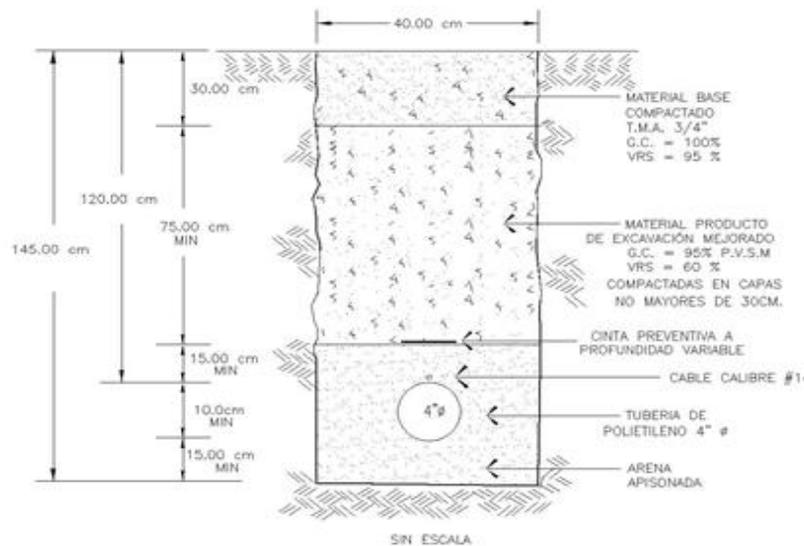


Figura 23 Perfil de zanja a cielo abierto con retroexcavadora en terreno natural – polietileno de alta y media densidad de 4”.

Procedimiento para excavación con zanjadora.

Trazo, corte y sondeos.

Antes de comenzar todo trabajo debe de hacerse una inspección visual del sitio donde se ejecutarán los trabajos, se buscarán líneas de agua potable, drenaje, teléfono o cualquier otra que interfiera con la instalación de la red. Una vez identificadas en campo se procederá a referenciarlas por medio de estacas o pintura.

Teniendo identificadas las líneas existentes, se procede a hacer el trazo para la instalación de la tubería de gas.

Se deben verificar los pozos de visita de drenaje sanitario, para tener una referencia de la profundidad de éste.

Sobre el trazo se abren ventanas para agua potable y drenaje hasta el centro de la calle (en el sentido longitudinal), aquí se verifican los niveles de las líneas existentes. Las tomas de agua potable regularmente tienen el mismo nivel, en cambio el drenaje tiene una pendiente, ya que trabaja a gravedad. Si en el centro se observa que el nivel de estas líneas se encuentra 30 cm por debajo del nivel de la tubería de gas, se podrá seguir adelante con la excavación con zanjadora, si no es, así debe continuarse con los sondeos hasta no tener ninguna duda sobre los niveles de líneas existentes.

Los cortes de carpeta asfáltica deben alinearse con la guarnición para reducir el serpenteo. Para los sondeos se podrá utilizar retroexcavadora hasta una profundidad aproximada de 40 cm, de ahí en adelante la excavación se hará solamente con pala, hasta localizar la línea existente.

Excavación con zanjadora.

Ya abiertos los sondeos y localizadas todas las líneas se procede a iniciar la excavación con zanjadora. Debe de retirarse del área de operación todo el material producto de excavación, ya que puede afectar la operación de la maquinaria.

Adicional al operador de la máquina, debe ir una persona que irá tomando los niveles de la excavación, él indicará al operador si sube o baja el brazo de la máquina en tomas existentes.

Precaución: La máquina zanjadora puede romper cualquier tubería que no haya sido localizada, por lo que es necesario que se cuente con el material de reparación en el sitio, necesario para una pronta rehabilitación del servicio (para hacer reparaciones es necesario abrir una ventana en el sitio). Todas las reparaciones deben de cumplir con las especificaciones con las que fueron diseñadas.

La profundidad de la zanja debe ser la necesaria para dejar una distancia del lomo de tubo a nivel de carpeta de 70 cm. Solo en casos extraordinarios en que las condiciones del lugar no lo permitan, podrá dejarse a la mínima distancia que es de 60 cm.

Otro criterio que influye en la profundidad de la excavación es la distancia libre entre cualquier línea existente y la tubería de gas de 30 cm. Las excavaciones que se tengan que hacer por debajo de líneas existentes, deben suavizarse sus pendientes a ambos lados, de manera que la tubería no presente cambios bruscos de nivel.

Nota: En el caso de tuberías que se instalen en terracería el nivel de la excavación se debe de verificar con la ayuda de nivel topográfico, apegándose en toda ocasión a las cotas que marque el proyecto.

En la siguiente figura se muestra el diagrama para sondeos de excavación con zanjadora de manera ilustrativa.

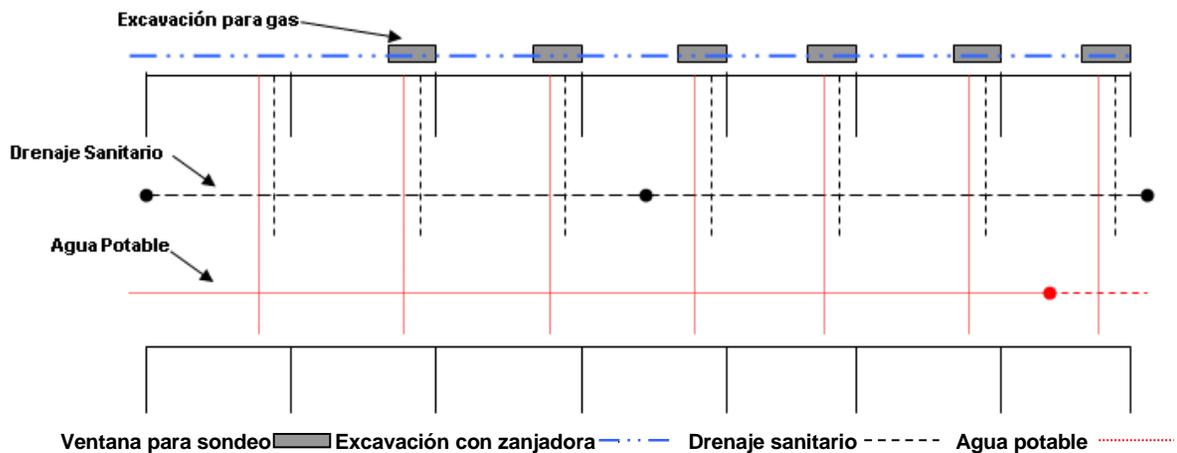


Figura 24 Diagrama de sondeos para excavación con zanjadora.

Colocación de la tubería:

Antes de introducir la tubería dentro de la zanja debe de revisarse lo siguiente:

1. Verificar que la tubería no tenga cortes profundos, daños o raspaduras severas (mayor al 10% del espesor). En caso de encontrarse algún defecto, ésta debe de cortarse y proceder a unir nuevamente la tubería.
2. La plantilla de la zanja deberá completamente limpia de basura o piedras. En caso de suelo rocoso, la zanja se debe rellenar inicialmente con una capa de 10cm de cualquiera de los materiales siguientes:
 - a) Material producto de la excavación; éste debe estar limpio, libre de basura, escombros, materiales rocosos o cortantes que pudieran ocasionar daños a las tuberías.
 - b) Material procedente de banco de materiales; como arena, tierra fina o cualquier otro material similar que proteja la tubería.

Entre el borde de la zanja y cualquier material debe de haber una franja limpia de 10 cm por lo menos, esto para evitar que al meter el tubo pueda arrastrar material dentro de la excavación.

Para la introducción de tramos largos de tubería dentro de la zanja, es necesario contar con rodillos que faciliten la conducción del tubo.

Después se introduce lentamente la tubería en la zanja, observando que esta no roce con la orilla de la zanja. Deberá haber personal que vaya dirigiendo e introduciendo el tubo.

Se debe tratar de introducir la mayor cantidad de tubería posible, para evitar tener que hacer electrofusiones dentro de las zanjas. Las electrofusiones deben de hacerse en las ventanas, ya que ofrecen un mayor espacio para las maniobras.

Capa de colchón

Es una capa de materiales selectos, por lo regular arena, limo o material de criba, que se coloca en el fondo de la zanja, sobre el tubo, con el fin de suministrar un soporte uniforme para alojar el tubo. Esta capa ofrece protección contra saliente o rocas puntiagudas que puedan dañar el tubo.

El material de colchón debe ser suave y homogéneo, este material debe estar húmedo y completamente exento de piedras.

El tubo debe acostillarse con el material para impedir que este tenga movimiento (este paso debe de hacerse con pala). Una vez acostillado se podrá derramar el material restante sobre el tubo, en el nivel de lomo del tubo debe de haber 15 cm de material, por lo menos.

Colocación de alambre identificador:

Antes de continuar con el relleno, debe instalarse el alambre identificador en la zanja, a lo largo de toda la tubería instalada, el alambre deberá ser de cobre (AWG calibre 14, anti-flama, de preferencia color amarillo), éste se colocará sobre el lomo del tubo cuidando que no se enrolle en la tubería.

Es muy importante que exista continuidad en el alambre, por lo que en todas las conexiones que se hagan debe de utilizarse cinta tipo chicle y aislante.

Nota: Los colores que podrán utilizarse: son el amarillo, blanco, negro y gris. No deberá utilizarse el color rojo.

Relleno y compactación:

El material de compactación debe de tener la humedad óptima antes de arrojarlo a la zanja, por lo que es necesario humedecerlo y homogenizarlo fuera de la excavación.

Debe de considerarse antes de iniciar, humedecer la zanja y sus paredes. Sobre el fondo de la zanja se colocará una plantilla de material fino de 5 cm de espesor.

La compactación del relleno de la zanja debe de hacerse en capas de 30 cm de espesor como máximo y 15 cm como mínimo. El grado de compactación de las capas de relleno será del 95 %, las calas de compactación se harán a criterio del representante de ECOGAS.

Nota: Se deberá colocar una cinta plástica de advertencia, dicha cinta debe colocarse en todo momento, sobre toda la tubería que se instale. La cinta debe tener el lado escrito hacia arriba y no presentar dobleces.

Para el caso de reposición de base hidráulica, ésta debe tener un grado de compactación del 100% con una holgura de +/- 5%, el espesor mínimo de esta capa será de 20 cm y máximo de 30 cm, deberá humedecerse y homogenizarse fuera de la zanja.

La base hidráulica debe de muestrearse continuamente para ser sometida a pruebas de calidad y determinar que cumpla con las especificaciones propias de este material (El tamaño máximo del agregado será de 38.1mm).

Relleno con mortero fluido:

Queda a criterio de ECOGAS el utilizar relleno fluido para zanjas. Este material deberá cumplir con los requerimientos del valor relativo de soporte que requiere la estructura del pavimento y deberá especificar su capacidad de diseño (7 kg/cm² o 14 kg/cm²).

En las siguientes figuras se puede observar los perfiles de zanja a cielo abierto con zanjadora de acuerdo al tipo de terreno y diámetro de polietileno.

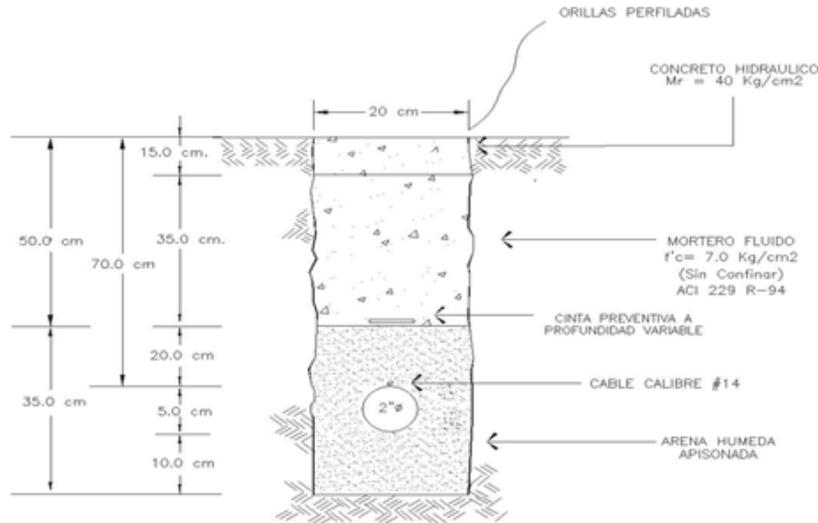


Figura 25 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Hidráulico – Polietileno de alta o media densidad de 2”.

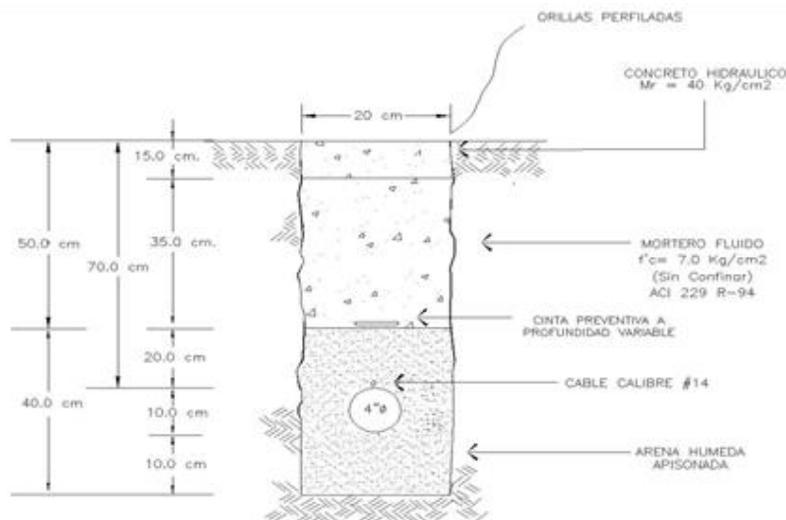


Figura 26 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Hidráulico – Polietileno de alta o media densidad de 4”.

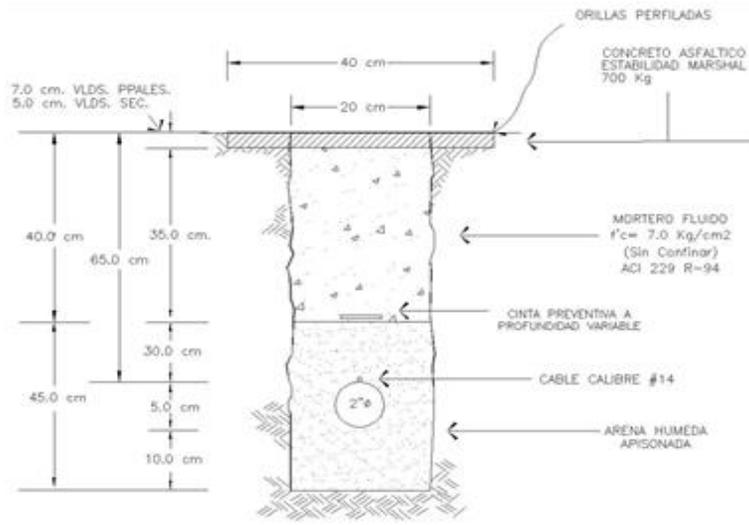


Figura 27 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Asfáltico – Polietileno de alta o media densidad de 2”.

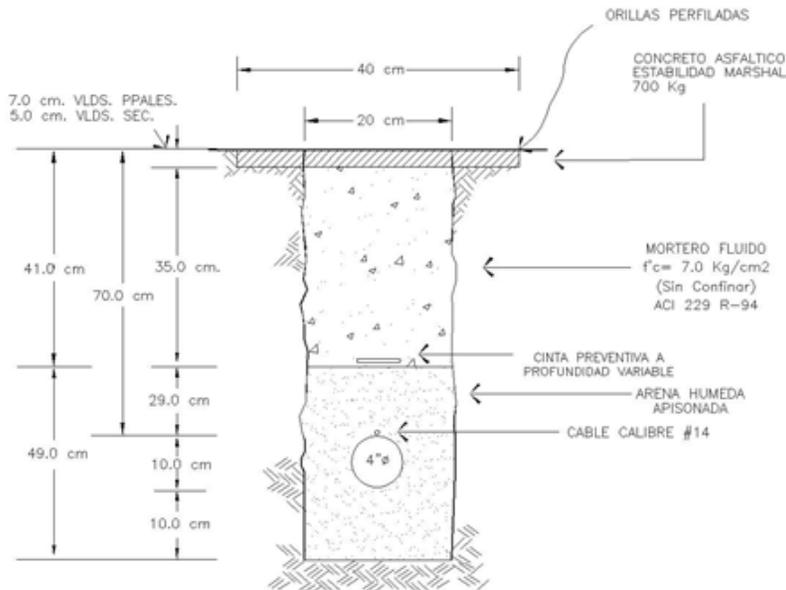


Figura 28 Perfil de zanja a cielo abierto con zanjadora en Concreto Asfáltico – Polietileno de alta o media densidad de 4”.

7. Soldadura en tubería de polietileno.

La soldadura por electrofusión consiste en la unión de tuberías o de tuberías y accesorios mediante el empleo de conexiones electrosoldables que tienen incorporado en su interior un filamento eléctrico, el cual, conectado a una tensión eléctrica durante un tiempo determinado, somete el polietileno a una temperatura que provoca su fusión y permite que los elementos a unir queden soldados.

Proceso de electrofusión:

Mediante dos bornes o conexiones este equipo hace circular por el accesorio la corriente eléctrica necesaria para alcanzar las temperaturas de fusión según la marca y modelo de accesorio.

Estos equipos deben ser polivalentes (es decir, deben operar con cualquier marca de accesorio) y cumpla con las normativas vigentes.

Inspección visual de soldaduras por electrofusión

Los defectos más comunes que pueden aparecer son:

1. Contaminación. Presencia en la unión de cuerpos extraños o suciedad, por ejemplo: tierra, grasa, etc., o falta de respaldo superficial.
2. Descentrado. Consecuencia de una mala distribución de la zona de soldadura de un (accesorio), por no haberse marcado los trazos de soldadura centrado.
3. Desalineación. Producida generalmente por la no utilización de alineadores durante la soldadura, la utilización de alineadores no adecuados o por retirarlo antes de dejar enfriar la soldadura por su natural.
4. Derrame de material por los bordes de la pieza. Normalmente por un sobrecalentamiento como consecuencia de una selección inadecuada de los parámetros de soldadura en el equipo de electrofusión. También puede ocurrir por la presencia de humedad, por no utilizar alineadores durante la soldadura, la utilización de alineadores no adecuados o quitarlos antes de que haya pasado el tiempo de enfriamiento estipulado o por deficiente colocación del accesorio.
5. Falta de fusión. Normalmente por una falta de calentamiento como consecuencia de una selección inadecuada de los parámetros de soldadura en el equipo de electrofusión. También puede ocurrir por presencia de humedad y por falta de contacto entre las superficies a unir.
6. Grietas y poros. Producidos generalmente por la presencia de presión interior elevada en los tramos de tubería a unir en el momento de la soldadura (obturación aguas arriba incorrecta). También pueden producirse como consecuencia de enfriamiento súbito.

8. Soldadura en tubería de acero.

Limpieza.

No se permite suciedad o escombros en la tubería. Cada tramo de tubería deberá encontrarse limpio y libre de obstrucciones antes de que se solde al tramo adyacente. Con anterioridad a la alineación, deberá limpiarse adecuadamente la parte interior de cada junta. Precisamente antes de alinear la tubería para que se solde, las partes biseladas de cada junta de la tubería y el área inmediatamente adyacente a éstas deberán limpiarse mediante carda metálica retirando cualquier pintura, óxido, rebaba de fabricación, y demás materiales extraños con objeto de evitar defectos en las soldaduras terminadas.

Laminaciones.

En caso de encontrarse laminaciones de bordes agrietados en la tubería durante el proceso de soldadura, la totalidad de la junta que contenga estos defectos deberá retirarse de la línea y no utilizarse. El Contratista notificará de inmediato al inspector de obra de ECOGAS respecto de cualquier laminación que se descubra en la tubería.

Raspaduras Profundas.

Aquellas raspaduras profundas en los extremos de la tubería de más de 0.01 de pulgada, pero menores del 10% del espesor de pared, deberán esmerilarse. Este esmerilado deberá realizarse a las áreas de espesor reducido a aproximadamente una (1) pulgada más del ancho de las raspaduras en sí. Si el área dañada tiene una profundidad superior al 10% del espesor de pared del tubo o es mayor de seis (6) pulgadas de longitud, la tubería que contenga ese defecto deberá cortarse y substituirse con un nuevo tramo. El tramo dañado no deberá utilizarse y, por lo tanto, deberá retirarse del emplazamiento de la obra.

Recortes y biselado de tubos.

Se deberá recortar y biselar todos los extremos de la tubería que resulten necesarios para efectos de mantener la alineación y el espaciamiento correctos de la tubería. Todos los biseles de la tubería deberán hacerse utilizando máquina biseladora y soplete de oxiacetileno. Deberá utilizarse una pulidora eléctrica para efectos de terminar el corte en bisel y proporcionar un torneado similar al biselado de fábrica.

Alineación de Juntas.

Cuando el diámetro de la tubería lo permita, se deben utilizar alineadores internos. Se recomienda que todas las juntas deban alinearse y soldarse utilizando una abertura uniforme de aproximadamente 1/16 de pulgada con un máximo de 3/32", entre una junta y otra, sin embargo, deberá respetarse el diseño de junta establecido en el procedimiento específico ya calificado.

Pasos de Soldadura.

Toda la soldadura de arco deberá de tener el mínimo de pases especificado en el procedimiento específico de soldadura ya calificado (wps).

Entre cordones y continuidad de soldadura debe limpiarse perfectamente de suciedad, escoria, o residuos que se alojen en el cordón, la corona debe de ser de 1/16" como máximo, por encima de la superficie del tubo, el ancho de la soldadura no debe extenderse ni cubrir la parte exterior de la junta soldada más de 1/8" de cada lado.

Métodos para la prueba de soldaduras.

Se utilizará la inspección radiográfica en todas las soldaduras que se realicen en el proceso de la obra o de mantenimiento correctivo. El procedimiento para realizar dichos exámenes consiste en lo siguiente:

- a) La empresa de ensayos no destructivos que se contrate debe contar con un camión que contenga un contenedor totalmente cerrado, independientemente de que se realice por radiografía o gammagrafía.
- b) Se selecciona una fuente de energía tal que tenga la capacidad suficiente de satisfacer las necesidades de los trabajos de radiografía o adecuar el equipo si es por gammagrafía.
- c) El personal de la empresa debe usar en todo momento el dosímetro o la alarma de la fuente por seguridad de todos los presentes.
- d) Se debe evacuar la zona de trabajo en el perímetro de los requerimientos de la empresa de ensayos no destructivos.

Para iniciar con los trabajos de radiografía se hace lo siguiente:

- a) Una vez concluida la soldadura, se limpia perfectamente con la carda. Se espera un tiempo aproximado de 20 min a 30 min.
- b) A continuación, se colocan la(s) película(s) las cuales deben ser de grano fino, industrial y de alta calidad en base al tipo de geometría de exposición.

Todas las técnicas examinación, calidad de la película y criterios de aceptación deberán cumplir con los requisitos del Estándar API 1104.

La interpretación del ensayo sólo la puede realizar un Nivel II o III en el tipo de ensayo que interpreta, sin embargo, ECOGAS determinará si acepta aquellas indicaciones en base a la profundidad de las mismas. Si cualquier soldadura no aprueba la inspección, se deberá de hacer la reparación correspondiente siguiendo el procedimiento de soldadura aplicable, exceptuando el vaciado, ya que para esto es necesario retirar el material de aporte con disco evitando el arch-air.

Deberán numerarse las películas de tal forma que correspondan con el número de la soldadura examinada. Cualquier segunda prueba deberá incorporar la letra “R” al número original con objeto de que puedan identificarse tanto la soldadura original de la reparación.

Las soldaduras de piezas especiales también se someterán a rayos X o gamma y pruebas con solución tenso-activa.

9. Pruebas de hermeticidad.

En las siguientes tablas se muestran los requerimientos de la prueba de estabilidad de presión.

Tabla 17 Duración de pruebas con manómetro o manógrafo.

Tramo a prueba	Duración mínima de la prueba	Método de prueba
Conexiones de servicio	20 minutos	Manómetro de aguja
Ramales de conexión, Longitud 100 m o menos Diámetro 110 mm o menos	8 horas	Manógrafo
Línea de distribución principal	24 horas	Manógrafo

Puede presentarse una caída de presión por un cambio de temperatura de la red que se prueba, para ser aceptable después de la caída de presión, ésta deberá estabilizarse y aumentar hasta permanecer constante y cerrar el ciclo.

Tabla 18 Caída de presión aceptable.

Dimensión de la prueba	Caída máxima aceptable
30 minutos	0 kPa (0 psi)
8 horas	6.9 kPa (1 psi)
24 horas	34.5 kPa (5 psi)

No deberá mantenerse la presión con aire a más de 410 kPa (cuatrocientos diez kilopascales) o 60 psi (sesenta libras sobre pulgada cuadrada), en una tubería de polietileno durante más de cinco días.

Si la tubería por probarse está conectada a una tubería bajo presión con gas y sólo una válvula cerrada separa las dos redes, será necesario separarlas físicamente.

Si los resultados de la prueba de estabilidad no son aceptables, deberá buscarse la causa de la fuga y repararse, debe entonces efectuarse otra prueba de hermeticidad.

Las fusiones de conexión entre tuberías deben probarse con jabón a la presión de la tubería que está bajo prueba. Una solución aceptable para jabonadura es de ½ lt (medio litro) de concentrado por veinte 20 lt (veinte litros) de agua.

Las tuberías deben enjuagarse bien con agua para quitar toda la espuma de jabón. Las tuberías anteriormente abandonados o desconectados deben probarse de la misma manera que los nuevos. Toda purga debe efectuarse de acuerdo con las indicaciones de este manual.

El inspector de obra conservará todas las gráficas de la prueba hasta terminar todo lo señalado en la orden de construcción y posteriormente entregará ambas al departamento de ingeniería de ECOGAS.

Prerequisitos.

Antes de llevarse a cabo la prueba de hermeticidad de la tubería, verifique los siguientes detalles:

- La instrucción de trabajo de prueba debe ser revisada y aprobada previa a la actividad, y realizada en campo en todo momento por el inspector de obra o supervisor de alta presión.
- Todo el equipo necesario para el registro de presión y temperatura se deberá encontrar calibrado y verificado por el inspector de obra o supervisor de alta presión.
- Todos los manómetros, manógrafos, termógrafos o termomanógrafos deben estar en buen estado y contar con los accesorios necesarios para su correcta operación.
- Se debe coordinar la prueba con el personal del socio estratégico y con el inspector de obra o supervisor de alta presión.
- Todo el equipo de prueba deberá instalarse y utilizarse conforme lo autorice el Inspector de Obra o el Supervisor de Alta Presión según aplique.

Las pruebas de hermeticidad pueden ser neumáticas o hidrostáticas.

Prueba de fuga.

Todas aquellas extensiones o reparaciones en el sistema de distribución deberán probarse mediante una prueba de fuga previo a su entrada en operación, con excepción de aquellas juntas de cierre, las cuales deberán ser examinadas con el ensayo no destructivo aplicable.

Para determinar la presión de prueba de ductos de acero y polietileno consultar la NOM-003-ASEA-VIGENTE.

Las tuberías que crucen líneas ferroviarias auxiliares no podrán someterse a prueba cuando se encuentren estacionados o en movimiento carros de ferrocarril sobre la línea auxiliar que se encuentre por encima de la sección que se somete a prueba. Por lo tanto, la prueba final de presión deberá coordinarse con los itinerarios del ferrocarril y con las entregas a comercios que abastecen las líneas auxiliares. Todas las pruebas finales de presión deberán conducirse cuando el tránsito de peatones y vehículos en las áreas de la obra y a lo largo de la tubería objeto de prueba se encuentren en sus niveles mínimos.

No pueden existir actividades de construcción en el área que se encuentre por encima de la tubería objeto de la prueba durante la prueba misma.

Una vez que se termine la prueba de presión y que la tubería se haya vaciado, limpiado y secado hasta obtener la aprobación de ECOGAS, la sección deberá conectarse al gasoducto existente.

Ejecución de prueba.

Para dar inicio a las pruebas de hermeticidad es necesario verificar que todos los extremos que se encuentren involucrados en la prueba estén totalmente sellados, mediante un tapón soldado.

En un extremo se debe de colocar una válvula de ¾" de alta presión y a dos pies del extremo se colocará una válvula de 2" (para el llenado de agua de la línea), en el espacio de los dos pies se colocará por dentro del tubo el diablo de limpieza en la tubería una vez que quede concluida la prueba.

Sobre el otro extremo se soldará una brida, en la cual se coloca un carrete de tubo de aproximadamente dos pies, con un extremo bridado y el otro con tapón soldado, en el cual se soldará una válvula de 2" (para sacar el agua una vez que quede concluida la prueba).

Para el llenado de agua dentro de la línea se debe de realizar mediante una pipa con capacidad de 10 m3 y con una bomba de 2" (opcional).

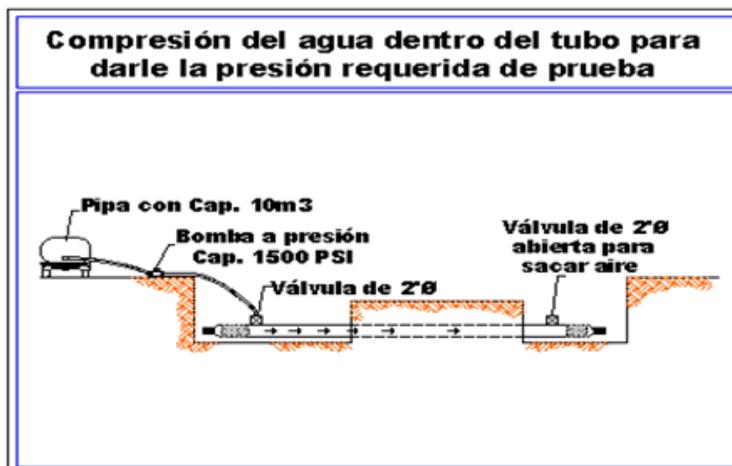


Figura 29 Ejemplo de compresión de agua dentro del tubo.

Para empezar a suministrarle agua se coloca una manguera de 2" en la válvula de 2" y con la bomba de agua se empieza a llenar el tubo, para que la línea no acumule aire en su interior es necesario que las válvulas de los extremos estén totalmente abiertas, para que todo el aire que este dentro salga y no forme burbujas de aire en el interior, si esto ocurriera se reflejaría en el registro de las pruebas, ya que al estabilizarse la presión esta tendría una baja.

Ya que la línea esté saturada de agua y que no tenga aire, se cierran las válvulas de los extremos y se comienza a presurizar con una bomba de presión adecuada.

Durante el llenado en la prueba se deben realizar incrementos de presión en tres etapas como mínimo permitiendo un tiempo de 20 minutos para la estabilización de la presión. En los registros debe quedar evidencia del inicio de la prueba en el que se observe claramente los incrementos y decrementos de presión.

Los registros que se generen con motivo de la ejecución de la prueba de fuga deberán entregársele a ECOGAS como documentación permanente de la línea sujeta a prueba. Dependiendo de las dimensiones de los tramos de extensión o reparación que se prueben y las condiciones en las que desarrolle la prueba de fuga, se puede llevar la revisión o supervisión a cada 30 minutos durante el tiempo que dure la prueba, así como también se harán recorridos tipo patrullaje sobre la línea que se está probando a cada 2.00 horas buscando posibles evidencias de fuga, poniendo especial atención en las uniones roscadas o bridadas, aplicando solución tenso-activa.

10. Drenado, limpieza y secado.

Una vez concluida la prueba de hermeticidad, se deberá sacar por medio de la válvula de 2" toda el agua, y disponerlas en pipas, el lugar asignado para esta actividad deberá estar autorizado para tales fines o contar con una carta de aceptación del particular, en caso de que sea empleada para riego de caminos de terracería. Una vez que la línea haya quedado sin presión y solamente haya quedado el agua saturada, se procede a ingresar aire a compresión por medio de la válvula de $\frac{3}{4}$ ", el procedimiento es el siguiente:

- Por un extremo donde está la válvula de $\frac{3}{4}$ " se le aplica aire con el compresor a 100 psi y por el otro se abre la válvula de 2" para sacar toda el agua, el aire lo que hace es empujar el diablo y este a su vez empuja el agua expulsándola por el extremo abierto donde se encuentra la válvula de 2" , una vez que se haya vaciado la línea de agua, se quita el carrete en el extremo donde estaba la brida y se vuelve a realizar la misma operación de limpieza con el diablo hasta que haya quedado completamente seco.
- Y por último se le pasa una esponja varias veces a través de la tubería hasta que quede totalmente seco. Se da por concluida la prueba y se procede a realizar las conexiones y empates necesarios.

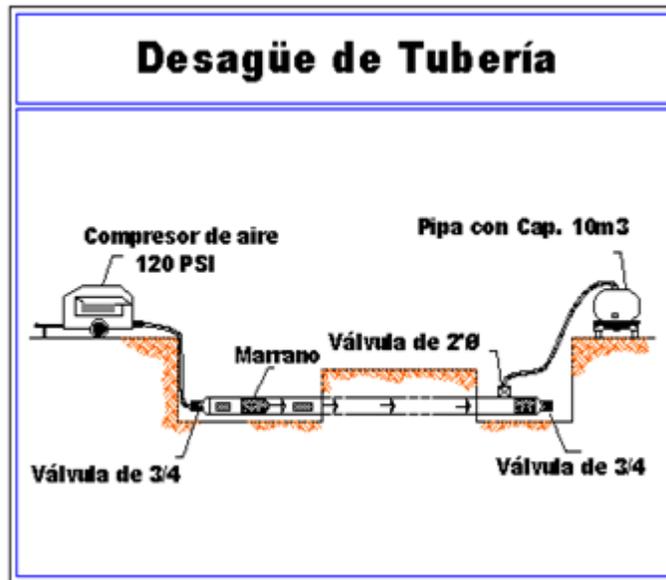


Figura 30 Ejemplo de desague de tubería.

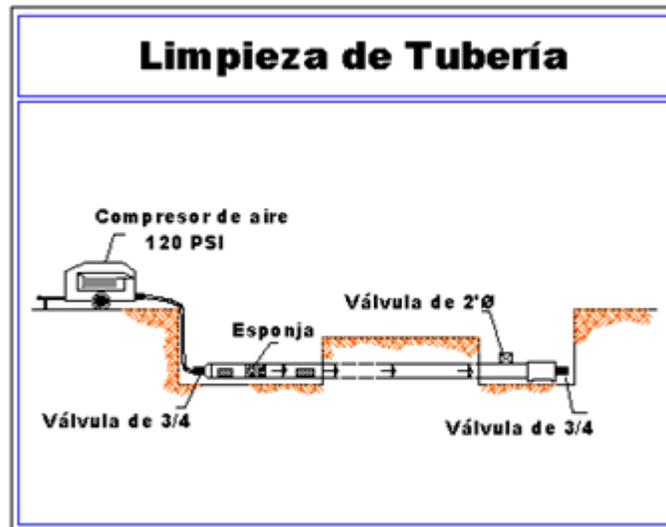


Figura 31 Ejemplo de limpieza de tubería.

11. Procedimiento para puesta en servicio (empaque de gas).

Las personas que realizan el purgado de las líneas de gas natural deben de tener consideraciones con respecto al ruido y olor objetables en relación con algún requerimiento de disminución de contaminantes y ruido local, estatal y federal aplicables. Esas consideraciones pueden incluir el uso de supresores de ruido y reducción de presión en las líneas.

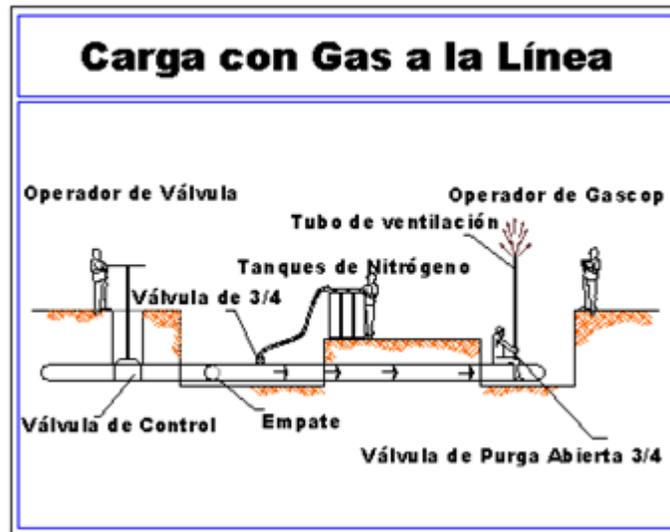


Figura 32 Ejemplo de carga de gas a la tubería.

El gas natural debe ser desfogado a la atmósfera en el punto y altura en que se encuentre fuera de posibles fuentes de ignición y en caso de ser necesario emplear venteos con tal fin buscando que el gas natural se disperse en el aire.

Los venteos deberán aterrizarse por medio de un cable y una varilla enterrada previamente húmeda para descargar la electricidad estática.

En el lugar de trabajo se debe de contar con un extinguidor presurizado y con etiqueta vigente y personal apostado para su empleo siempre y cuando cuente con la capacitación para el uso y manejo de los mismos. El área de venteo, en caso de requerirse debe ser evacuada, señalizada y acordonada. Durante la presurización del gas natural se debe barrer el aire con nitrógeno, debiendo haber realizado previamente el cálculo para la cantidad necesaria del gas inerte.

Después de expuesto lo anterior y considerarlo siempre que se va a realizar una purga para cargar con gas natural a la línea se siguen los siguientes pasos:

- Se debe de indicar cuál será el extremo que mejor convenga para realizar la operación de purgado, y se le solda una válvula de 3/4" de alta presión, se debe de utilizar un medio coplee de 3/4", un niple cerrado y un tapón de 3/4".
- En el otro extremo se colocará una válvula de 3/4" abierta y un venteo para poder sacar todo el aire que este dentro de la línea.
- Una vez que esté listo lo anterior, se conecta el nitrógeno mediante una manguera de alta presión con una válvula de 3/8" y un manómetro para regular la presión, y el otro extremo de la manguera se conectará a la válvula de 3/4" soldada al tubo.

Antes de cargar con gas cualquier línea, el personal de operaciones deberá de atestiguar y recibir el sistema cuando se esté introduciendo gas al nuevo segmento.

Para introducirle gas a la línea se abrirá una válvula de bola de la misma dimensión que la línea, está ya debe de estar conectada a la línea y es la que controlará el flujo de gas que se va a introducir.

Ya que está todo listo se procede a barrer con el nitrógeno todo el aire que quede dentro de la línea, la función del nitrógeno será la de separar el aire del gas y así evitar una mezcla explosiva, una vez que se le hayan aplicado todos los cilindros de nitrógeno, el personal de operaciones procederá inmediatamente a abrir la válvula que controla el gas natural hasta un cuarto de vuelta, en el otro extremo de la purga se encontrará una persona de operación con el detector de gas combustible, que medirá el porcentaje de gas que está saliendo por el extremo, este procedimiento se termina cuando la lectura del detector de gas combustible indique que hay el 100 % de gas en la línea, esto es, sacar todo el aire de la tubería y sustituirlo al 100% con gas natural, a consideración del supervisor de operaciones se dejará unos minutos más, a fin de que no queden bolsas de aire dentro de la línea.

Una vez completado el proceso se cerrará la válvula de purgado y se abrirá la válvula de control para igualar presiones, la válvula de control quedará abierta o cerrada, según las necesidades de ECOGAS.

Pruebas de nitrógeno (neumática).

El procedimiento para este tipo de pruebas es similar al de pruebas hidrostáticas, solo que el acordonamiento de seguridad de la zona deberá ser mayor dada la cantidad de energía que el fluido conserva para alcanzar las presiones mínimas requeridas.

Cargas de gas en tuberías de polietileno.

El proceso de carga de gas se debe de introducir lentamente hasta igualar las presiones de ambos sistemas, se purga la línea para eliminar bolsas de aire que estuvieran atrapadas en el área de la red que ha sido cargada.

Deberá excavarse una ventana lo suficientemente amplia para que se puedan alinear los tubos que se van a unir en sus extremos. A un metro y medio a cada lado del punto donde se unirá el tubo.

Los *riser* deben colocarse de manera que queden en sentido vertical (se pueden fijar a estacas o varillas con cinta adhesiva), así mismo éstos se aterrizan con la ayuda de los cables y la varilla de cobre.

Nota: No se deberá fijar los *riser* a postes que conduzcan energía eléctrica o cualquier otra fuente de energía.

A una distancia de 80 cm (ochenta centímetros) de la punta de la tubería que tiene gas, se colocará una prensa de tubo de polietileno. Es importante verificar antes de poner la prensa, que la misma sea adecuada para el diámetro del tubo en el que se va a trabajar. Antes de empezar a apretar la prensa, cerciorarse que las barras de ésta y la superficie del tubo estén libres de suciedad o piedras, ya que pueden incrustarse en el tubo con la presión. La presión sobre la prensa debe ejercerse apretando lentamente, en sentido de las manecillas del reloj hasta que se llegue a los topes de las barras.

Coloque trapos húmedos a ambos lados de la prensa y conecte un cable que esté aterrizado físicamente.

Humedecer todo el tubo y marque sobre el mismo el punto donde se va a cortar (recuerde que se debe ajustar con el extremo del otro tubo), y corte con la ayuda de un cortatubo para polietileno. Al ir cortando el tubo se escuchará el sonido del gas almacenado en el extremo que escapa, si el sonido no disminuye ajuste la prensa hasta que desaparezca.

Repetir la operación en el otro tubo verificando antes que éste no se encuentre cargado con aire de la prueba de hermeticidad. En caso de estar cargado con aire, baje la presión hasta cero.

Con la ayuda de un alineador se ajustan los tubos y se unen con un cople de electrofusión. Debe dejarse transcurrir el tiempo necesario para el enfriamiento del cople antes de proseguir.

Una vez listo el armado, se prosigue a la carga de la línea, para lo cual a la parte más alejada del tubo y a los extremos de los ramales se le colocará una silleta, las cuales servirán para purgar el aire que este atrapado en la línea. Al momento de iniciar el proceso de carga, en el extremo más lejano de la tubería debe estar ubicada alguna persona que irá midiendo la concentración de gas en el sistema. Siempre deberá estar presente personal de Operación y Mantenimiento para atestiguar estos trabajos.

Una vez alcanzado el cien por ciento se deja que se establezcan las presiones en los dos sistemas. Cuando la presión en el manómetro empieza a aumentar y alcanza la presión de operación del otro sistema, entonces se ha estabilizado la presión.

Se retira la prensa del tubo girándolo lentamente en sentido anti horario. Al quitarla, debe de verificarse con jabonadura el área donde estaba colocado el estrangulador para descartar posible daño o perforación en la tubería.

12. Señalización en el sistema de distribución.

Cuando las tuberías se encuentren en la franja de desarrollo del sistema de carreteras o caminos federales, se deberán colocar postes de señalamiento en áreas seguras dentro de los límites de la franja de desarrollo del sistema (DDV).

Los señalamientos informativos, restrictivos y/o preventivos se deben instalar en tuberías que:

- Se ubiquen lo más cerca posible en ambos lados del cruce de una carretera, camino público, ferrocarril, cruce aéreo, fluvial y otros cuerpos de agua, cambios de dirección mayor a 30 grados e instalaciones superficiales como válvulas de seccionamiento, estaciones de regulación, y estaciones de regulación y medición.
- La distancia mínima entre cada señalamiento es de 1000 m para clases de localización 1 y 2, 500 m para clases de localización 3 y 100 m para clases de localización 4.
- El contenido mínimo de información en el señalamiento debe ser: "Advertencia, cuidado, precaución". Estas palabras deberán tener un alto de 25 por 6 mm de ancho y ser seguido de las

frases; “tubería a presión bajo tierra, gas natural”; “no cavar, no golpear, no construir”. (Esta frase puede ir en letras o en símbolo). “En caso de emergencia, llamar a: (Nombre del Distribuidor)”; Teléfonos: teléfono(s) local y/o número libre de cargo y los señalamientos deberán ir en fondo color amarillo y letras color negro.

En los casos donde los señalamientos no puedan ser colocados debido a impedimentos del lugar o físicos del terreno, la señalización se puede realizar con las siguientes alternativas:

- Colocar el señalamiento a un lado del lomo del ducto; placas en el piso o pared (tachuelas o estoperoles), que contengan como mínimo: nombre del distribuidor, teléfono(s) del mismo, y las leyendas gas natural, no cavar. En ambos casos, el distribuidor deberá considerar medidas adicionales en el programa de operación y mantenimiento.

3.2.9 Acometidas de gas natural o de tomas de servicio.

Las acometidas de gas natural o tomas de servicio son los puntos de conexión entre las canalizaciones e instalaciones necesarias para un nuevo suministro por medio de la red de distribución de gas natural existente y la llave de la acometida que corta el paso del gas natural a las instalaciones de un edificio ya sea comercial, industrial o residencial.

ECOGAS utiliza para los trabajos de instalación de toma de servicio de gas natural y/o reubicaciones diámetros preferentemente de $\frac{3}{4}$ " (19mm), 1" (25 mm) y 2" (51 mm), pero no obstante debido a la complejidad de algunos proyectos se podrán a utilizar otros tipos de diámetros para la conexión con servicios operando a 60 PSI (414 kPaG) o menos.

Para la realización de la instalación de acometidas para servicios residenciales, comerciales y/o industriales se efectuará con los métodos siguientes:

- Cielo abierto
- Equipo neumático

Procedimiento de colocación de acometida (riser).

Los tubos de subida se unirán al servicio de polietileno de acuerdo con las especificaciones establecidas tanto internas como externas de la empresa ECOGAS. Si las condiciones de la zona de trabajo no se puede instalar los tubos de subida, se colocará un tubo de acero con la finalidad de cumplir los requisitos de profundidad horizontal y vertical.

La excavación del tubo de subida del servicio de polietileno se rellenará con el material producto de excavación y se compactará con pisón manual.

Los *risers* se colocarán en lugares con ventilación y de fácil acceso con el fin de evitar acumulación de gas en caso de fugas y para atención de emergencias, revisión, lectura, reemplazo y mantenimiento por parte de la empresa ECOGAS.

De acuerdo con la normativa interna y externa de ECOGAS, la instalación de tubería de servicio se evitará el cruzamiento con bardas, muros o columnas, cimentación profunda, zapata aislada o corrida. No se permite por ningún motivo que cruce debajo de edificios.

Termofusión

La termofusión es un método de soldadura simple y rápido, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. La superficie de las partes a unir se calienta a temperaturas de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión.

Este tipo de método de soldadura es apropiado para la unión de tuberías de la misma relación de diámetro/espesor, con diámetros desde 32 mm hasta 630 mm. Esta técnica produce una unión permanente, eficaz y económica.

3.2.10 Estaciones de regulación, estaciones de regulación y medición.

La capacidad de las Estaciones de regulación y medición se debe determinar con base a la demanda máxima de flujo y en las condiciones de Presión de entrada y salida del sistema.

El diseño de estaciones incluirá, como mínimo una línea de regulación y un by-pass que permita dar mantenimiento a los componentes de la línea principal que contiene la regulación o la regulación y medición, sin afectar la continuidad operativa del Sistema de distribución o de los usuarios.

Las estaciones se deben instalarán en sitios que cumplan con las condiciones siguientes:

- Puede estar instalada en recintos abiertos, en locales o armarios cerrados a nivel de piso o bajo tierra, total o parcialmente. Si se ubican en Registros subterráneos éstos deben cumplir la disposición 6.6.2 de la NOM-003-ASEA-VIGENTE.
- Estar ubicada en ambientes no corrosivos y protegida contra daños causados por agentes externos, por ejemplo: impactos de vehículos y objetos, derrumbes, inundación y tránsito de personas;
- Estar a una distancia mayor de tres metros de cualquier fuente de ignición;
- Estar protegidos contra el acceso de personas no autorizadas por medio de un cerco de tela ciclón, gabinete u obra civil con ventilación cruzada cuando tengan techo, así como contar con los espacios para realizar el mantenimiento de la estación, y
- Ser accesible directamente desde la vía pública para realizar las tareas de operación, mantenimiento y atención de emergencias.

No estará permitido instalar estaciones en:

- Bajo líneas de conducción eléctrica o transformadores eléctricos. Como mínimo deben estar a una distancia de diez metros de la vertical de dichas líneas o transformadores;
- Lugares donde el gas pueda migrar al interior de edificios, tales como: ventanas, tomas de aire de ventilación, aire acondicionado, en cubos de luz, escaleras de servicios, deben ubicarse a una distancia mínima de un metro, y

- Lugares cerrados o confinados junto con otras instalaciones.

Las estaciones deben estar compuestas, como mínimo, por lo siguiente:

- Una línea de regulación o una línea de regulación y medición;
- La línea de regulación debe contar con el Regulador de Presión y válvulas a la entrada y a la salida para aislar dicha línea. Debe tener filtro si se prevé la posible entrada de suciedad o polvo dentro de la instalación;
- La línea de regulación debe contar al menos con un elemento de seguridad por línea, tales como válvula de corte de máxima Presión, válvula de alivio o regulador monitor;
- Si la Presión de operación de entrada de la línea de regulación es mayor de 689 kPa, debe tener un elemento de seguridad adicional al mencionado en el inciso c) anterior;
- Una Línea de desvío (o by-pass), que debe contar como mínimo con 2 válvulas, una Válvula de bloqueo que asegure la hermeticidad y otra como elemento de regulación manual. En aquellas estaciones cuya Presión efectiva máxima de entrada esté por debajo de 100 kPa puede disponer de una sola válvula, y
- Las tuberías, conexiones y accesorios que conduzcan Gas Natural o Gas Licuado de Petróleo, en las instalaciones superficiales del Sistema de distribución se deben pintar a todo lo largo y cubrir toda la circunferencia de color amarillo, identificar la tubería, así como indicar mediante una flecha color negro la dirección del flujo, ubicada de forma que sea visible desde cualquier punto en las instalaciones, así como en la cercanía de válvulas.

Los componentes de la estación deberán estar protegidos con recubrimientos anticorrosivos considerando las condiciones ambientales a las que se encuentra sometida la estación.

La estación deberá estar aislada eléctricamente de las tuberías de entrada y salida, si éstas cuentan con protección catódica.

Los elementos metálicos de la estación deberán estar puestos a tierra.

Las tuberías de las estaciones deberán de someterse a una Prueba de Hermeticidad, antes de entrar en operación.

Las estaciones deben colocar en lugares visibles avisos con los siguientes señalamientos:

- Informativos
- Restrictivos:

3.2.11 Registros.

Los registros que se construyan tendrán las dimensiones para realizar trabajos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos y deben soportar las cargas externas a las que pueden estar sujetos.

En los registros se deben anclar y soportar las válvulas o utilizar tubería de acero a fin de soportar el peso de la válvula y el esfuerzo de torsión que provoca el accionar ésta.

Los registros se localizarán en puntos de fácil acceso, y deben ser para uso exclusivo del servicio de gas.

Los registros estarán protegidos con una tapa que soporte las cargas externas a las que esté sujeta en condiciones habituales.

Los registros con un volumen interno mayor a seis metros cúbicos contarán con ventilación que evite la formación de Atmósfera Peligrosa en su interior.

Los conductos de ventilación estarán instalados en sitios donde los gases descargados se dispersen rápidamente y que no estén direccionados hacia aberturas de edificios, tales como: puertas, ventanas o sistemas de ventilación. Dichos ductos deben mantenerse funcionando de forma permanente.

Los registros contarán, en su caso con drenaje propio, éste puede ser un pozo de absorción o cárcamo. En caso de contar con drenaje, éste no será conectado a la red de drenaje público.

Los registros que se cancelen o se inhabiliten, se llenarán con un material como: arena, tierra fina, entre otros.

3.2.12 Válvulas de seccionamiento.

En el sistema de distribución se instalarán válvulas de seccionamiento, las cuales deben estar espaciadas de tal manera que permitan minimizar el tiempo de cierre de una sección del sistema en caso de emergencia. Las válvulas se localizarán en lugares de fácil acceso que permitan su mantenimiento y operación.

Se instalarán válvulas de seccionamiento antes y después de los casos:

- Cruces de ríos, canales y arroyos, y
- Cruces de vías férreas, carreteras y autopistas.

Pruebas.

Adicionalmente de las pruebas realizadas por el fabricante, las válvulas de seccionamiento se probarán antes de su instalación en banco conforme con lo siguiente:

- Cuerpo de la válvula. Con la válvula en posición "totalmente abierta", se debe probar a una presión mínima de 1.5 veces la Presión de operación del sistema. Durante la prueba la válvula debe cumplir con las especificaciones del fabricante;
- Asiento de la válvula. Con la válvula en posición "totalmente cerrada" se debe probar a una presión mínima de 1.5 veces la Presión de operación del sistema. Durante la prueba la válvula debe cumplir con las especificaciones del fabricante, y
- Operación de la válvula. Después de completar la última prueba de Presión, la válvula se debe operar para comprobar su buen funcionamiento.

3.2.13 Cruces.

Los cruzamientos son las obras necesarias para cruzar de un lado a otro, carreteras, cuerpos de agua y vías ferroviarias. Estos cruce se clasifican en direccionales, aéreos y adosados.

Tipos de Cruces:

- Cruce direccional
- Cruce aéreo
- Cruce adosado a estructura existente

Cruce direccional:

El túnelo con perforadora direccional es un procedimiento, mediante el cual se introduce un barreno giratorio que tiene un sistema de inyección, que facilita su introducción y a la vez deja lubricada la zona, por donde se va a arrastrar la tubería.

Conforme el barreno va penetrando en el suelo, se le van agregando barras que son atornilladas en la parte posterior, para ir dando una mayor longitud a la perforación. La máquina puede ir cambiando la dirección del barreno, según convenga, se debe de tratar de salir a la misma profundidad a la que se hizo el lanzamiento, de manera tal que el recorrido del barreno describe un columpio suave.

Es muy importante poner especial importancia en la localización de cualquier tipo de línea subterránea, ya que este equipo puede fracturarlo fácilmente.

Una vez localizadas las líneas existentes, se debe dar paso a la excavación de la ventana, esto es nivelarla y limpiarla, ya que servirá como desplante para el lanzamiento del barreno, éste se introduce con un cierto ángulo de entrada, para dar la pendiente necesaria para salvar los obstáculos que se tengan.

Conforme el barreno penetra en el terreno, se irán agregando las barras que nos permitirán desarrollar toda la longitud.

El barreno en la punta, cuenta con una ménsula que gira libremente y es donde se amarrará el tubo que será arrastrado. El tubo que se va a introducir, debe de estar soldado totalmente en su longitud y alineado con la perforación, entonces se le coloca un capuchón provisto de una oreja también, para que, con la ayuda de un grillete, se unan el tubo y el barreno, consecuentemente lo pueda arrastrar.

Debe de colocarse el alambre localizador en el lomo del tubo y fijarse con cinta adhesiva para asegurar que no se suelte.

Enganchado el tubo, se procede a dar marcha atrás a la máquina que irá arrastrando el tubo dentro de la perforación, el tubo fuera de la zanja debe de ir sobre rodillos que faciliten su desplazamiento y protegerlo de posibles daños por raspaduras.

Una vez que aparece el tubo en la ventana se le deja fuera de la perforación, una distancia de un metro y medio como mínimo para poder unirlo con el otro tubo. Se revisa también que el alambre localizador haya pasado sin ningún problema, en caso de haberse reventado, éste se puenteará haciendo una pequeña zanja en carpeta asfáltica y base hidráulica para que por ahí se pase, hasta el otro extremo.

Cuando ya se tienen los dos extremos de tubería empalmados, se procede a alinearlos para unirlos mediante soldadura en sitio. Si es necesario alinear los tubos, se puede abrir más la ventana para facilitar el acoplamiento.



Figura 33 Ejemplo del procedimiento de la perforación direccional.

Cruce aéreo:

La excavación a cielo abierto por medios mecánicos es un procedimiento, mediante el cual se realiza la apertura de zanja para la introducción de infraestructura diversa que facilita su ejecución y supervisión de trayectoria y profundidad de la zona por donde se va a colocar la tubería.

Conforme la maquinaria avanza en la apertura de la zanja, el personal podrá tomar la determinación de aumentar o disminuir la profundidad de la misma, así como de trayectoria donde será colocada la tubería. La máquina puede ir cambiando la dirección de la perforación según convenga, se debe de tratar de mantener la misma profundidad a la que se hizo la apertura de la zanja inicial de manera que se pueda mantener una profundidad estable.

Es muy importante poner especial importancia en la localización de cualquier tipo de línea subterránea, ya que este equipo puede fracturarlo fácilmente.

Una vez localizadas las líneas existentes, se debe dar paso a la excavación de la zanja, esto es perfilarla, nivelarla y limpiarla, ya que servirá como desplante para la colocación de la tubería necesaria para salvar los obstáculos que se tengan. El tubo que se va a introducir, debe de estar soldado totalmente en su longitud y alineado con la perforación.

Debe de colocarse el alambre localizador en el lomo del tubo y fijarse con cinta adhesiva para asegurar que no se suelte.



Figura 34 Ejemplo del procedimiento de cruce aéreo.

Cruce adosado:

El cruzamiento adosado a estructura existente se realiza con tubería de acero por ser una instalación expuesta, para garantizar la estabilidad, evitar el deterioro y ruptura de la misma, este cruce consiste de un sistema de anclaje con soportería en la estructura del puente.

Los apoyos deben tener las dimensiones adecuadas para poder mantener la canalización correctamente alineada.

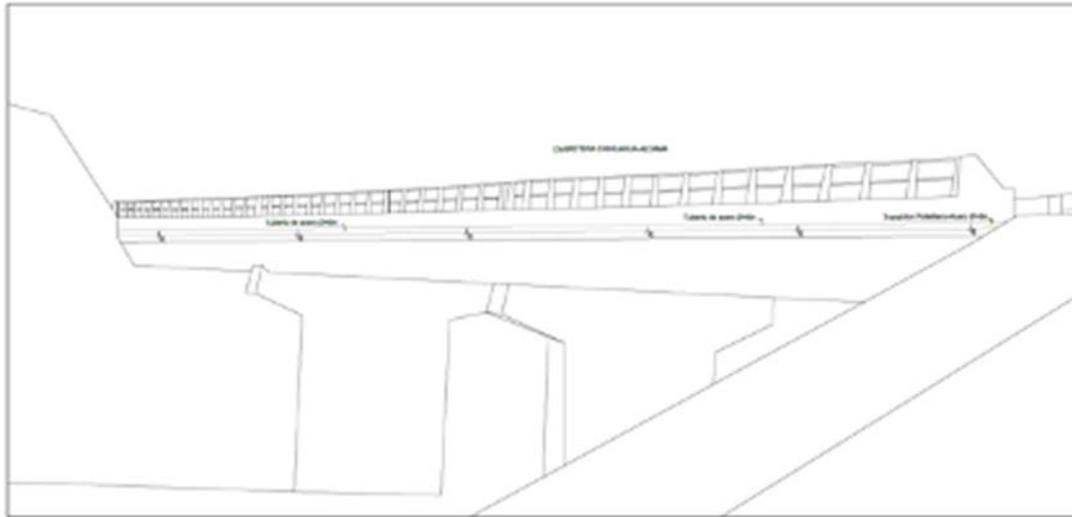


Figura 35 Ejemplo de cruce adosado a puente.

3.3 Pre-arranque

Antes de la puesta en operación del sistema de distribución, se realizará la revisión de seguridad pre-arranque, para confirmar que los elementos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al medio ambiente del Sistema de distribución han sido construidos o instalados conforme al diseño, y proporciona la certeza de que la instalación es segura para el inicio de operación.

La revisión de seguridad pre-arranque consta de dos etapas: documental y física de acuerdo con lo indicado en la NOM-003-ASEA-VIGENTE.

3.4 Operación y mantenimiento.

3.4.1 Vigilancia del Sistema de Distribución.

Cualquier empleado de ECOGAS que observe maquinaria realizando labores o cerca de la infraestructura, indicios de construcción, condiciones diferentes o inseguras a lo largo del sistema de distribución, deberá intervenir y reportar de manera inmediata al departamento de operación y mantenimiento.

Los técnicos en seguridad deberán dar seguimiento a los reportes de los empleados y a las órdenes de trabajo generadas del programa de mantenimiento preventivo para la vigilancia del sistema de distribución y observar las condiciones de la superficie sobre y adyacente a las líneas de gas dentro de la franja de desarrollo del sistema existente.

Si durante el recorrido observa la presencia de emisiones fugitivas, actividades de construcción, invasiones, factores que afecten la seguridad y la operación lo deberán reportar y dar seguimiento hasta su mitigación.

Las líneas que están consideradas principales, prioritarias o zonas las cuales son consideradas como potencialmente peligrosas dentro del sistema de distribución de acero o polietileno, deberán patrullarse con la frecuencia indicada en la ordenes de trabajo generadas en Máximo con la finalidad de observar factores que afecten la seguridad de la operación. Deberá definirse el método utilizado para la ejecución de los recorridos atendiendo a un análisis previo de todas las líneas a patrullar, el cual consta de recorridos en vehículo y/o a mayor detalle caminando sobre la traza del ducto con mayor precisión. El personal deberá estar capacitado para corregir cualquier contingencia o condición potencial de riesgo en el sistema.

Como parte de vigilancia al sistema de distribución se incluye la inspección de tuberías en puentes, drenes, accesos carreteros y terrenos inestables. Se deben de investigar los siguientes conceptos:

- Grietas, levantamientos, o hundimientos de tierra, pavimento o edificios.
- Indicativos de fugas de gas, ej. daño en la vegetación.
- Daños por corrosión a tubos o soportes, por método visual (lagrimeo, descostre. Presencia de óxido etc.)
- Realizar el acercamiento una vez al año con el personal que tenga la convivencia con la infraestructura de distribución con la obra civil dentro de la traza de la franja de desarrollo.
- Deterioro de recubrimientos anticorrosivo mediante el método de inspección visual (por caleo, perdida de adherencia).
- Evidencia de presiones externas inusuales (golpes a la tubería) sobre los tubos o sus soportes.
- Áreas donde sea probable que excavaciones extensas, nivelaciones, o rellenos, puedan resultar en movimiento de tierra.
- Postes, varillas de sistemas de tierra física, tensores o retenidas adyacentes a la tubería, acometidas eléctricas, registros.
- Cualquier otro factor que pueda afectar la seguridad y operación de la instalación.

Los reportes de vigilancia del sistema de distribución deberán indicar condiciones peligrosas observadas, acciones correctivas realizadas o recomendadas y la localización de cualquier deficiencia en los activos de la empresa.

Es importante que en el caso de encontrar cualquier tipo de anomalía en las franjas de desarrollo propiedad de CENAGAS/PEMEX se deje un formato de aperebimiento correspondiente para que sea integrado en el informe mensual que se entrega a la paraestatal.

3.4.2 Prevención de accidentes en tuberías en operación

El objetivo es establecer las medidas para evitar y/o mitigar accidentes en las tuberías en operación o desastre sobre la población, sus bienes y el medio ambiente.

Para el control de prevención de accidentes en tuberías en operación ECOGAS debe:

- a) Realizar un análisis de riesgo y de vulnerabilidad en el que se identifiquen los riesgos a que está expuesto el sistema de distribución y la vulnerabilidad en la vecindad de sus franjas de desarrollo (plano actualizado con las franjas de desarrollo definidas, observando los escenarios de riesgo y vulnerabilidad) y mantener actualizados los planos de localización de las válvulas de seccionamiento, de las estaciones de regulación y de los demás componentes del sistema;

- b) Tener directorios del personal integrante de la unidad de las guardias de emergencias internas, así como de las organizaciones de respuesta a emergencias;
- c) Contar con inventarios de recursos humanos y materiales para uso interno en situaciones de emergencias o desastre;
- d) Establecer un protocolo de comunicación de la emergencia con autoridades locales de protección civil, población afectable y medios de comunicación;
- e) Seguir un programa de mantenimiento y pruebas que tenga como objetivo, determinar, estructurar y aplicar las normas y procedimientos internos de carácter preventivo y correctivo, para preservar la integridad física del sistema de distribución;
- f) Establecer procedimientos de seguridad con acciones de salvaguarda aplicables al sistema, que comprenda controles de acceso a áreas de riesgo, políticas para el trabajo en líneas vacías y vivas, tácticas para la supresión y reparación de fugas, así como lineamientos generales para la prevención de accidentes;
- g) Contar con equipo de seguridad y equipo de protección personal con base en una estimación del tipo de riesgo y vulnerabilidad del sistema;
- h) Contar con un programa de capacitación de carácter teórico-práctico, dirigido al personal responsable de la operación y seguridad del sistema;
- i) Realizar tareas de difusión y concientización a través de distintas acciones sobre seguridad en el uso y manejo del gas natural, cuyo objeto sea que el personal que labora en el sistema de distribución tenga una cultura de Protección Civil,
- j) Para poner a prueba la eficacia del programa de protección civil y corregir deficiencias, se realizarán ejercicios y simulacros, los cuales deberán ser planeados con base en los escenarios de riesgo y vulnerabilidad a los que está expuesto el sistema de distribución. Dichas actividades deben consistir en ejercicios de gabinete o simulacros en campo, donde participen, tanto personal interno, como de las organizaciones de respuesta, considerando a las autoridades locales de protección civil.

3.4.3 Recorrido para monitoreo y detección de fugas en el sistema de distribución

Para realizar la inspección de sus instalaciones, ECOGAS debe disponer de los siguientes recursos:

1. **Recurso humano:** Debe contar con personal suficiente que reúna la calificación y experiencia requeridas, para aplicar el método de inspección que se utilice, en caso de no contar con el personal calificado se podrá subcontratar el servicio de una empresa especialista en el tema, con previa autorización de la Dirección.
2. **Recursos materiales:** Para la inspección de fugas en un sistema de ductos, se debe disponer de los siguientes recursos materiales:
 - a) Planos vigentes de la red de distribución con escala y grado de detalle adecuados.
 - b) Equipos de detección de fugas adecuados y con calibración vigente para obtener información necesaria para la localización y cuantificación de las fugas.
 - c) Vehículos y equipos adecuados para la atención de fugas.

Para la detección de fugas ECOGAS puede aplicar en sus instalaciones los siguientes métodos:

1. Con indicadores de gas combustible;
 - a) Sobre la superficie del suelo.
 - b) Debajo de la superficie del suelo.
2. Inspección visual de la vegetación.
3. Caída de presión.
4. Burbujeo.

Los recorridos con el detector de fugas se realizan de la siguiente manera:

1. Se deberá de revisar la línea principal cada año, dentro del periodo del mes anterior y el mes posterior al mes de aniversario.
2. Las líneas que están consideradas como potencialmente peligrosas dentro del sistema de distribución de acero o polietileno, deberán monitorearse en conjunto con personal de Operación y Mantenimiento que previamente deberá ubicar y marcar la traza exacta de las líneas de gas.

Método de investigación.

Cuando se llegue al sitio y se detecta escape de gas a simple vista, se deberán de tomar las acciones necesarias de acuerdo con la clasificación de fugas de gas establecidos en la NOM-003-ASEA-VIGENTE:

1. Durante una emisión fugitiva, aun cuando parezca que el gas se esté escapando a la atmósfera de manera segura, existe la posibilidad que se esté filtrando bajo tierra. Realizar una inspección del perímetro para determinar si el gas se está filtrando a subestructuras o a los edificios circunvecinos, ya sea a través de la tierra o a través del aire (Posibles rutas de entrada de gas pueden ser los aparatos de aire acondicionado de las casas o edificios, las líneas de drenaje, las líneas de agua potable, etc.) y realice los controles necesarios.
2. Verificar con un indicador de gas que tanto ha viajado el gas que se ha escapado. Revisar las perforaciones de sondeo en los edificios, los espacios dentro y debajo de los edificios, grietas, coladeras y drenajes.
3. Cuando se determine que las concentraciones de la fuga de gas sean un riesgo inmediato, especialmente dentro o debajo de las estructuras, se debe:
 - a) Acordonar el área afectada.
 - b) Retirar a las personas de cualquier área de riesgo.
 - c) Eliminar todas las fuentes de ignición.
4. Es importante que el líder de grupo de atención a emergencia coordine las acciones con autoridades si existe cualquier posibilidad de que la fuga de gas se propague.
5. Verificar el perímetro del área de riesgo para determinar si el gas continúa migrando a los edificios circunvecinos.
6. Las fugas grado 1 (Son aquellas fugas que representan un peligro inminente para las personas o propiedades, por lo que, cuando se detectan deben ser reparadas inmediatamente y/o realizar

acciones continuas hasta lograr que las condiciones dejen de ser peligrosas. Se considera peligrosa toda situación en la que haya probabilidad de asfixia, incendio o Explosión en el área afectada por la fuga) requieren de acción inmediata. Tomar acción continua hasta que la fuente de la fuga sea controlada y eliminada o hasta que se hayan tomado otras medidas para eliminar cualquier peligro.

7. El control de la fuga de gas en el punto de salida sólo debe ser reparada por personal especializado de ECOGAS, usando todo el equipo de protección personal requerido y bajo las condiciones siguientes:
 - a) El gas está subiendo libremente a la atmósfera y el trabajo puede realizarse con seguridad y sin que el área de trabajo está limitada en oxígeno.
 - b) El escape de gas puede ser controlado con seguridad ya sea cerrando una válvula, prensando una tubería (prensas, prensas largas ej. Marca mustang), utilizando un tapón o estaca provisional.
8. Una vez controlada la fuga de gas, volver a revisar el área por si existen fugas adicionales, residuos de gas acumulados en aperturas de calle, alcantarillas o drenajes y dentro, debajo o alrededor de los edificios antes de quitar las restricciones. Usar un indicador de gas combustible o explosímetro. Tomar las acciones apropiadas para limpiar el gas residual de las estructuras sobre y debajo del suelo.

ECOGAS puede emplear otros métodos siempre y cuando se apliquen de acuerdo con los procedimientos escritos y previo análisis donde se demuestre que dichos métodos son eficaces, todo con previa autorización del departamento técnico de ECOGAS.

Método de estudio estándar.

Este método consiste en usar un detector de fuga para tomar muestras en el ambiente cerca de la superficie de la tierra, alrededor de instalaciones enterradas de la compañía, en aperturas de calle u otros servicios y ubicaciones accesibles donde fugas de gas sean probables.

1. Buscar a lo largo de la línea de la toma principal en todos los puntos donde sea más probable que existan fugas de gas.
 - a) Determinar la ubicación principal de la manera más exacta posible, utilizando medidas del plano, marcas de pintura existentes, parches viejos, etc.
 - b) Buscar lo más cercano a la toma, de acuerdo con las condiciones locales. Elija ubicaciones tales como, tierra suelta, grietas en el pavimento, hoyos viejos, parches de reparación y alrededor de la base de los postes, árboles, postes de rejas, etc., si se encuentran cerca de la toma.
 - c) Revisar las coladeras y demás aperturas en la calle, como válvulas, drenes, válvulas para agua y cajas o bóvedas para medidores (alumbrado público, luz, teléfono).
 - d) Buscar y revisar, todas las áreas donde la vegetación tome un aspecto seco, que indique que hay fugas de gas.
2. Revisar a lo largo de la línea de todos los servicios en puntos donde se más probable una fuga de gas.

- a) Determinar la ubicación principal de la manera más exacta posible utilizando medidas del plano, marcas de pintura existentes, parches viejos, etc. Si tiene alguna duda sobre la ruta del servicio, como en lotes de esquina, revise ambas rutas posibles.
- b) Revisar lo más práctico posible la ubicación del servicio, encima de tierra, en cimientos de edificios o en orillas o grietas en el pavimento, sí el servicio se encuentra debajo del pavimento.
- c) Buscar a lo largo de todos los servicios desde la banqueta hasta el tubo expuesto. Revisar desde el servicio a las conexiones principales, sí el tráfico lo permite.
- d) Revisar todos los tubos expuestos. Si no se puede acceder a algún tubo por medio del cliente u otros métodos, durante el estudio normal, se debe generar una orden de seguimiento para revisar el tubo y cualquier parte de la línea que no se haya revisado. Aquellas órdenes emitidas para seguimiento deben terminarse en el tiempo programado.
- e) Revisar el extremo del encajonamiento dentro del edificio cuando el servicio entre al mismo. Vuelva a sellar el extremo.
- f) Buscar y revise todas las áreas, donde la vegetación tome un aspecto seco que indique que hay fugas de gas.

Método de estudio por perforación de impacto.

Este procedimiento se aplica para localizar el lugar preciso de fuga en instalaciones subterráneas, tiene por objeto minimizar la excavación y evitar pérdida de tiempo en la localización y reparación de fugas. ECOGAS es responsable de aplicar el procedimiento adecuado para localizar fugas por sondeos en sus instalaciones. Con fines informativos se presenta a continuación una descripción general de este procedimiento:

1. Se debe delimitar la zona de migración del gas, realizando un muestreo de la atmósfera superficial con indicadores de gas combustible. Normalmente la fuga se localiza en esta área.
2. Se deben identificar todas las tuberías de gas dentro del área delimitada y localizar las válvulas, conexiones y accesorios, porque son los lugares con mayor probabilidad de fuga. Se debe poner especial cuidado para no dañar otras instalaciones subterráneas que estén dentro del área delimitada, durante la excavación y perforación para localizar fugas.
3. Se deben buscar en el área delimitada evidencias de construcción recientes que pudieran haber dañado la tubería de gas provocando la fuga. Se debe tomar en cuenta que el gas también puede migrar y ventilarse a lo largo de algunas zanjas de otros servicios subterráneos.
4. Se deben hacer perforaciones equidistantes sobre la línea de gas que se sospeche tiene fuga. Todos los pozos de muestreo deben tener profundidad y diámetro iguales. Las muestras de gas deben tomarse a la misma profundidad y donde sean necesarios los sondeos deben bajar hasta la profundidad del tubo para obtener lecturas consistentes y útiles. Para localizar la fuga de gas se identifican los sondeos con las lecturas más altas.
5. En caso de encontrar lecturas altas en varias perforaciones adyacentes se requiere de procedimientos adicionales para determinar cuál es la lectura más cercana al probable punto de fuga. Las lecturas de algunos sondeos disminuirán con el tiempo, pero es conveniente acelerar este proceso extrayendo el exceso de gas de las perforaciones. Cuando se recupere el gas que está migrando dentro de las perforaciones, se toman nuevas lecturas para determinar la

perforación más cercana a la fuga. Este procedimiento se debe aplicar con precaución para evitar la distorsión del patrón de venteo.

6. Una vez identificado el lugar aproximado de la fuga, se deben hacer pozos de muestreo adicional, más profundo para determinar el lugar probable de la fuga con mayor exactitud.
7. Para determinar cuál de las perforaciones tiene el mayor flujo de gas se pueden realizar lecturas adicionales en la parte superior de ellas, usar un manómetro o solución tensoactiva que forme burbujas. Así mismo, pueden ser útiles otras indicaciones en los pozos, tales como: las partículas de polvo sopladas, el sonido o sentir en la piel el flujo del gas. En ocasiones es posible distinguir la difracción de la luz solar cuando el gas se ventea a la atmósfera.
8. Cuando el gas se localiza dentro de algún conducto subterráneo ajeno a las tuberías de gas, se deben tomar muestras en todas las aberturas que se tengan disponibles en dicho conducto para aislar la fuga de gas.
9. Cuando se logren lecturas estables del indicador de gas, se determina el patrón de venteo. El sondeo con la lectura más alta normalmente será el punto exacto de la fuga.
10. Una vez descubierta, se puede usar cualquier procedimiento para localizar la fuga en la tubería, se recomienda el burbujeo para fugas pequeñas.

Consideraciones.

En ocasiones, situaciones especiales pueden complicar las técnicas de localización de fugas por sondeos. Estas situaciones no son comunes, pero son factibles, se citan las siguientes:

- Puede ocurrir una fuga múltiple que ocasione información confusa. Para eliminar esta posibilidad, el área afectada debe revisarse después de reparada la fuga.
- El gas se puede acumular en alguna cavidad y dar una indicación elevada, hasta que dicha cavidad es venteada.
- Otros gases, tales como los que se forman por material orgánico en descomposición (gas de drenaje), se pueden encontrar ocasionalmente, esto es característico cuando se encuentran lecturas constantes de entre 15 y 30% (treinta por ciento) de concentración gas en aire.
- La indicación del gas en drenajes se debe considerar como gas de una fuga migrando al drenaje, hasta que sea descartado por otros medios o por análisis.

3.4.4 Monitoreo e intensidad de olor.

El gas natural no posee un olor distintivo, por lo que en los sistemas de distribución de ECOGAS se deberá dosificar de acuerdo a la normativa vigente (NOM-003-ASEA-VIGENTE) un odorizante para detectar la presencia del gas natural.

ECOGAS especificará los lugares de monitoreo en campo en todo el sistema que sean suficientes y tan diversos que puedan razonablemente caracterizar la fuerza del olor del gas. Las lecturas de los equipos que se utilicen serán registradas en el formato de reporte de la intensidad de olor del gas emitido por el sistema MÁXIMO del departamento de operación y mantenimiento.

El personal técnico de ECOGAS será el encargado de monitorear la intensidad del olor del gas a lo largo del sistema de distribución, deberá estar capacitado para el uso correcto de equipo con el cual realizará pruebas en puntos estratégicos y con ello garantizar la correcta intensidad de odorante para ser detectado mediante el olfato al 1% del límite inferior de explosividad (LIE) de acuerdo con la norma antes citada.

3.4.5 Suspensión o interrupción del servicio por trabajos de mantenimiento.

Cuando por caso fortuito o fuerza mayor ECOGAS se vea en la necesidad de suspender, restringir o modificar las características del servicio, lo hará del conocimiento de los usuarios por los medios de comunicación con mayor difusión en las localidades de que se trate, indicando la duración de la suspensión, restricción o modificación, los días y horas en que ocurrirá y las zonas afectadas.

Cuando ECOGAS tenga necesidad de modificar las condiciones del servicio y esto genere la reclasificación de tuberías o líneas de distribución en el sistema, ya sea por tipo de localización o cambios de presión de operación, el personal técnico deberá apoyarse en la normativa vigente y solicitar la autorización a la Gerencia técnica.

Cuando la suspensión, restricción o modificación de las características del servicio haya de prolongarse por más de cinco días, el permisionario deberá presentar para su aprobación ante la Comisión el programa que se aplicará para enfrentar la situación. Dicho programa procurará que la suspensión, restricción o modificación del servicio provoque los menores inconvenientes para los usuarios y establecerá los criterios aplicables para la asignación del gas disponible entre los diferentes destinos y tipos de usuarios.

Cuando la suspensión se origine por las causas previstas de trabajos necesarios para el mantenimiento, ampliación o modificación de sus obras e instalaciones, el permisionario deberá informar a los usuarios, a través de medios masivos de comunicación en la localidad respectiva, y de notificación individual tratándose de industrias y hospitales. En cualquier caso, dicho aviso se dará con no menos de cuarenta y ocho horas de anticipación al inicio de los trabajos respectivos, indicándose el día, hora y duración de la suspensión del servicio y la hora en que se reanudará, debiéndose indicar con claridad los límites del área afectada. La falta de aviso dará lugar a que el permisionario incurra en responsabilidad.

El permisionario procurará que los trabajos a que se refiere el párrafo anterior se hagan en las horas y días en que disminuya el consumo de gas, para afectar lo menos posible a los usuarios.

El permisionario no incurrirá en responsabilidad por suspensión del servicio, cuando ésta se origine por:

- I. Caso fortuito o fuerza mayor;
- II. Fallas en las instalaciones del usuario o mala operación de su instalación;
- III. Trabajos necesarios para el mantenimiento, ampliación o modificación de sus obras e instalaciones, previo aviso a los usuarios, o
- IV. Por incumplimiento del usuario a sus obligaciones contractuales.

3.4.6 Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.

Las estructuras metálicas o tuberías de acero enterradas y/o sumergidas están expuestas a los efectos de la corrosión externa como consecuencia del proceso electroquímico que ocasiona el flujo de iones del metal de la tubería al electrolito que la rodea. Para reducir este efecto, es necesario ejercer un control de los factores que influyen en el proceso de corrosión, donde la adecuada selección del material de la tubería y la aplicación de los recubrimientos son los primeros medios utilizados para evitar dicho daño.

La función del recubrimiento es aislar la superficie metálica de la tubería del electrolito que la rodea. Además del recubrimiento anticorrosivo se debe aplicar protección complementaria a la tubería mediante el uso de protección catódica. La implementación, instalación, operación y mantenimiento adecuado del control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas o sumergidas han demostrado ser una herramienta eficaz que aumenta la confiabilidad de las tuberías destinadas al transporte de fluidos.

Tipos de protección catódica:

Existen dos tipos de sistemas de protección catódica, los cuales pueden emplearse en forma individual o combinada:

1. Ánodos galvánicos o de sacrificio. La fuente de corriente de este sistema utiliza la diferencia de potencial de oxidación entre el material del ánodo y la tubería. La protección de las tuberías se produce a consecuencia de la corriente que drena el ánodo durante su consumo.

Debe realizarse un control de calidad de los ánodos, incluyendo su composición química y comportamiento electroquímico para garantizar su funcionamiento satisfactorio. Debe conservarse durante la vida útil de los ánodos la documentación correspondiente al control de calidad de los mismos.

En todos los casos, debe asegurarse que la diferencia de potencial disponible del sistema seleccionado es suficiente para que drene la corriente de protección.

2. Corriente impresa. Este sistema consiste en inducir corriente directa a una tubería enterrada mediante el empleo de una fuente y una cama de ánodos consumibles o inertes como pueden ser de chatarra de hierro, grafito, ferrosilicio, etc. La fuente de corriente directa se conecta en su polo positivo a una cama de ánodos y el polo negativo a la tubería a proteger. Al igual que el tipo de ánodos galvánicos, este sistema debe llevar un control de calidad de los ánodos en la cama.

Requerimientos de protección catódica en tuberías.

Para proporcionar protección catódica a las tuberías enterradas debe cumplirse, como mínimo con uno de los criterios siguientes:

- a) Un potencial tubo/suelo mínimo de -850 milivolts medido respecto a un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado en contacto con el electrolito. La determinación de este voltaje es para establecer el potencial de polarización.

- b) Un potencial de protección tubo/suelo de -950 milivolts medido respecto a un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado, cuando la tubería se encuentre en condiciones anaeróbicas y estén presentes bacterias sulfato - reductoras.
- c) Un cambio de potencial tubo/suelo mínimo de -100 milivolts, medido entre la superficie de la tubería y el electrodo de referencia en contacto con el electrolito.

Para que un sistema de protección catódica sea efectivo, esta debe proporcionar una corriente suficiente y una distribución uniforme al sistema de tubería a proteger, evitando interferencias, cortos circuitos en encamisados metálicos y daños en los aislamientos eléctricos, así como en el recubrimiento anticorrosivo.

Para determinar la efectividad del sistema de protección catódica, la tubería debe de contar con estaciones de registro eléctrico para la medición de potenciales tubo/suelo. Cuando la tubería está instalada a campo traviesa, dichas estaciones deben de instalarse en cada kilómetro de tubería y en todos los cruzamientos con estructuras metálicas enterradas, caminos, vías de ferrocarril, ríos y cualquier otra obra especial.

Cuando la tubería este instalada en zonas urbanas las estaciones de registro eléctrico pueden instalarse en banquetas, registros de válvulas o acometidas, en caso de ser posible.

El criterio general de evaluación de los potenciales de un sistema de protección catódica es:

- a) Un potencial tubo/suelo mínimo de -850 milivolts /vs Cu/CuSO₄ como potencial de polarización,
- b) Potencial tubo/suelo máximo permisible, este valor se fijará de acuerdo a las características particulares del recubrimiento anticorrosivo existente en la tubería. No debe exceder al potencial de desprendimiento catódico o a valores de potencial más negativos que originen problemas colaterales. Como recomendación general, el valor máximo de potencial no deberá exceder de -2.5 volts en condición de encendido con respecto de un electrodo de referencia o, -1.1 volts en la condición de apagado instantáneo; ambos potenciales referidos a un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄), con el electrolito circundante de la tubería a proteger o protegida catódicamente. Lo anterior, para reducir los efectos adversos tanto en el recubrimiento dieléctrico como en el ducto debido a una sobreprotección originada por el sistema de protección catódica. La media celda de cobre/sulfato de cobre deberá ser limpiada y se deberá de mantener llena de solución saturada de sulfato de cobre.

Funcionalidad del sistema de protección catódica.

Levantamiento de potenciales.

Los levantamientos de potencial deberán efectuarse en intervalos máximos de 6 meses para zonas a campo traviesa y cada 3 meses en zonas urbanas. Esta periodicidad puede ser modificada para condiciones particulares del sistema de protección catódica o para zonas críticas en las que una falla del sistema resulte en una condición de riesgo para la seguridad de la población, así como para áreas en donde se hayan identificado y probado la existencia de potenciales de subprotección y que se

requiera evaluar la efectividad de medidas correctivas aplicadas o en caso de que se presente algún fenómeno de interacción eléctrica.

Las mediciones de potencial tubo/suelo deben realizarse con una celda o electrodo de referencia de (cobre/sulfato de cobre) saturado.

Para monitorear la eficiencia de la protección catódica, se debe medir el diferencial de potencial del metal al electrolito (suelo).

El registro de las lecturas obtenidas en los tramos principales de acero se debe realizar en la orden de trabajo que se genere a partir del plan de trabajo aplicable a cada zona identificado como "Potenciales en tramo", para los ramales de servicio de acero se debe llenar en la orden de trabajo que se genere a partir del plan de trabajo aplicable a cada zona identificado como "Potencial en Ramales".

Inspección del aislamiento eléctrico.

Los dispositivos de aislamiento eléctrico se deben verificar cuando menos una vez al año y reemplazar en caso de falla.

Se debe asegurar el aislamiento eléctrico en donde se tengan obras especiales a lo largo de la tubería como: encamisados, cruces de caminos y de vías ferroviarias. Se debe llevar el control con la orden de trabajo que se genere a partir del plan de trabajo aplicable a cada zona.

Rectificadores de corriente impresa.

Cuando el sistema de protección es a base de corriente impresa con rectificador, las fuentes de energía eléctrica se deben inspeccionar cuando menos seis veces cada año calendario a intervalos que no excedan de dos meses y medio. Para tal efecto, se deben llevar registros de las condiciones de operación, así como cualquier ajuste operacional en el voltaje y/o corriente eléctrica de salida. En caso de que una fuente de corriente eléctrica falle, se deben realizar las medidas correctivas necesarias en conformidad con los códigos, reglamentos, normas y leyes aplicables.

La frecuencia de revisión de sistemas de protección catódica automáticos, fotovoltaicos, turbo generadores y supervisados a control remoto, se deberá realizar cuando menos una vez al año.

En caso de ocurrir cambios positivos de potencial se debe tomar acción inmediata, particularmente en los puntos de impresión de corriente eléctrica, ya que esto pudiera indicar una polaridad invertida en la fuente externa de corriente eléctrica directa.

Todas las conexiones eléctricas e interruptores de corriente eléctrica se deben revisar como mínimo una vez al año y, en caso de existir alguna anomalía, se debe eliminar o corregir.

Recubrimiento dieléctrico.

Se deben realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de las tuberías que se encuentren en la superficie y en áreas expuestas, se debe llenar en la orden de trabajo que se genere a partir del plan de trabajo aplicable a cada zona. Cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar.

Inspección de ánodos.

En las estaciones de toma de potencial se debe contar con puntas de prueba, a efecto que faciliten la medición de la corriente eléctrica del sistema de protección catódica en cada uno de los puntos donde se aplique el sistema de protección seleccionado, previendo las conexiones para la medición de la corriente eléctrica drenada por cada ánodo y la total de la cama anódica. Las mediciones se realizarán como mínimo una vez al año y se registrarán los datos en la orden de trabajo.

Defectos en el recubrimiento anticorrosivo.

Debido a que el recubrimiento anticorrosivo de la tubería está expuesto a daños y deterioros por factores tales como: absorción de humedad, esfuerzos del terreno y desprendimiento catódico, se deben realizar investigaciones tendientes a identificar, cuantificar y valorar los defectos del recubrimiento dieléctrico y sus efectos en la demanda de corriente eléctrica del sistema de protección catódica seleccionado, estableciendo la conveniencia de repararlos y/o administrar la protección catódica en esas áreas desnudas de la tubería.

Cuando se detecten daños en el recubrimiento anticorrosivo que sean de una magnitud que justifique su reposición, se deben aplicar recubrimientos anticorrosivos compatibles con el existente.

Se deben realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento en todos los tramos de las tuberías que se encuentren en la superficie y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar.

3.4.7 Desactivación, activación o abandono de tuberías

Desactivación de tuberías

En los procesos de desactivación de tuberías, se deberán tomar las medidas siguientes:

- Cuando se desactive una tubería, ésta debe ser purgada, taponada y desconectada del sistema de suministro de gas, usando bridas ciegas, cabezas soldadas, comales o el accesorio que se considere apropiado. Cuando la tubería se llene con algún medio, se deberá poner especial cuidado en su desactivación y los efectos que le pueda causar a la misma, así como las consecuencias que se puedan tener en la eventualidad de una fuga.
- Si se utiliza aire para el purgado, el distribuidor se debe asegurar que no exista una mezcla combustible después del purgado.
- En tuberías desactivadas se deberá mantener el control de la corrosión interna y externa, así como el mantenimiento de la tubería.
- En tuberías que no han sido utilizadas por un tiempo mayor a 15 meses se debe comprobar anualmente la efectividad del método de desactivación usado, el control de la corrosión y otras actividades de mantenimiento.
- La tubería desactivada debe quedar presurizada con nitrógeno.
- Los registros que sean abandonados deberán ser rellenados con material compactado, de forma adecuada.

Reactivación de tuberías

Antes de la reactivación de una tubería, se debe llevar a cabo una evaluación de ingeniería para determinar si dicha tubería es operativamente viable, para entrar en servicio (probarse con el propósito de demostrar su integridad para el servicio que se requiera, etc.).

Cuando la evaluación indique que no es viable de entrar en servicio, se deben implementar las medidas correctivas que sean necesarias para su reactivación.

3.4.8 Estación de regulación y medición.

- a) Revisión de fugas antes y después del mantenimiento.

Se debe realizar la revisión de fugas con solución jabonosa en todas las roscas de nipples, accesorios, regulador, *nuts*, *swivel*, tapón macho, válvula del *riser* etc. Si se detecta una fuga en la niplería se realiza el ajuste o se cambia el nipple, aplicando teflón en cada roscado que se realice.

- b) Cambio de ligas.

El cambio de las ligas o empaques del conector del medidor se debe realizar cuando se ha detectado una fuga en este dispositivo o por alguna situación se haya desmontado el medidor, ya que con el tiempo pueden presentar resequedad, también se debe considerar que en algunos casos las ligas o empaques puede dañarse por mover o girar el medidor.

- c) Inspección del medidor.

Se debe inspeccionar el medidor cuando se detecte alguna de las siguientes anomalías:

- El medidor se encuentra inclinado.
- El medidor no se encuentra en una posición adecuada (En posición no horizontal).
- El medidor se encuentre pegado a la pared.
- El medidor se encuentra con la caratula dañada, rayada o con lectura ilegible.

Las anomalías descritas con anterioridad se pueden presentar por diferentes causas, las cuales pueden ser: una instalación previa deficiente, un mal uso del usuario condiciones climáticas inesperadas, etc., Estas anomalías se deben corregir para tener una medición correcta y evitar un desgaste excesivo del medidor, previo a esto se debe solicitar la autorización de mesa de control o en su defecto del jefe Inmediato para la realización de la actividad.

Nota: para realizar cualquier modificación en el medidor debe informarse previamente a mesa de control y o al jefe inmediato y solicitar que se genere la orden de trabajo para que los cambios queden registrados en el historial del cliente.

- d) Revisión de presión.

Se debe revisar la presión de entrega del regulador.

En el caso de medidores operando de 8 a 13 pulgadas de columnas de agua, dicha revisión se realiza con el manómetro del tipo "U" gauge, en domicilios con una presión mayor a 1 PSI, será revisada y

ajustada con un manómetro debidamente calibrado y que tenga el rango adecuado para la presión a medir.

e) Recubrimiento.

Se debe realizar la inspección de recubrimiento anticorrosivo, en caso de detectar anomalías se deberá programar la aplicación del nuevo.

Nota: Valorar la necesidad de aplicar *sand blasting* para retirar en su totalidad el recubrimiento dañado y lograr un punto de anclaje aceptable. El color de la pintura a aplicar deberá ser Amarillo.

f) Corrección de posición del *Meter Set Assembly* (MSA)

En caso de que el MSA presente un mal armado, se deberá corregir al momento del mantenimiento.

Ejemplos:

- Tee de servicio en una posición incorrecta.
- Medidor obstruyendo el paso del barandal o reja corrediza.
- Medidores empotrados en la pared.
- Medidores sumergidos en pisos de concreto

Nota: Estos puntos se deben de verificar durante el mantenimiento y en caso de no poder realizarlos en el momento se deberá programar con el tiempo para una fecha posterior.

Se debe reportar al supervisor en el caso de detectar lo siguiente:

- Sellos violados o quebrados.
- Medidores invertidos.
- Número de serie incorrecto.
- Ausencia de medidor.

3.4.9 Estaciones de Regulación y/o Medición Distritales en registros

a) Inspección inicial

- Revisión de porcentaje de gas en el ambiente antes de abrir las tapas
- Fumigación (verificar que se esté llevando a cabo de acuerdo con el programa de mantenimiento)
- Revisión y lubricación de tapas y candados
- Limpieza general.
- Reposición y/o instalación de señalamientos de gas natural (si se requiere).
- Reposición y/o instalación de accesorios (etiquetas, aisladores, soportes).
- Instalación y/o reparación de jaulas de seguridad (si se requiere).
- Instalación de postes de contención (si se requiere).
- Ajuste de tornillería a escaleras y accesorios de seguridad.

b) Mantenimiento al sistema de regulación

- Ubicación de posibles fugas.
- Inspección de presiones y determinación de condiciones de funcionamiento.
- Cambio de flujo de gas (by-pass, si se requiere).
- Inspección de filtros principales de control y/o reposición de elementos.
- Mantenimiento interno a reguladores principales y de control y/o reposición de elementos. Mantenimiento interno de válvulas alivio.
- Reparación de fugas.
- Verificación de funcionamiento de manómetros.
- Reposición o reparación de líneas sensoras (si se requiere).
- Inspección de válvulas de entrada y salida, tanto generales como derivadoras.
- Calibración de válvula de alivio (sistemas de regulación que no estén en registros).
- Ajuste al regulador de monitoreo.
- Ajuste al regulador de servicio.
- Puesta en servicio.
- Pintura en áreas oxidadas.
- Inspección de la presión real de servicio.
- Llenado de formatos de registros de mantenimiento. (O.T. Máximo)
- Archivo y control de formatos de mantenimiento.

c) Mantenimiento al sistema de medición.

- Cambio de aceite o lubricación.
- Inspección visual para ubicar fugas de aceite.
- Prueba de reloj para verificar parámetros de medición.
- Verificación del funcionamiento del contador.
- Inspección de rotación y ruidos.

d) Corrector de volumen.

- Levantamiento de información (lectura corregida, lectura sin corregir y flujo al instante en m³).
- Revisión de voltaje en baterías.
- Revisión del factor total de corrección.
- Revisión de giros de engranajes.
- Revisión de fugas en suministro de presión.
- Limpieza de aceite en sensor de temperatura.
- Mantenimiento al sistema de información del corrector de volumen. (Configuración de condiciones base).
- Ajuste de lecturas de acuerdo con el tiempo que se estuvo en by-pass.

e) Mantenimiento al sistema de protección catódica

- Verificación de funcionamiento de insulados de entrada y salida, así como en la sujeción de los soportes.

- Verificación de pasamuros
- Verificación de interfaces suelo-aire

3.5 Cierre y desmantelamiento.

No se contempla la cierre o desmantelamiento del sistema de distribución, puesto que la vida útil del proyecto está calculada en 40 años; previo a la vida útil calculada, se hará la verificación de la integridad de la red de distribución para solicitar ampliación de la operación o si se determinará que es necesario abandonar, por lo tanto, se realizarán los requerimientos legales aplicables.

En caso del cierre y desmantelamiento del SDGN Durango se elaborará y ejecutará un programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente, para la etapa de Cierre o de Desmantelamiento, según sea el caso.

Si no se proporciona mantenimiento a la tubería abandonada, se debe desconectar de todas las fuentes de abastecimiento de gas y purgarse.

Si se utiliza aire para purgado, se debe asegurar que no esté presente una mezcla explosiva después del purgado.

La tubería, una vez purgada, debe estar físicamente separada del sistema de distribución y de cualquier otro servicio, se debe realizar un sellado efectivo.

La tubería que ha sido abandonada deberá cargarse con una Gas Inerte a una presión de referencia como indicador de su existencia en caso de ser perforada.

Los registros que sean abandonados deberán ser rellenados con material compactado adecuadamente.

4. HOJAS DE SEGURIDAD.

La sustancia manejada en la operación del SDGN en la Ciudad de Durango es el gas natural, este será distribuido de acuerdo con lo indicado en la NOM-001-SECRE-2010 “Especificaciones del gas natural”, cuya composición fue presentada en la **Tabla 1**.

La **Tabla 19** presenta un resumen de las características de peligrosidad de la sustancia; la Hoja de Datos de Seguridad se encuentra disponible en el **Anexo C** para su consulta.

Tabla 19 Resumen de sustancias peligrosas.

Nombre químico de la sustancia	No. CAS	Riesgo Químico					Gas (MMPCSD)	Concentración	Capacidad total			Tipo de almacenamiento	Cantidad de reporte en listado de actividades altamente riesgosas
		C	R	E	T	I			Máxima de proceso (ton/día)	Máxima de transporte (ton/día)	Máxima de almacenamiento (ton)		
Gas natural	8006-14-2			X		X	0.53	91.10 - Min (CH ₄)	No aplica	11	No aplica	No aplica	500 kg (metano)

Para estimar la cantidad de gas natural atrapado en el SDGN Durango, se aplicaron los conceptos de la Ley de los Gases Ideales, que se traducen en la ecuación de estado del gas ideal, la cual parte de un gas hipotético formado por partículas puntuales, sin atracción ni repulsión entre ellas y cuyos choques son perfectamente elásticos (conservación de momento y energía cinética). La energía cinética es directamente proporcional a la temperatura del gas ideal.

La ecuación describe normalmente la relación entre la presión, el volumen, la temperatura y la cantidad (en moles) de un gas ideal, expresada de la siguiente forma:

$$PV = nRT$$

Dónde:

P = Presión (atm)

V = Volumen (Litros)

R = Constante de gases (0.082 atm*L / mol*K)

T = Temperatura (°K)

n = Moles de gas

Para la determinación de la cantidad de masa de gas presente en el Proyecto, primero se obtendrá el volumen del gas por medio de la siguiente ecuación:

$$V = (\pi)(r^2)(L)$$

Donde:

π es 3.1416

r es el radio del ducto en metros

L es la longitud del tramo del ducto

En la **Tabla 20** se muestra el volumen de gas en el Proyecto usando la formula anterior.

Tabla 20 Volumen de gas natural en el Proyecto.

Obra	Ducto	Diámetro (mm)	Longitud (km)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Volumen (l)
Existente	Acero 10"	254.00	6.588	0.05	333.82	333819.67
Existente	Acero 4"	101.60	0.621	0.01	5.03	5034.66
Existente	Acero 2"	50.80	1.417	0.00	2.87	2871.01
Existente	PEAD 2"	50.80	19378.800	0.00	39277.62	39277623.43
Existente	PEAD 4"	101.60	4525.550	0.01	36690.17	36690166.31
Existente	PEAD 6"	152.40	17688.010	0.02	322656.04	322656044.97
Nueva	2" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	50.80	730.000	0.00	1479.59	1479589.30
Nueva	4" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	101.60	51.000	0.01	413.47	413474.27
Nueva	6" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	152.40	26.000	0.02	474.28	474279.31
Nueva	8" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	203.20	35.000	0.03	1135.03	1135027.41
Nueva	10" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	254.00	8.000	0.05	405.37	405366.93

Una vez obtenido el valor del volumen del gas presente en el Proyecto, es pertinente determinar el número de moles de gas, a partir de la ecuación de gases ideales:

$$n = \frac{PV}{RT}$$

Datos:

P (PE) = Presión de operación (atm)

T = Temperatura de operación (°K)

R = 0.082 atm l / mol K

Tabla 21 Resultado de número de moles por sección.

Tipo de Obra	Ducto	Presión (atm)	Volumen (l)	Temperatura (°K)	Constante de los gases ideales (atm L/mol °K)	Resultado número de moles (mol)
Existente	Acero 10"	10.20	333819.67	296.15	0.08	140212.43
Existente	Acero 4"	10.20	5034.66	296.15	0.08	2114.68
Existente	Acero 2"	10.20	2871.01	296.15	0.08	1205.89
Existente	PEAD 2"	10.20	39277623.43	296.15	0.08	16497562.58
Existente	PEAD 4"	10.20	36690166.31	296.15	0.08	15410767.30
Existente	PEAD 6"	10.20	322656044.97	296.15	0.08	135523431.14
Nueva	2" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	10.20	1479589.30	296.15	0.08	621463.70
Nueva	4" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	10.20	413474.27	296.15	0.08	173669.31
Nueva	6" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	10.20	474279.31	296.15	0.08	199208.91
Nueva	8" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	10.20	1135027.41	296.15	0.08	476739.27
Nueva	10" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	10.20	405366.93	296.15	0.08	170264.03
Nueva	12" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	10.20	875592.57	296.15	0.08	367770.30

Posterior a la obtención del número de moles de gas, para el cálculo de la cantidad de masa (g) en el ducto, se emplea la siguiente fórmula:

$$m = n \times M$$

Dónde:

n = moles de gas

M = Peso molecular del gas natural = 18.2 g/mol

Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 22**.

Tabla 22 Resultado de la masa de gas en el Proyecto.

Tipo de Obra	Ducto	Peso molecular (g/mol)	Número de moles (mol)	Resultado de la masa de gas (g)	Resultado de la masa de gas (kg)
Existente	Acero 10"	18.20	140212.43	2551866.15	2551.87
Existente	Acero 4"	18.20	2114.68	38487.16	38.49
Existente	Acero 2"	18.20	1205.89	21947.29	21.95
Existente	PEAD 2"	18.20	16497562.58	300255638.99	300255.64
Existente	PEAD 4"	18.20	15410767.30	280475964.87	280475.96
Existente	PEAD 6"	18.20	135523431.14	2466526446.67	2466526.45
Nueva	2" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	18.20	621463.70	11310639.28	11310.64
Nueva	4" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	18.20	173669.31	3160781.39	3160.78
Nueva	6" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	18.20	199208.91	3625602.18	3625.60
Nueva	8" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	18.20	476739.27	8676654.79	8676.65
Nueva	10" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	18.20	170264.03	3098805.28	3098.81
Nueva	12" PEAD, PEMD o Poliamida o Acero	18.20	367770.30	6693419.41	6693.42

La cantidad de masa de gas natural atrapada en el SDGN Durango, considerando como criterio conservador que se compone 100% de metano, es de 3086436.25 kg (3049870.35 kg correspondiente a las Obras Existentes y 36565.90 kg de Obras Nuevas), por tal motivo supera la cantidad de reporte de 500 kg indicada para el metano en el segundo listado de sustancias altamente riesgosas de la SEMARNAT, lo que determina que la actividad es definida como altamente riesgosa. ECOGAS como parte de su compromiso con la seguridad y protección al ambiente ha decidido desarrollar el presente estudio, como complemento de la Manifestación de Impacto Ambiental, con la finalidad de evaluar los riesgos asociados al diseño, construcción y operación del mismo.

5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

El entorno natural donde se pretende establecer el Proyecto se encuentra inmerso en la zona urbana de la Ciudad Victoria de Durango, en el estado de Durango, localizado entre los paralelos 23° 57' y 24° 05' de latitud norte y los meridianos 104° 33' y 104°43' de longitud oeste, a una altitud promedio de 1,880 m sobre el nivel del mar.

Colinda al norte con los municipios de San Dimas, Canatlán y Pánuco de Coronado, al este con los municipios de Guadalupe Victoria, Paonas, Nombre de Dios y Mezquital, al sur con los municipios de Mezquital y Pueblo Nuevo, al oeste con el municipio de Pueblo Nuevo y San Dimas. Ocupa el 7.6% de la superficie del estado de Durango.

A continuación, se presenta la descripción de los aspectos abiótico, bióticos, susceptibilidad a fenómenos naturales y zonas vulnerables en el entorno del Proyecto. La cartografía y memoria fotográfica empleada como base para el desarrollo de estos apartados se encuentra en el **Anexo D y E** respectivamente.

5.1 Aspectos abióticos.

5.1.1 Clima.

La amplia gama de climas de Durango va desde los secos (tipo B) en el norte y oriente del estado, hasta los cálidos (A) en la región de las quebradas, pasando por diversos subtipos de climas templados (C) y semifríos (C(E)) en las sierras. El clima tiene una marcada estacionalidad anual y la temporada de lluvias es en verano (w). Los climas secos se dividen en Muy secos (BW) o 'secos desérticos' y Semisecos (BS) o 'secos esteparios'. Éstos últimos a su vez se dividen en dos subtipos dependiendo de la humedad: el más seco (BS0) y el menos seco (BS1) y pueden ser cálidos y semicálidos (BSh), o templados (BSk).

En el Sistema Ambiental Regional se encuentran representados seis tipos de clima, de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (2004) para México. El clima **semiárido templado** es el que ocupa casi tres cuartas partes de la extensión del polígono.

Tabla 23 Tipos de clima representados en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Clave	Tipo Climático	Descripción	Superficie (Ha)	Superficie (%)
BS1kw	Semiárido templado.	Temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C; temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C; temperatura del mes más caliente menor que 22 °C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 % al 10.2 % del total anual.	161 744.53	74.89
BS1hw	Semiárido semicálido.	Temperatura media anual mayor que 18 °C; temperatura del mes más frío menor que 18 °C; temperatura del mes más caliente mayor que 22 °C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 % al 10.2 % del total anual.	31 979.91	14.81

Tabla 23 Tipos de clima representados en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Clave	Tipo Climático	Descripción	Superficie (Ha)	Superficie (%)
C(wo)	Templado subhúmedo.	Temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C; temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y temperatura del mes más caliente menor que 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor que 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor que 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5 % al 10.2 % del total anual.	17 143.41	7.94
Cb'(w2)	Semifrío subhúmedo con verano fresco largo.	Temperatura media anual entre 5 °C y 12 °C; temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C; temperatura del mes más caliente menor que 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor que 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2 % del total anual.	2 508.60	1.16
C(w1)	Templado subhúmedo.	Temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C; temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y temperatura del mes más caliente menor que 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor que 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 % al 10.2 % del total anual.	2 216.53	1.03
Cb'(w1)	Semifrío subhúmedo con verano fresco largo.	Temperatura media anual entre 5 °C y 12 °C; temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C; temperatura del mes más caliente menor que 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor que 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal del 5 al 10.2 % del total anual.	388.91	0.18

En la **Figura 36** se muestran los tipos de clima presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y en el área del proyecto (AP).

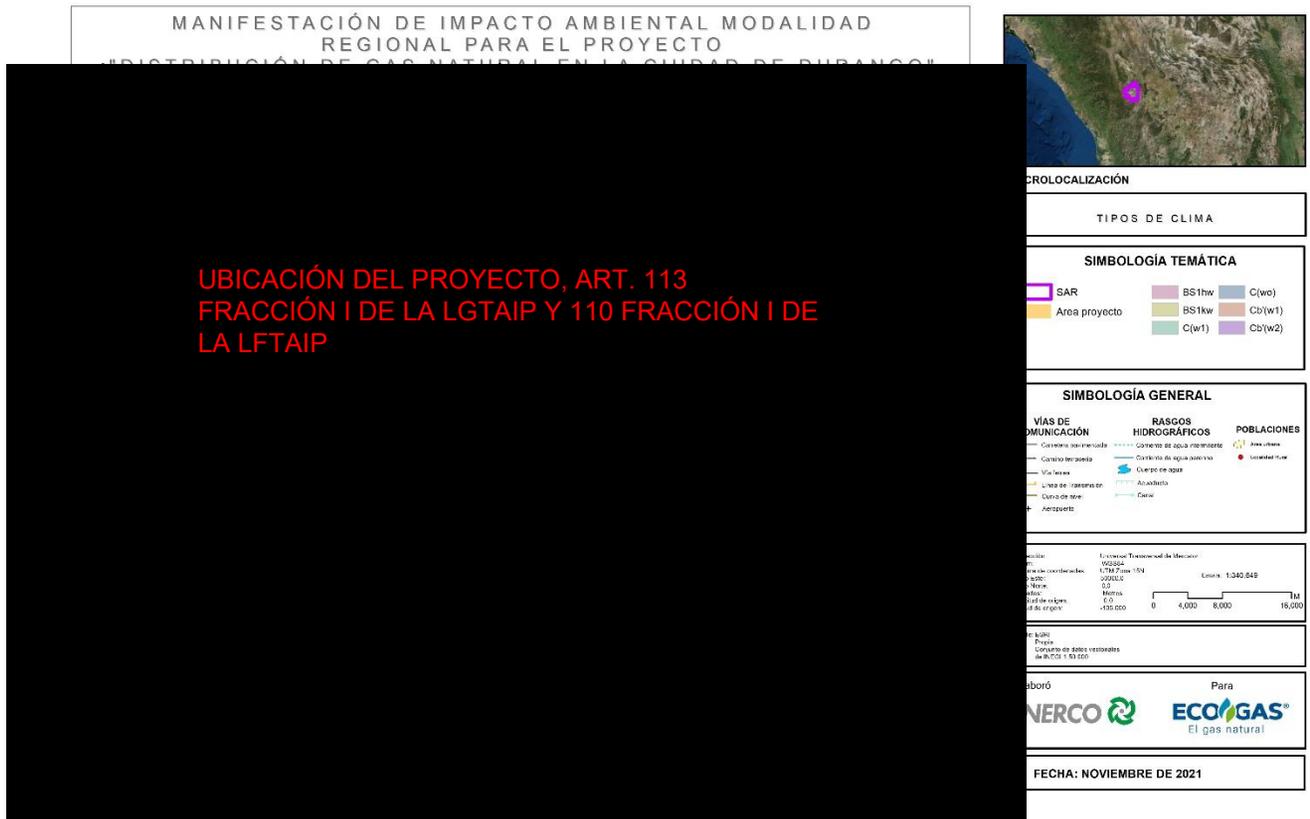


Figura 36 Tipos de clima presentes en el SAR y el Área del Proyecto (AP).

5.1.2 Humedad relativa.

De acuerdo con la información disponible de la estación meteorológica No. 00010092 denominada Durango, se tiene registrado una humedad relativa promedio del 77.5%.

5.1.3 Temperatura.

La temperatura promedio varía de 11.5°C en El Salto a 22°C en Cañón de Fernández. En la ciudad de Durango es de 17.3°C. Las temperaturas extremas fueron de -11°C en El Salto y en Rodeo ha llegado a registrarse una máxima de 46.7°C. Una situación excepcional se presentó en 1997, cuando se registraron temperaturas mínimas extremas de hasta -12°C en la ciudad de Durango y de -25°C en la Sierra.

Las temperaturas muestran una oscilación media anual moderada, pero la oscilación media diurna es extrema. El mes más caluroso es mayo (junio llega a presentar mayores temperaturas en años de lluvias tardías). Enero es usualmente el más frío, aunque a veces las temperaturas mínimas extremas se han registrado en febrero.

El número de días con heladas va de 0 (en la región de las Quebradas y en algunas áreas protegidas de la zona oriental), a 31 (en El Salto); las primeras heladas se presentan en noviembre y las últimas en abril, ocasionalmente hasta mayo.

5.1.4 Viento.

En general, en la dinámica eólica en la Ciudad de Durango, es la siguiente: la mayor frecuencia de los vientos tiene una componente SW en el primero, tercero y cuarto trimestre del año; el segundo trimestre es de calmas en cualquier sentido. También hay una acusada frecuencia en el segundo semestre del año de vientos del NE, pero con menor intensidad que del primer caso. La velocidad promedio del viento en la Ciudad, según la escala de Beaufort es de menos de 4 m/s (<14.4 Km/h), por lo que se puede considerar que el empuje medio del viento es mínimo. Así mismo, se determinó que las mayores intensidades se registran en el primer semestre del año, es decir de enero a junio, con una ligera dominancia en marzo. En la **Figura 37** se muestra la gráfica de la rosa de los vientos de la Ciudad de Victoria de Durango.

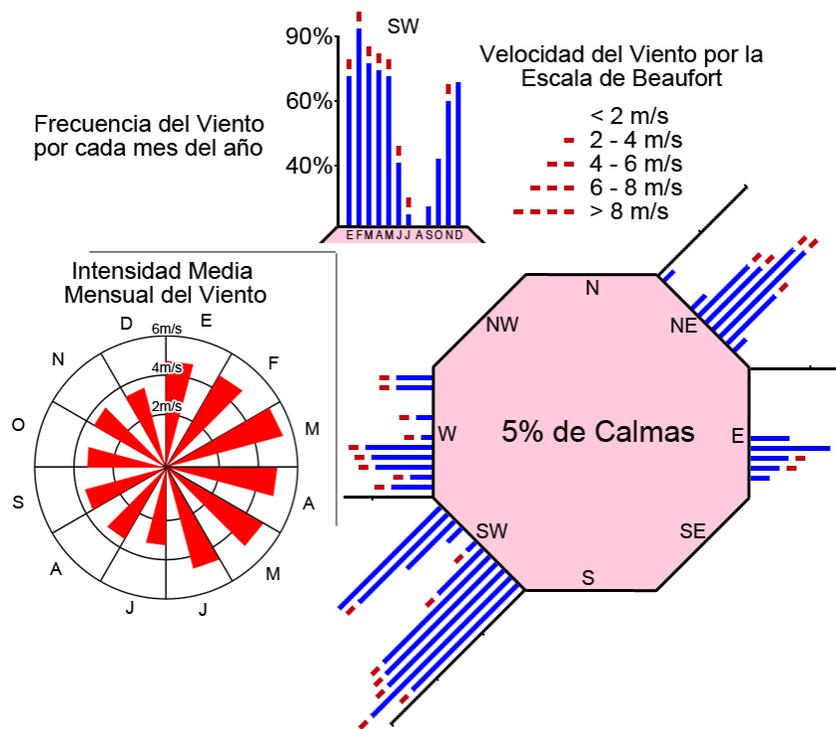


Figura 37 Rosa de los vientos de la Ciudad de Victoria de Durango.

5.1.5 Presión atmosférica.

La Presión atmosférica es el promedio de las mediciones realizadas en un lapso de 10 minutos (se toman muestras cada minuto), su unidad de medición es el hPa (Hectopascal). La presión atmosférica en el municipio de Ciudad Victoria de Durango es de 1028 hPa.

5.1.6 Precipitación.

El régimen de lluvias es de verano, de junio a septiembre. La mayor humedad se recibe del occidente, por la influencia de las brisas del Pacífico, pero en la región oriental del estado predomina la influencia de los vientos alisios, gracias a los cuales algo de la humedad proveniente del Atlántico llega hasta Durango durante el verano y el otoño. Los nortes o masas de aire polar aportan el 10 a 15% de la humedad anual.

La precipitación total anual promedio varía de 150 mm en partes del Bolsón de Mapimí a 1,500 mm en la Sierra Madre. En años de sequía extrema se han registrado precipitaciones tan bajas como 35.8 mm para Atotonilco y 81 mm para la zona del Bolsón de Mapimí. Para Lerdo se registran 268.6 mm de precipitación promedio y 887.4 mm para El Salto (1,594.8 en el año más lluvioso) (INEGI 2003). El número de días al año con precipitación apreciable varía de 29 en partes de la zona árida, a 87 en la región de la sierra.

Durante la temporada seca, de diciembre a abril, en la región de los valles y la zona semiárida se reciben intensos vientos muy secos del suroeste, probablemente contralisios. Otra posibilidad mencionada por González-Elizondo (2007) es que estos vientos sean ocasionados por la diferencia de temperaturas entre las llanuras calentadas por la radiación intensa de los rayos solares y las mesetas de la sierra, que permanecen frías.

Durante el verano, alcanzan a llegar algunos vientos alisios del noreste hacia la zona de los valles y la vertiente oriental de la sierra (González-Elizondo. 2007).

5.1.7 Fenómenos climatológicos.

El municipio de Durango es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar daños materiales de importancia: principalmente está expuesto a sequías e inundaciones. Acontecimientos como la sequía de 2011-2012, la más grave desde 1923, constituyen los ejemplos más recientes que ponen de manifiesto la gravedad de las consecuencias de esta clase de fenómenos.

Ciclones (Huracanes y ondas tropicales).

Los Ciclones son fenómenos meteorológicos que se originan en los océanos o en las áreas costeras tropicales. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Sin embargo, debido a la extraordinaria fuerza de estos fenómenos, así como al tamaño que llegan a tener (de 222 a 888 kilómetros de radio), pueden afectar zonas continentales, aunque en menor grado que a las zonas costeras. En el caso del Municipio de Durango, a pesar de los 190 km de distancia a la costa más cercana, a estar a más de 1890 m sobre el nivel del mar, y a la barrera orográfica que representa la Sierra Madre Occidental, estos fenómenos pueden presentarse y causar afectaciones.

En general, se estima que el peligro por Ciclones en el Municipio de Durango es BAJO para cualquier tipo de huracán; sin embargo, se estima MEDIO para las ondas tropicales.

Tormentas eléctricas.

Las tormentas eléctricas son un fenómeno meteorológico caracterizado por la presencia de rayos en la atmósfera terrestre. Las tormentas eléctricas por lo general están acompañadas por vientos fuertes, lluvia copiosa y a veces granizo, por lo que asociado a este fenómeno se presentan inundaciones y deslaves. Ahora bien, los rayos de las tormentas eléctricas son de tres tipos principales: descargas nube-nube, intranube y nube-tierra.

El Municipio de Durango se ubica en una de las zonas donde se han registrado el mayor número de tormentas eléctricas de todo el país, el cual corresponde a la Sierra Madre Occidental, cuyas laderas del poniente, constituyen el sector occidental del territorio municipal. Según datos del GHCC *Lightning Team* de la NASA, obtenidos a través del sensor *Lightning Imaging Sensor* (LIS), a bordo del satélite meteorológico TRMM, en el oeste del municipio durante el periodo de enero 1998 a febrero 2012, se registraron hasta 5000 rayos, mientras que para la parte de la Ciudad de Victoria de Durango hubo ~3500 rayos, y para el extremo noreste, es decir el Valle del Guadiana, se registraron para el mismo periodo, un rango de 1750 rayos.

Sequías

Las sequías son algunos de los fenómenos más desastrosos porque la carencia de agua implica caídas sustanciales en la producción de alimentos. Inicialmente afectan la economía agropecuaria, pero pueden llegar incluso a acelerar la mortalidad de la población debido a la falta de agua, lo que conlleva a problemas de higiene, gastrointestinales, y eventualmente de deshidratación como fenómeno de salud pública.

Debido a que hay sequía en el municipio desde hace más de un año, además de que la probabilidad de sequía a futuro es muy alta, se estima que, para el Municipio de Durango, el riesgo de sequía es MUY ALTO.

Inundaciones

Las inundaciones son un fenómeno en el cual se anega de agua un área determinada que generalmente está libre de ésta. El agua proviene del desbordamiento de ríos, represas, o escurrimientos de partes altas y se asocia a lluvias intensas, en el área o incluso en otras lejanas. A pesar de considerarse un fenómeno natural, tiene una alta influencia de los procesos de ocupación del territorio y construcción de infraestructura, ya que a menudo el riesgo existe cuando se establecen viviendas en zonas inundables y se crean embudos artificiales que impiden el libre tránsito de las avenidas de agua.

El relieve que comprende la parte oriental del municipio de Durango es de los tipos planicie aluvial y piedemonte, y en menor medida lomeríos y planicie lacustre. De tal manera que la manifestación de las zonas de inundación se ven influidas por la dirección principal de los escurrimientos superficiales, de las zonas Oeste a Este (con los arroyos Arroyo Seco, La Virgen-Acequia Grande y Tunal que acarrear materiales desde los piedemontes altos y las laderas montañosas de la Sierra Madre Occidental). Estos cauces son los que comportan los peligros de mayor atención por inundación en la zona urbana del municipio que se extiende entre un piedemonte bajo y planicie aluvial con características acumulativas. El trayecto de estos cauces hace que colonias como Felipe Ángeles, La Virgen, Miguel de la Madrid, Potrereros de la Laguna y Sombrerito, así como localidades como La Ferrería y El Pueblito, entre otras, sean las que se encuentran en mayor peligro hidrometeorológico por inundación ante la crecida de aguas de los arroyos.

En el límite oriental de la zona urbana, el escurrimiento de aguas también es importante, pues afecta principalmente a los desarrollos habitacionales recientemente construidos. Aunque de alguna manera el riesgo se ha mitigado con obras de captación de aguas pluviales, estas en ocasiones superan la capacidad de drenaje y se depositan finalmente en una planicie de inundación que abarca desde zonas agrícolas hasta colonias del centro de la cabecera municipal, pasando por localidades del Valle del Guadiana. Algunas de las colonias ubicadas en zonas de peligro hidrometeorológico por inundación son: Ampliación Las Rosas, Anáhuac, Colonia 20 de noviembre, Jalisco, Jardines de Cancún, Juan de la Barrera, La Arboleda, Las Flores, Sahop, San Carlos, San Luis, Villas del Guadiana y Silvestre Revueltas, además de las localidades de Francisco Villa Nuevo, Francisco Villa Viejo, Montes de Oca, 5 de febrero, El Arenal y Navacoyan entre otros.

Heladas y temperaturas bajas

El Municipio de Durango se caracteriza por una diversidad de condiciones de temperatura y humedad. Por su ubicación geográfica se encuentra entre dos regiones climáticas, la subhúmeda al poniente y la semiárida, al oriente. Debido a la forma del relieve, la altitud, extensión territorial y su localización relativamente cercana al océano, se producen diversos fenómenos atmosféricos, según la época del año; por ejemplo, en el invierno que es frío y seco, el municipio se encuentra bajo los efectos de las masas polares y frentes fríos, que ocasionan bruscos descensos de temperatura. Estos descensos de temperatura son más evidentes en las zonas de la Sierra, sin embargo, también ocurren en la región del Valle del Guadiana.

En el municipio de Durango, el fenómeno de las heladas presenta grandes variaciones con respecto a su frecuencia en el territorio municipal; son muy comunes en las Sierras del poniente, y tienen un decremento significativo hacia el este, en el Valle del Guadiana

Las heladas en Durango se presentan durante los meses de noviembre a febrero.

Nevadas

Debido a la situación geográfica del Municipio de Durango son pocas las áreas que presentan nevadas. Este fenómeno ocurre principalmente en las regiones altas de la Sierra Madre Occidental, y rara vez se presentan en el Valle del Guadiana. Como casos extraordinarios, en febrero 13 y 14 de 1960, enero 10 y 11 de 1967, así como en enero 15 y 29 de 1992, hubo nevadas en la Ciudad de Victoria de Durango. Sin embargo, eventualmente pueden formarse nevadas en el Valle del Guadiana por influencia de corrientes frías provenientes del norte del país.

5.1.8 Fisiografía y geomorfología.

Fisiografía

Con base en las similitudes fisiográficas y el origen geológico, se reconocen 15 Provincias fisiográficas para México (INEGI 1992), de las cuales cinco están representadas en Durango:

- 1) Sierra Madre Occidental
- 2) Sierra y Llanuras del Norte
- 3) Sierra Madre Oriental
- 4) Mesa del Centro (Altiplanicie Mexicana)
- 5) Llanura Costera del Pacífico

El Sistema Ambiental Regional se localiza, en su totalidad, en la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental y comprende dos subprovincias: las Sierras y Llanuras de Durango, que ocupa más de la mitad del polígono, y la Gran Meseta y Cañadas Duranguenses.

La Sierra Madre Occidental es un sistema montañoso de origen ígneo y los valles y sierras adyacentes hacia el oriente ocupan la mayor parte de la superficie de Durango (71.3%). Incluye cuatro subprovincias:

- Gran meseta y cañones duranguenses (incluye la mayor parte del macizo de la sierra), orientada de noroeste a sureste;
- Gran meseta y cañones chihuahuenses, en el extremo noroeste del estado;
- Mesetas y cañadas del sur, que comprende el declive occidental de la sierra (o región de las Quebradas) al sur del paralelo 24°30' N;
- Sierras y llanuras de Durango, que abarca una amplia franja al oriente de la Sierra Madre Occidental, incluyendo las regiones de “los Valles”, “los Llanos” y “la Breña” (“Malpaís de la Breña”), esta última con varios conos volcánicos pequeños. Sierras como La Candela y Promontorio se ubican en esta subprovincia, al igual que las ciudades de Durango, Tepehuanes, Santiago Papasquiario, Canatlán, Guadalupe Victoria y Vicente Guerrero se localizan en esta subprovincia (Durango se ubica en el límite entre ésta y el macizo de la Sierra).

Geomorfología.

Rocas

Una roca se define como una asociación inorgánica de uno o varios minerales originados en forma natural por procesos geológicos endógenos o exógenos. Según su origen se clasifican en tres tipos: rocas ígneas, rocas sedimentarias y metamórficas

Tipos de rocas.

En Durango predominan los afloramientos de origen volcánico hacia el centro y el occidente del estado, mientras que en la zona oriental los afloramientos son de roca sedimentaria de origen marino. Una gran parte de la región de los valles y del Desierto Chihuahuense está cubierta por depósitos aluviales y residuales.

El 61.39% del total es roca ígnea extrusiva (principalmente riolitas y tobas), 2.71% es ígnea intrusiva, 15.74% es sedimentaria (en su mayoría caliza, a veces con intercalaciones de lutita y arenisca), 0.09% metamórfica y 20.07% es suelo (INEGI 2003).

La mayor parte de la roca ígnea proviene del período Terciario, mientras que la roca sedimentaria es del Terciario y del Mesozoico. Durante el Pérmico, una parte de lo que ahora es la región oriental del estado estuvo bajo las aguas de un mar intercontinental; a principios del Mesozoico la superficie de Durango estuvo emergida, pero durante el Jurásico superior y el Cretácico inferior el norte y el oriente estuvieron de nuevo cubiertos por el inmenso mar que cubrió casi todo México. Fue a fines del Cretácico superior que la superficie de lo que ahora es Durango quedó definitivamente emergida del mar (Kellum 1944 citado por González-Elizondo 2007).

La Sierra Madre Occidental está compuesta por dos importantes secuencias ígneas con un período intermedio de calma volcánica (McDowell y Clabaugh 1979, citados por González-Elizondo 2007).

La inferior comprende derrames de lava, ignimbrita y batolitos, mientras que la más reciente, del Plioceno y el Pleistoceno (con edades que varían entre 34 y 27 millones de años), está integrada por ignimbritas de composición riodacítica o riolítica, tobas y algunos derrames de basalto. El complejo superior de esta sierra constituye la cubierta ignimbritica continua más extensa de la tierra. Hacia el

norte, está cubierta tiene sus últimos afloramientos a la altura de la frontera con Estados Unidos y, hacia el sur, desaparece debajo de las rocas intermedias y básicas del Eje Neovolcánico.

Hacia el centro-sur del estado, en una parte de los municipios de Canatlán, Durango, Nombre de Dios y Poanas se encuentra una extensa zona de lavas basálticas conocida localmente como breña o malpais, producto de una intensa actividad volcánica a través de fisuras y de pocos conos pequeños.

En el oriente y centro-oriente de Durango existen pequeños afloramientos de granito intrusionando en la roca sedimentaria. Los principales son el macizo granítico del Cerro Blanco (en Peñón Blanco) y los de la Sierra El Sarnoso (en Mapimí). En El Sarnoso el granito (75 km²) está rodeado por importantes depósitos de mármol. También en la zona oriental del estado se presentan algunos afloramientos de arenisca.

5.1.9 Susceptibilidad de la zona a sismicidad, deslizamientos, derrumbes, otros movimientos de tierra y posible actividad volcánica.

Sismos.

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano, la República Mexicana se divide en cuatro zonas sísmicas que a continuación se describen.

La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10 % de la aceleración de la gravedad de temblores.

Las zonas B y C son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70 % de la aceleración del suelo.

La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70 % de la aceleración de la gravedad.

VULNERABLES ANTE SISMOS

El mapa muestra los grados de peligro y vulnerabilidad calculados por el Cenapred ante temblores a los que están expuestos los estados de la República mexicana.



Figura 38 Zonas sísmicas de México.

El SAR se encuentra catalogado como una zona de bajo riesgo según la clasificación del el Servicio Geológico Mexicano.

5.1.10 Tipo de suelo.

En el estado predominan los Leptosoles (48%), seguidos por Regosoles (13%), Calcisoles (9%), Cambisoles (8%) y Feozem hápico (7%) (INEGI 2003, con base en la clasificación de la FAO/UNESCO (1988).

- *Leptosoles.* (del griego leptos, delgado). Son suelos muy someros (de menos de 25 cm), usualmente pedregosos, asociados a zonas montañosas, por lo que es importante que se mantenga su cubierta vegetal para evitar la erosión.
- *Regosoles.* Suelos jóvenes, poco consolidados, de textura gruesa, sin arcilla. Generalmente son resultado del depósito reciente de roca y arena acarreadas por el agua o en zonas con fuertes procesos erosivos, por lo que se encuentran sobre todo en valles intermontanos y al pie de las sierras.

- *Calcisoles* (del latín calcarius, calcáreo, por la alta acumulación de caliza). Se presentan en la zona árida y semiárida, en relieves planos o de escasa pendiente. Anteriormente denominados xerosoles y yermosoles. Tienen tres horizontes, el superficial de color claro; el B con frecuencia impregnado de carbonatos y el C siempre con acumulación de carbonatos. Cuando hay agua disponible pueden tener una alta productividad, pero tienden a salinizarse. Si se riegan y fertilizan, es necesario que tengan buen drenaje para evitar salinización.
- *Cambisoles*. Se desarrollan sobre distintas litologías y en relieves relativamente suaves o protegidos de los procesos erosivos por la cobertura vegetal.
- *Vertisoles*. Suelos profundos (de más de 50 cm), con altas proporciones de arcilla (más de 30%). Se caracterizan por presentar grietas de desecación notorias y escasa diferenciación de sus horizontes. Se desarrollan en relieves planos o ligeramente inclinados. En partes bajas, a lo largo de los principales arroyos se presentan fluvisoles.

5.1.11 Hidrología

Hidrología Superficial.

Para Durango se registran escurrimientos anuales de entre 11,400 millones de m³ (2.8% del total nacional), a casi 14,000 millones de m³. Las corrientes de agua forman parte de siete Regiones Hidrológicas, en tres vertientes:

- a) Vertiente del Pacífico, que comprende los ríos que se originan en la Sierra Madre Occidental: el Tamazula y el de Topia que en Sinaloa se unen al Humaya; el de Los Remedios-San Lorenzo; las aguas de la parte central de la sierra (cuyo principal tributario es el arroyo El Salto), pasan a Sinaloa con el nombre de Río Presidio; en el extremo sur del estado, el río Huazamota o Jesús María, que se dirige al sur a unirse al Huaynamota, tributario del caudaloso río Santiago.
- b) El único río de la vertiente del Pacífico que nace en el lado oriental de la Sierra Madre es el Mezquital: con el nombre de río El Tunal y río Durango atraviesa el valle del Guadiana y la región de la breña. Antes de la breña se le unen La Saucedá y el Santiago Bayacora y después el Súchil y el Graceros. Ya con el nombre de río Mezquital atraviesa la sierra por la enorme cañada que lleva el mismo nombre y pasa a Nayarit con el nombre de río San Pedro.
- c) Vertiente interior, constituida por las corrientes que convergen hacia depresiones interiores (cuencas endorreicas). Incluye tres subregiones: la de los ríos Nazas y Aguanaval y arroyos que desembocan en el Bolsón de Mapimí (en la confluencia de Coahuila, Durango y Chihuahua); la de los arroyos que confluyen en la Laguna de Santiaguillo (ej. el arroyo San Antonio); y la de los arroyos del extremo oriental de Durango que forman parte de la Región de El Salado.
- d) Vertiente del Golfo de México, en una pequeña porción del norte de Durango donde nace el río Florido, el cual se une en Chihuahua al Conchos, uno de los principales afluentes del Río Bravo

La Región Hidrológica de mayor extensión en Durango es la Nazas-Aguanaval (42% de la superficie del estado). La segunda RH en extensión (25.7%) es la Presidio-San Pedro (RH 11), donde se concentran la mayor cantidad de corrientes y cuerpos de agua de la entidad. Tiene una superficie de 31,114 km², es en esta región hidrológica donde se encuentra el Sistema Ambiental.

En la **Figura 39** se muestra la hidrología presente en el área del proyecto.



Figura 39 Hidrología superficial presente en el SAR y el Área del Proyecto (AP).

Hidrología Subterránea.

Se define como acuífero a una formación geológica la cual es capaz de almacenar agua y transmitir agua susceptible de ser explotada económicamente en diferentes actividades. Los tipos de acuíferos se pueden diferenciar por las características litológicas (dendrícos o carbonatados), por el tipo de hueco (poroso, kárstico o fisurado), o bien por la presión hidrostática (libres, confinados o semi confinados), el cual varía dependiendo de la zona (Molinero 2001).

El Sistema Ambiental se encuentra sobre cuatro acuíferos, Valle del Guadiana, Valle de Canatlán, Vicente Guerrero-Poanas y Valle del Mezquital; siendo el Valle del Guadiana el que presenta mayor superficie. En la tabla se muestran las características de los acuíferos presentes en el Sistema Ambiental Regional.

Tabla 24 Acuíferos incluidos en el Sistema Ambiental Regional.

Clave	Nombre	RMA	DNC	VE	VCAS	DAS	Condición	Superficie (ha)	Superficie (%)
1003	Valle del Guadiana	133.1	6	148.3	133.15066	0.000	Déficit	204 591.86	94.73
1002	Valle de Canatlán	47.1	6.5	48	41.369794	0.000	Déficit	10 490.47	4.86
1004	Vicente Guerrero - Poanas	95.2	8.1	93.2	93.005999	0.000	Déficit	521.07	0.24
1017	Valle del Mezquital	1.1	0	1.1	0.220188	0.880	Disponibilidad	378.50	0.18

RMA = recarga media anual; DNC = descarga natural comprometida; VE = volumen de extracción; VCAS = volumen concesionado de agua subterránea; DAS = disponibilidad de agua subterránea. Unidades de recarga, descarga, volumen y disponibilidad en hm³/año.

Descarga natural comprometida (DNC). La descarga natural comprometida se cuantifica mediante la medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales, o del caudal base de los ríos provenientes del acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser preservadas para no afectar a los acuíferos, sostener el gasto ecológico y prevención de la mitigación del agua de mala calidad que va hacia el acuífero. La descarga natural comprometida para Valle del Mezquital es de 0.0 hm³/año.

Disponibilidad de agua subterránea. La disponibilidad de agua subterránea, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, establece las especificaciones y la metodología para determinar la disponibilidad media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas.

Los resultados indican que existe un volumen disponible de 0.88 m³/año en el acuífero del Valle de Mezquital y no existe volumen disponible en ninguno de los otros acuíferos.

5.2 Aspectos bióticos.

5.2.1 Vegetación terrestre.

El estado de Durango presenta una alta diversidad ecosistémica; a excepción del bosque tropical perennifolio o selva alta, casi todos los tipos de vegetación de México están presentes en el estado: desde matorrales xerófilos y vegetación halófila en la zona árida oriental, hasta bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios en las quebradas al oeste, pasando por pastizales en la franja de valles al oriente de la Sierra Madre, bosques templados de pino y encino y pequeños enclaves de bosque mesófilo en la Sierra y vegetación acuática y subacuática en todos los ecosistemas.

Algunos de los factores que determinan la diversidad de la flora y la vegetación del estado son: la convergencia en Durango de dos grandes regiones biogeográficas (Holártica y Neotropical), su compleja fisiografía, su diversidad climática y el papel de corredor biológico y de barrera biogeográfica que representa la Sierra Madre Occidental (González, M. 2006, et al).

A continuación, se describen los tipos de vegetación registrados en el Sistema Ambiental Regional.

Bosque de Encino (BQ).

Comunidades vegetales distribuidas en casi todo el país, especialmente en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Norte de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo Sur, con excepción de la Península de Yucatán. En climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2 000mm. Se desarrolla en muy diversas condiciones ecológicas desde el nivel del mar hasta los 3000m de altitud. Se encuentran principalmente en exposición norte y oeste.

Las especies más comunes de estas comunidades son el encino laurelillo (*Quercus laurina*), el encino nopis (*Q. magnoliifolia*), el encino blanco (*Q. candicans*), el roble (*Q. crassifolia*), el encino quebracho (*Q. rugosa*), el encino tesmolillo (*Q. crassipes*), el encino cucharo (*Q. urbanii*), el charrasquillo (*Q. microphylla*), el encino colorado (*Q. castanea*), el encino prieto (*Q. laeta*), el laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

Pastizal Natural (PN).

Es una comunidad dominada por especies de gramíneas y gramínoideas, en ocasiones acompañadas por hierbas y arbustos de diferentes familias, como son: compuestas, leguminosas, etcétera. Su principal área de distribución se localiza en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y los diversos tipos de bosques. La extensa zona de pastizales naturales de América del Norte penetra en el territorio mexicano en forma de una angosta cuña que corre a lo largo de la base de la Sierra Madre Occidental desde Sonora y Chihuahua hasta el noreste de Jalisco y zonas vecinas de Guanajuato. Esta franja continua consiste en comunidades vegetales dominadas por gramíneas que constituyen clímax climático y representa en México la zona más importante de pastizales naturales. Como la mayoría de los pastizales del mundo, esta franja ocupa una porción de transición entre los bosques por un lado y los matorrales xerófilos por el otro.

Matorral Crasicaule (MC).

Se localiza principalmente en las zonas semiáridas del centro y norte del país, su distribución marcaría los límites tropical y templado al interior del desierto Chihuahuense para las especies de portes más altos. Estas comunidades se desarrollan preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600mm y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual y con temperaturas mínimas de 10-12°C.

En algunas partes de San Luis Potosí y de Guanajuato se le asocia *Myrtillocactus geometrizans* y a veces también *Stenocereus* spp. Por otro lado, *Yucca decipiens* puede formar un estrato de eminencias, mientras que a niveles inferiores conviven muchos arbustos micrófilos, como, por ejemplo, especies de *Mimosa* spp., *Acacia* spp., *Dalea* spp., *Prosopis* spp., *Rhus* spp., *Larrea* sp., *Brickellia* sp., *Eupatorium* sp., *Buddleja* sp., *Celtis* sp., etcétera. El Matorral Crasicaule que se establece en la parte central de Zacatecas y algunas zonas adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí se presenta como cubierta vegetal de plantas del género *Opuntia*, siendo las principales especies dominantes de estas “nopaleras” *Opuntia streptacantha* (Nopal Cardón) y *Opuntia leucotricha*. Algunas especies comunes son: *O. hyptiacantha*, *O. robusta*, *O. leucotricha*, *O. cantabrigiensis*, *O. tomentosa*, *O. violacea*, *O. imbricata* (Cardenche), *O. cholla* (Cholla), y otras diversas asociaciones que dependiendo del gradiente latitudinal y de tipos de suelos puede tener una diferente fisonomía.

La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4m, excepcionalmente más, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la presencia de numerosas plantas herbáceas y otras cilindropuntias.

5.2.2 Fauna.

Anfibios.

La única especie de anfibio registrada, fue la Ranita de Montaña (*Dryophytes eximius*).

Reptiles

Los únicos cuatro reptiles registrados, fueron la Corredora Pinta Texana (*Aspidoscelis gularis*), el Cincuate Casero (*Pituophis catenifer*), la Cascabel Serrana (*Crotalus molossus*) y la Chiahucóatl (*Crotalus scutulatus*). De estas, las dos especies de cascabel se encuentran bajo protección especial en la NOM-059-Semarnat-2010.

Aves.

Las 78 aves registradas en campo representaron a un total de 13 órdenes y 35 familias. A continuación, se presenta la lista detallada de aves registradas.

Tabla 25 Especies de aves registradas en campo.

Núm.	Nombre científico	Nombre común	End.	End.	Cites	Tipo de registro
1	<i>Anas crecca</i>	Cerceta Alas Verdes				Rb, Ob
2	<i>Anas diazi</i>	Pato norteño				Rb, Ob
3	<i>Aythya collaris</i>	Pato pico anillado				Rb, Ob
4	<i>Mareca strepera</i>	Pato friso				Rb, Ob
5	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato tepalcate				Rb, Ob
6	<i>Spatula clypeata</i>	Pato cucharón norteño				Rb, Ob
7	<i>Spatula discors</i>	Cerceta Alas Azules				Rb, Ob
8	<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor pico grueso				Rb, Ob

Tabla 25 Especies de aves registradas en campo.

Núm.	Nombre científico	Nombre común	End.	End.	Cites	Tipo de registro
9	<i>Columba livia</i>	Paloma asiática bravía				Rb, Ob
10	<i>Columbina inca</i>	Tortolita Cola Larga				Rb, Ob
11	<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma turca de collar				Rb, Ob
12	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Alas Blancas				Rb, Ob
13	<i>Zenaida macroura</i>	Huilota Común				Rb, Ob
14	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteño				Rb, Ob
15	<i>Amazilia violiceps</i>	Colibrí corona violeta				Rb, Ob
16	<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana				Rb, Ob
17	<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo tildío				Rb, Ob
18	<i>Larus delawarensis</i>	Gaviota pico anillado				Rb, Ob
19	<i>Himantopus mexicanus</i>	Monjita Americana				Rb, Ob
20	<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita				Rb, Ob
21	<i>Numenius americanus</i>	Zarapito pico largo				Rb, Ob
22	<i>Tringa melanoleuca</i>	Patamarilla mayor				Rb, Ob
23	<i>Tringa solitaria</i>	Playero solitario				Rb, Ob
24	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca				Rb, Ob
25	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera africana				Rb, Ob
26	<i>Egretta tricolor</i>	Garza tricolor				Rb, Ob
27	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelicano Blanco Americano				Rb, Ob
28	<i>Cathartes aura</i>	Buitre americano cabecirrojo				Rb, Ob
29	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común				Rb, Ob
30	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura		Pr	II	Rb, Ob
31	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja			II	Rb, Ob
32	<i>Dryobates scalaris</i>	Carpintero mexicano				Rb, Ob
33	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje				Rb, Ob
34	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos			II	Rb, Ob
35	<i>Falco columbarius</i>	Halcón esmerejón			II	Rb, Ob
36	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano			II	Rb, Ob
37	<i>Bombycilla cedrorum</i>	Chinito				Rb, Ob
38	<i>Cardinalis sinuatus</i>	Cardenal Desértico				Rb, Ob
39	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común				Rb, Ob
40	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano				Rb, Ob
41	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguerito Dominicó				Rb, Ob
42	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina Alas Aserradas				Rb, Ob
43	<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina bicolor				Rb, Ob
44	<i>Icterus bullockii</i>	Calandria Cejas Naranjas				Rb, Ob
45	<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabeza café				Rb, Ob
46	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano				Rb, Ob
47	<i>Xanthocephalus</i>	Tordo cabeza amarilla				Rb, Ob
48	<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo Americano				Rb, Ob

Tabla 25 Especies de aves registradas en campo.

Núm.	Nombre científico	Nombre común	End.	End.	Cites	Tipo de registro
49	<i>Mimus polyglottos</i>	Centzontle norteo				Rb, Ob
50	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuicacoche pico curvo				Rb, Ob
51	<i>Poecile sclateri</i>	Carbonero mexicano				Rb, Ob
52	<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra				Rb, Ob
53	<i>Setophaga coronata</i>	Chipe rabadilla amarilla				Rb, Ob
54	<i>Amphispiza bilineata</i>	Zacatonero garganta negra				Rb, Ob
55	<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrión arlequín				Rb, Ob
56	<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln				Rb, Ob
57	<i>Melospiza fusca</i>	Rascador Viejita				Rb, Ob
58	<i>Pipilo chlorurus</i>	Rascador Cola Verde				Rb, Ob
59	<i>Poocetes gramineus</i>	Gorrión cola blanca				Rb, Ob
60	<i>Spizella pallida</i>	Gorrión pálido				Rb, Ob
61	<i>Spizella passerina</i>	Gorrión Cejas Blancas				Rb, Ob
62	<i>Zonotrichia leucophrys</i>	Gorrión corona blanca				Rb, Ob
63	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Europeo				Rb, Ob
64	<i>Poliophtila caerulea</i>	Perlita azulgrís				Rb, Ob
65	<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo Matraquita				Rb, Ob
66	<i>Auriparus flaviceps</i>	Baloncillo				Rb, Ob
67	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	Mx			Rb, Ob
68	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca del desierto				Rb, Ob
69	<i>Salpinctes obsoletus</i>	Saltapared de Rocas				Rb, Ob
70	<i>Thryomanes bewickii</i>	Saltapared cola larga				Rb, Ob
71	<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared Común				Rb, Ob
72	<i>Sialia currucoides</i>	Azulejo pálido				Rb, Ob
73	<i>Empidonax fulvifrons</i>	Papamoscas Pecho Canela				Rb, Ob
74	<i>Empidonax wrightii</i>	Papamoscas Bajacolita				Rb, Ob
75	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal				Rb, Ob
76	<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro				Rb, Ob
77	<i>Sayornis saya</i>	Papamoscas llanero				Rb, Ob
78	<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano Chibíu				Rb, Ob

Se muestran las categorías de endemismo (End.), protección (de acuerdo con la NOM-059-Semarnat-2010 y la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas, Cites, 2017) y el tipo de registro. Mx = especie endémica a México; Rb = referencia bibliográfica; Ob = observación en campo.

Mamíferos

En campo se registraron 14 especies de mamíferos, pertenecientes a cinco órdenes y 10 familias. Estas se presentan a continuación:

Tabla 26 Especies de aves registradas en campo.

Núm.	Nombre científico	Nombre común	End.	End.	Cites	Tipo de registro
1	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache				Rb, H
2	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas				Rb, H, Cm
3	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto				Rb, Ex
4	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano				Rb, Ex
5	<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón				Rb, Ob
6	<i>Thomomys umbrinus</i>	Tuza				Rb, Cm, Ma
7	<i>Canis latrans</i>	Coyote				Rb, Ob, Cd, H
8	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris				Rb, Ex, H
9	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo				Rb, H
10	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado				Rb, H
11	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle				Rb, H
12	<i>Procyon lotor</i>	Mapache				Rb, H
13	<i>Dicotyles angulatus</i>	Pecarí de collar				Rb, H, Ex, Cm
14	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca				Rb, Ex

Se muestran las categorías de endemismo (End.), protección (de acuerdo con la NOM-059-Semarnat-2010 y la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas, Cites, 2017) y el tipo de registro. Mx = especie endémica a México; Rb = referencia bibliográfica; Cm=comunicación personal; Cd = cadáver; H = huella; Ex = excreta.

Las abundancias de los mamíferos fueron más bien homogéneas dentro de cada área. Sin embargo, en el AP la especie con más registros fue la Tuza (*Thomomys umbrinus*), mientras que, en el SAR, lo fueron el Ardillón (*Otospermophilus variegatus*), el Conejo del Desierto (*Sylvilagus audubonii*) y el Conejo Serrano (*Sylvilagus floridanus*).

5.3 Aspectos socioeconómicos.

5.3.1 Demografía.

Tasa de crecimiento poblacional.

En Durango se prevé que la población continúe aumentando en las décadas futuras. En 2030 alcanzará un volumen de 2 008 714 personas con una tasa de crecimiento de 0.61 por ciento anual; en 2050 llegará a 2 159 967 habitantes con un ritmo de crecimiento menor, 0.11 por ciento anual. Se puede apreciar que la estructura por edad y sexo aún mostrará una estructura piramidal con base amplia, pero irá acumulando una mayor proporción de población en edades adultas y avanzadas.

Este comportamiento estará asociado a que el descenso de nacimientos será paulatino, pasará de 34 553 nacimientos en 2015 a 30 277 en 2030 y a 24 385 en 2050. La entidad tendrá una reducción de la natalidad, por ende, de la población joven en un futuro, donde las personas menores de 15 años pasarán de representar 29.7 por ciento de la población en 2015 a 23.4 en 2030 y a 18.3 en 2050. Asimismo, la entidad contará con un porcentaje importante de personas en edad productiva (15 a 64 años), que durante el periodo seguirá en aumento hasta 2032, pasará de 63.6 por ciento en 2015 a 66.8 en 2030 y mostrará un descenso a 65.9 para 2050.

Por último, a consecuencia de la disminución de la mortalidad, traducida en una mayor esperanza de vida para la población de la entidad, se espera que el grupo de 65 y más años de edad que en 2015 representaba 6.7 por ciento, en los próximos dos decenios comience a tener mayor peso relativo: en 2030 se prevé que represente 9.9 por ciento del total y en 2050, 15.8 por ciento.

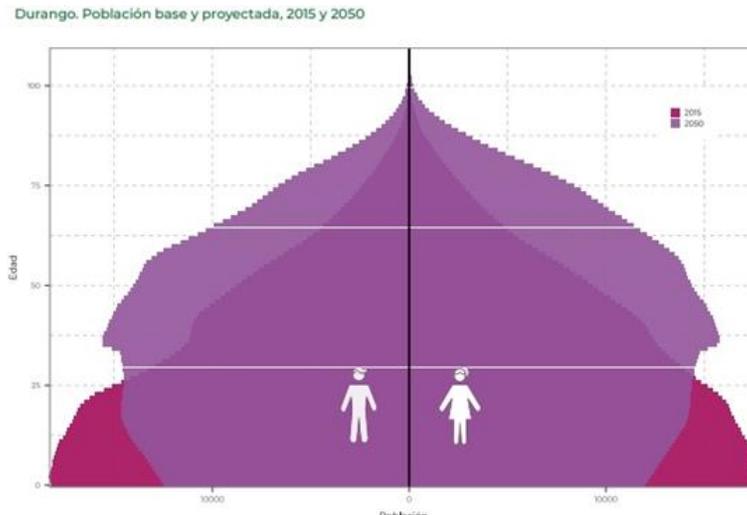


Figura 40 Proyección de crecimiento poblacional.

Población por Edades.

La población base para Durango en 2015 alcanzó 1 781 575 habitantes y quedó conformada por 49.4 por ciento de hombres y 50.6 por ciento de mujeres. Su volumen total constituye 1.5 por ciento del total nacional de 121 347 800 personas. La mayor parte de la población se encuentra en edades jóvenes, ya que 50 por ciento se acumula entre 0 y 25.1 años de edad. De los tres grandes grupos de edad, el de 15 a 64 años concentra 63.6 por ciento de la población estatal y finalmente, el grupo de 65 y más años muestra ya los efectos de una esperanza de vida de 74.6 años y el impacto de la transición demográfica en su conjunto, representando 6.7 por ciento de la población estatal.

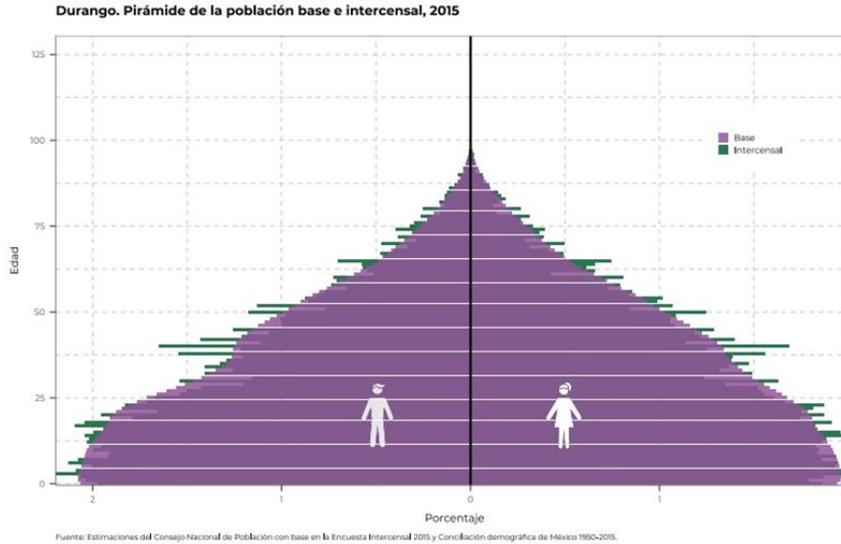


Figura 41 Distribución de la población por sexos.

La estructura por edad de la población se ha transformado y hace evidente los cambios demográficos a través del tiempo. La pirámide de población del censo 2010 se ensancha en el centro y se reduce en la base: la proporción de niños y adolescentes ha disminuido y se ha incrementado la proporción de adultos. En 2010 la población menor de 15 años representa 30.9 por ciento de la población total, mientras que la que se encuentra en edad laboral, es decir, de 15 a 64 años, constituye 62.6 por ciento, y la población en edad avanzada representa tan solo el 6.5 por ciento.

5.3.2 Factores socioculturales.

Educación.

El municipio de Durango tiene un grado promedio de escolaridad de la población de 9.7 años que supera a la media nacional correspondiente al nivel de secundaria que es de 8.6 años.

La ciudad de Durango, es la que cuenta con la mayor cantidad de infraestructura educativa pública del Estado con 150 centros de educación preescolar; 247 de educación primaria y 85 de educación secundaria. Además de 14 escuelas públicas de educación media superior en diversas modalidades; asimismo, también cuenta con una importante oferta educativa en el nivel superior, impartida por instituciones del sector público y privado, que ofrecen diversos programas y modalidades, accediendo a diversas licenciaturas e ingenierías, maestrías y doctorados.

Desde 2002 la educación preescolar fue incluida como parte de la educación básica permitiendo que, en Durango, en aquel año, 106 564 (7.1 por ciento) niños y niñas de 3 a 5 años pudieran contar con una educación temprana que favorecería su desempeño y aprendizaje. Si bien el volumen de estos menores en 1970 era de 106 958 (10.9 por ciento del total de la población del estado) es de imaginar que la educación de entonces no proporcionaba las facilidades y los retos que han ido surgiendo como parte de la presencia de los avances en las tecnologías de la información que son asimilados de buena manera en estas edades. La matrícula escolar a temprana edad, en 2015 representó 6 por ciento de la población total que se encontraba en ese grupo de edad. En términos de volumen, equivale a 107 437

infantes, de los cuales 54 542 son niños y 52 895 son niñas. Para 2030, el número de niños(as) en educación inicial disminuirá a 91 992 personas, en 2050 se prevé sean 76 599, lo cual representa una disminución de 16.7 por ciento en el peso relativo de este grupo de edad respecto al año 2030.

Salud

En la Ciudad operan 40 unidades médicas del sector salud en el régimen de la seguridad social que comprenden las pertenecientes al Instituto Mexicano del Seguro Social, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado y la Secretaría de la Defensa Nacional; en tanto que en el régimen de asistencia social se dispone de las unidades de la Secretaría de Salud del Estado de Durango, el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia, el Hospital Municipal del Niño y el Hospital General de Especialidades 450.

De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, el 43.07 por ciento de la población son derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el 16.87 por ciento son derechohabientes del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), y el 7.44 por ciento cuentan con Seguro Popular; en tanto que el 32.62 por ciento de la población, no cuentan con servicios de salud.

Pobreza.

Según el estudio realizado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) para la medición de la pobreza en México, en el municipio de Durango para el año de 2010, 241 mil 402 habitantes (42.2 por ciento) se encontraba en situación de pobreza, de donde el 5.1 por ciento se consideró pobreza extrema, 37.1 por ciento pobreza moderada, 26.1 por ciento vulnerable por carencia social, 9.9 por ciento vulnerable por ingreso y el 26.4 por ciento no pobre no vulnerable. Además, este estudio muestra las siguientes carencias en la población, 13.5 por ciento carencia por rezago educativo, 27.6 por ciento por acceso a la salud, 50.9 por ciento por acceso a la seguridad social, 7.4 por ciento por calidad y espacios de la vivienda, 4.7 por ciento por servicios básicos en la vivienda, 17.5 por ciento por acceso a la alimentación; de lo anterior, las carencias en la población se distribuyen de la manera siguiente, 63.8 por ciento población con al menos una carencia, 14.9 por ciento población con al menos tres, 52.1 por ciento población con ingreso inferior a la línea de bienestar; 14.9 por ciento población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo.

Industria.

Actualmente la ciudad de Durango cuenta con una zona industrial, dentro de la cual se pueden contabilizar las siguientes empresas con relación al sector productivo al que pertenecen: Sectores Primario, dos empresas; Secundario, ocho; y Terciario, 52.

Vialidad y Transporte.

La Dirección de Transporte del Estado de Durango elaboró el Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS) para el centro de población.

De acuerdo con el diagnóstico del PIMUS, el servicio del transporte público, es atendido por 64 rutas; además, se cuenta con 38 rutas suburbanas que brindan el servicio de transportación a las

comunidades cercanas. El principal medio de transporte en la Ciudad es el transporte público colectivo (38.0 por ciento), seguido del transporte en vehículo privado (30.0 por ciento), taxi (4.0 por ciento), bicicleta (4.0 por ciento), peatonal (21.0 por ciento) y otros tipos de transporte (3.0 por ciento). En este sentido, una de las problemáticas principales para la movilidad en la ciudad es la alta concentración de rutas de transporte público en el primer cuadro de la ciudad, siendo ésta la alternativa más utilizada por la comunidad.

Turismo.

El Gobierno Municipal ha establecido una línea estratégica prioritaria para generar y propiciar la promoción y el fortalecimiento del turismo. En este sentido, elaboró el “Plan de Desarrollo Turístico Municipal Durango 450”, en el que se establece el plan de acción conjunto, que integra la responsabilidad de los actores relacionados con el turismo.

El objetivo fundamental es “Desarrollar un instrumento de mediano plazo, que conjunte a los actores involucrados en la actividad turística, fortaleciendo la oferta de productos y servicios de calidad dentro del municipio de Durango”, como son los paseos turísticos, rescate de plazas, fachadas y del patrimonio histórico, museos, templos, teatros, haciendas, parques, balnearios, presas, paseos ecoturísticos, sets cinematográficos y recintos especiales, ferias y salones de convenciones.

5.4 Zonas vulnerables o de interés en el área del proyecto.

El presente apartado indica los centros vulnerables o de concentración de población en el área del Proyecto, en el **Anexo F** se presenta el inventario y en la versión digital se incluye el archivo en formato KMZ con el límite del área del Proyecto y la ubicación de las zonas vulnerables identificadas.

5.4.1 Zonas vulnerables de población.

Vivienda.

Con base en el Censo de Población y Vivienda 2020 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) establece un total de viviendas particulares habitadas en el municipio de Victoria de Durango la cual asciende a 186,768 con un promedio de 3.7 ocupantes por vivienda.

Localidades o Poblaciones

Con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (hasta el año 2020) se identificaron 16 localidades dentro del área del Proyecto.

Escuelas o centros educativos

El Censo 2019 del INEGI reporta 613 centros educativos activos con servicio de educación básica, media superior y superior en el área del proyecto. En el **Anexo F** se incluye un listado con la localización de los Centros educativos que se muestran en la siguiente figura.

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

Fuente: INEGI 2019.

Figura 42 Centros educativos en el área del Proyecto.

Centros de salud.

Con base en la información disponible del Censo 2019 del INEGI la infraestructura de salud en el área del proyecto es de 76 centros de salud con grado diverso de cobertura. En la siguiente figura se muestra la ubicación de los centros de salud.

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

Fuente: INEGI 2019.

Figura 43 Centros de salud en área del Proyecto.

Templos o centros de culto.

De acuerdo a la información contenida en la actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Victoria de Durango, se identificaron dentro del área del proyecto 183 templos o centros de culto, los cuales se muestra en la siguiente figura.

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

Fuente: INEGI 2019.

Figura 44 Templos o centros de culto en el área del Proyecto.

Centros recreativos.

El Censo 2019 del INEGI reporta 171 plazas orientadas a la realización de actividades de interés general de la localidad y 07 centros comerciales, lo cuales se muestra en las siguientes figuras.

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

Fuente: INEGI 2019.

Figura 45 Plazas en el área del Proyecto.

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

Fuente: INEGI 2019.

Figura 46 Centros comerciales en el área del Proyecto.

Centros culturales.

De acuerdo con la información contenida en la actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Victoria de Durango, se identificaron dentro del área del proyecto 15 museos, 1 teatro y 28 bibliotecas.

5.5 Áreas de interés ecológico y ambiental.

5.5.1 Áreas Naturales Protegidas.

Las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) son zonas del territorio nacional, aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según lo establecido en la Ley. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) administra actualmente 176 ANPs de carácter federal, que representan más de 25 394 779 hectáreas, y están divididas en nueve regiones del país.

Dentro de las ANPs Federales, en el SAR se encuentra la ANP No. 46. Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit (CADNR 043 Estado de Nayarit).

Abarca varios estados, Aguascalientes, Jalisco, Nayarit, Zacatecas y Durango. De este último 5 municipios. Corresponde a la región CONANP Norte y Sierra Madre Occidental. Tiene una superficie de 2,329,026.75 ha, con una población estimada de 52,498 habitantes. Presenta los siguientes tipos de vegetación:

- *Bosque de Coníferas*
- *Bosque de Encino*
- *Bosque de Pino Encino*
- *Bosque de Encino Pino*
- *Pastizal Natural*
- *Pastizal Inducido*
- *Matorral Xerófilo*
- *Selva Baja Caducifolia*
- *Vegetación de Galería*
- *Bosque Mesófilo de Montaña*
- *Palmar Natural*
- *Selva Subcaducifolia*
- *Vegetación Hidrófila*
- *Vegetación inducida*
- *Selva Caducifolia*
- *Sin Vegetación Aparente*

5.5.2 Sitios RAMSAR.

Los sitios Ramsar se designan porque cumplen con los criterios para a la identificación de Humedales de Importancia Internacional. El primer criterio se refiere a los sitios que contienen tipos de humedales representativos, raros y únicos, y los otros ocho abarcan los sitios de importancia internacional para la conservación de la diversidad biológica. Estos criterios hacen énfasis en la importancia que la convención concede al mantenimiento de la biodiversidad.

En la actualidad, la Lista de Ramsar es la red más extensa de áreas protegidas del mundo. Hay más de 2200 sitios Ramsar que abarcan más de 2.1 millones de kilómetros cuadrados en los territorios de las 168 partes contratantes de Ramsar en todo el mundo (Ramsar, 2016).

Si bien en el SAR no existen sitios Ramsar, el más cercano al polígono es La Cuenca de la Laguna de Santiaguillo.

Laguna de Santiaguillo se localiza en el centro del Estado de Durango, México, a unos 80 km al Norte de la Capital de Durango, en las inmediaciones de la Población de Nuevo Ideal, Municipio del mismo nombre, con una población de 28,006 habitantes, entre los 24° 36' y 25° 11' de latitud Norte y los 104° 36' y 105°20' de longitud Oeste.

La superficie de la cuenca se ubica en altitudes que oscilan de los 1960 a 3200 msnm. Abarca una superficie de 2606 km², demarcada por macizos montañosos que la circundan, dando lugar en su interior a un amplio valle de forma alargada en dirección sureste-noreste, en cuya parte baja se localiza la Laguna de Santiaguillo. La laguna es alimentada por los escurrimientos propios de la cuenca durante la época de lluvias.

La cuenca de la Laguna Santiaguillo limita por el poniente, norte y oriente con la cuenca del río Nazas; y por el sur, con la cuenca del río La Saucedá (afluente del río San Pedro). La zona del poniente está representada por la Sierra de la Magdalena (de forma alargada) con elevaciones máximas de 3,200 msnm y una longitud de 45 km. De ella descienden numerosos arroyos (como el de Guatimapé) que llegan a la parte baja, donde se han formado las lagunas. La zona del oriente está representada por el macizo montañoso de la Sierra de San Francisco, con una longitud de 25 km y elevaciones máximas de 3,200 msnm; así como la prolongación hacia el SE de la misma sierra (conocida como Sierra de Coneto), con una longitud de 50 km y elevaciones máximas de 2,800 msnm. De dichas sierras descienden también pequeñas corrientes de menor importancia y que reconocen también a las lagunas.

5.5.3 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP).

En las últimas décadas, México ha presentado una aceleración en la pérdida de sus recursos ecosistémicos, provocada principalmente por distintos eventos antrópicos. En este contexto surge el programa de las Regiones Terrestres Prioritarias para la Conservación Biológica (RTPs), e, cual da un especial énfasis a las partes del territorio donde las características físicas y bióticas convergen, generando puntos de alta diversidad. Como resultado, se identificaron 152 RTPs con una superficie total de 515 558 km², la cual cubre casi la cuarta parte de México.

La única región terrestre prioritaria con la que coincide el Sistema Ambiental Regional es la RTP 57 Guacamayita, misma que ocupa una superficie de 2505.69 ha del polígono, es decir, el 1.16 % de este.

Coordenadas extremas:

- Latitud N: 23° 03' 18" a 23° 48' 20"
- Longitud W: 104° 16' 59" a 105° 02' 56"

Entidades: Durango.

Municipios: Durango, Mezquital, Nombre de Dios, Pueblo Nuevo.

Localidades de referencia: Victoria de Durango, Dgo.; Nombre de Dios.; San Francisco del Mezquital, Dgo. Y El Troncón, Dgo.

Valor para la conservación: 3 (mayor a 1,000 km²)

Es una región con una gran variedad de tipos de vegetación: bosques de pino-encino, en las zonas de los 2,200 a los 3,000 msnm, zonas de encino-pino, selva baja caducifolia de los 1,800 a los 2,600 msnm y matorral subtropical en las cañadas que forma el río Mezquital (el cual es considerado como corredor biológico) entre los 1,400 a los 1,600 msnm. La región cuenta con una corriente principal, el río Mezquital y un afluente, el río Tlaxicaringa; ambos forman barrancas profundas que dan lugar a esta diversidad de vegetación

5.5.4 Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAs).

Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) iniciaron con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional para la protección de especies de avifauna, ya que muchas de ellas presentan patrones migratorios, lo cual hace necesaria la colaboración entre organismos gubernamentales y no gubernamentales a nivel internacional.

En el Sistema Ambiental no se encuentra ninguna AICA, pero existen varias cercanas al polígono, tal es el caso de Guacamayita, La Michila, Piélagos, Río Presidio-Pueblo Nuevo, Santiaguillo y Sierra de Órganos. Siendo Piélagos la más cercana al SAR.

Piélagos. Con Clave de la AICA NO-58 y categoría G1

Tiene una superficie de 107,546.00 ha, de las que 70,000 ha de extensión corresponden a Bosque virgen de Pino-Encino. Actualmente no tiene Plan de Manejo.

Guacamayita. Con Clave de la AICA NE-19 y categoría G3

Tiene una superficie de 110,730.67 ha. La vegetación presente consiste en Bosque de ayarín (Pseudotsuga), bosque de pino, pino-encino, encino, tropical deciduo, tropical semideciduo y matorral xerófito. La región incluye un gradiente altitudinal que va desde los Bosques Tropicales Deciduos y Semideciduos en el fondo del Valle del Río Mezquital, pasando por toda una gran gama de matorrales y bosques de mayor humedad ambiental ocasionada por los vientos húmedos provenientes del Pacífico. Esta área incluye los Bosques de Pseudotsuga más extensos del Estado.

La Michila. Con Clave de la AICA NE-20 y categoría G1.

Tiene una superficie de 26,164.87 ha. Es un área localizada en las estribaciones orientales de la Sierra Madre Occidental al sur del estado de Durango. En un gradiente altitudinal de entre 2000 y 2800 m. Presenta diferentes tipos de vegetación desde Matorrales Xerófitos hasta Bosques de Pino incluyendo

diferentes Bosques de Encino-Pino y Pastizales. El clima varía de semiseco en las partes bajas a semifrío en las altas. Se presenta la lista de Piedra Herrada (Bosque Mixto de Encino-Pino) y de Minillas (Bosque abierto de Encino). Este último se puso en un AICA aparte NE-31.

Río Presidio-Pueblo Nuevo. Con Clave de la AICA NE-18 y categoría G1.

Tiene una superficie de 274,741.78 ha. La vegetación está constituida por Bosques Húmedos de Encino-Pino, que se encuentran muy relacionados con Manchones de Bosque Mesófilo; además en algunas cañadas existen pequeños Bosques de Abetos y Ayarín (Pseudotsuga). En las cañadas más profundas y soleadas se desarrollan Bosques Tropicales Deciduos y Semideciduos.

Santiaguillo. Con Clave de la AICA NE-16 y categoría MEX-4-A.

Tiene una superficie de 380,700.50 ha. Lago interior localizado entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra de Coneto y Commonfort en un Valle. La superficie es muy variable debido a cambios en la alimentación de dicho cuerpo de agua. La vegetación en los alrededores es de Pastizal con Bosques de Encino de tipo Sabanoide, además Matorral Xerófilo. Es un área de internación para un gran número de especies de aves acuáticas que se congregan en grandes números. Además, área de nidificación de algunas especies de distribución restringida, así como de Anas diazi.

Sierra de Órganos. Con Clave de la AICA NO-52 y categoría G3.

Tiene una superficie de 88,695.98 ha. La Sierra está conformada por columnas basálticas de gran valor estético-natural en las cuales se desarrollan Bosques abiertos de Pino Piñonero (*Pinus cembroides*) entremezclados con Matorral de Cedro (*Juniperus*) y extensiones considerables de pastizal natural y de Matorral Xerófilo (*Huizachal*). La Sierra es un área importante de alimentación de aves que consumen piñones ya que estos no se producen sino cada dos o tres años.

5.5.5 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)

La única región hidrológica prioritaria con la que coincide el Sistema Ambiental Regional es la RHP Río Nazas, con una superficie en el polígono de 4715.41 ha, o 2.18 % del total.

Nazas-Aguanaval es la Región Hidrológica de mayor extensión en Durango (42% de la superficie del estado). Es la cuenca cerrada más importante del país. El Nazas y el Aguanaval desembocaban originalmente en las lagunas de Mayrán y de Viesca, respectivamente. En la actualidad, sus aguas son aprovechadas en su totalidad.

El Río Nazas es el más extenso en el estado (560 km). Se forma a partir de los Ríos Sextín (El Oro) y Ramos, este último formado a su vez por los ríos Santiago y Tepehuanes. Se inicia en Durango y concluye en el estado de Coahuila. Sobre la cuenca del Nazas se localizan la presa Lázaro Cárdenas (El Palmito), la de mayor capacidad en el estado y la Francisco Zarco. Después de esta, la corriente del Nazas continúa ya regulada, hacia la región agrícola de La Laguna.

El Río Aguanaval, de alrededor de 500 km, nace en la confluencia de los Ríos Chico y de Los Lazos, en el estado de Zacatecas. Sus principales afluentes están constituidos por los Ríos; Trujillo, Saín Alto, Santiago y por los arroyos de Reyes y Mazamitote. En un largo trayecto sirve de límite entre Durango y Coahuila.

6. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

6.1 Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.

6.1.1 Análisis preliminar de peligros.

El análisis preliminar de peligros del SDGN en la Ciudad de Durango se realizó aplicando la metodología lista de verificación, con dos objetivos principales; el primero cerciorar que el diseño y construcción de las Obras Nuevas vaya acorde a la normatividad vigente aplicable en materia de distribución de gas natural y el segundo identificar los posibles peligros que se puedan presentar durante la operación de Obras Existentes y Obras Nuevas.

Una lista de verificación consiste en un listado de elementos o pasos de procedimiento con la finalidad de verificar el estado de un sistema. Las listas de verificación tradicionales varían ampliamente en el nivel de detalle y se utilizan con frecuencia para indicar el cumplimiento de normas y prácticas recomendadas. El enfoque es fácil de usar y se puede aplicar en cualquier etapa de la vida del proceso.

La lista de verificación puede ser tan extensa como sea necesario para satisfacer la situación específica, pero deben aplicarse concienzudamente para identificar problemas que requieren más atención.

Con frecuencia, las listas de verificación se crean simplemente organizando la información de los códigos, estándares y normas relevantes actuales. En el presente estudio se aplicó una lista de verificación para evaluar el cumplimiento de las Obras Nuevas con la norma NOM-003-ASEA-2016 “Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos”, para ello se retomaron los requisitos aplicables a la etapa de diseño y construcción.

Así mismo, se aplicó una lista de verificación tomando como referencia las categorías de peligros expuestas en el Apéndice C de la NOM-009-ASEA-2017 “Administración de integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos”, esto para tener el panorama preliminar de los riesgos que se puedan presentar durante la operación de del SDGN incluyendo Obras Existentes y Obras Nuevas.

Para la documentación de las listas de verificación se desarrollaron cuatro plantillas, tres para la evaluación de las Obras Nuevas con base en la NOM-003-ASEA-2016 y una para la identificación preliminar de peligros establecidos en la NOM-009-ASEA-2019. La **Figura 47** muestra el formato empleado para la documentación de la técnica.

Compañía:
Ubicación:
Instalación:
Método:
Fecha:
Descripción de proceso:
Sustancia química:
Objetivo:

Lista de verificación

Etapa	No.	Aspecto de Revisión	Sí	No	No Aplica	Comentarios	Recomendación
-------	-----	---------------------	----	----	-----------	-------------	---------------

Figura 47 Plantilla de documentación de lista de verificación.

La plantilla incluye las siguientes columnas:

- Aspecto de revisión: Interrogante retomada de la NOM-003-ASEA-2016 y NOM-009-ASEA-2017 para evaluar su cumplimiento.
- Sí: Respuesta afirmativa a la interrogante evaluada.
- No: Respuesta negativa a la interrogante evaluada.
- No aplica: La interrogante no aplica para el presente Proyecto.
- Comentarios: Columna empleada para generar comentarios a la interrogante evaluada en caso de ser requerido.
- Recomendación: En caso de que se presente algún incumplimiento de la norma se generaron recomendaciones.

Las hojas de trabajo del desarrollo de la metodología se incluyen en el **Anexo G**, para su consulta.

De esta metodología se identificó que ECOGAS cuenta con los mecanismos necesarios para lograr el cumplimiento con lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 aplicables al diseño, construcción, operación y mantenimiento de Obras Nuevas, cabe señalar que la evaluación del cumplimiento en campo del diseño y construcción lo realizará una Unidad Verificadora, integrando toda evidencia en un expediente.

De la lista de verificación basada en la NOM-009-ASEA-2017 se identificaron veinticuatro (24) peligros con potencial de presentarse durante la operación del Sistema de Distribución, estos eventos fueron retomados en análisis cualitativo para identificar sus potenciales causas, consecuencias, salvaguardas y nivel de riesgo asociado para determinar si es necesario o no la implementación de recomendaciones.

6.1.2 Antecedentes de accidentes e incidentes de proyectos e instalaciones similares.

Esta metodología consiste en estudiar los accidentes registrados en el pasado en plantas, instalaciones o procesos que involucren el manejo de sustancias similares o de la misma naturaleza. La principal ventaja radica en que se refiere a accidentes que ya han ocurrido, por lo que el establecimiento de hipótesis de posibles accidentes se basa en casos reales. Esta metodología se basa en diferentes tipos y fuentes de información como son:

- Bibliografía especializada (publicaciones periódicas y libros de consulta).
- Bancos de datos de accidentes informatizados.
- Registro de accidentes de la propia empresa, de asociaciones empresariales o de las autoridades competentes.
- Informes o peritajes realizados normalmente sobre los accidentes más importantes.

Algunos de los factores que se deben considerar al plantear y desarrollar un análisis histórico de accidentes son:

1. Determinar la definición de accidentes a analizar (tipo de accidente).
2. Identificación exacta del accidente (lugar, fecha, sustancias, instalaciones, equipos).
3. Identificar las causas de los accidentes (error humano, fallo de equipo, fallo de diseño).
4. Identificar el alcance de las consecuencias del accidente (letalidad, heridos, daño al ambiente, pérdida de instalaciones o equipos, impacto a la población aledaña).
5. Descripción y valoración de las medidas aplicadas y, si es posible, de las estudiadas para evitar que vuelva a ocurrir el accidente.

ECOGAS cumple con la obligación de reportar anualmente la ocurrencia de eventos de fuga ante la Comisión Reguladora de Energía y la Agencia de Seguridad, Energía y Medio Ambiente (ASEA) para el Sistema de Distribución de Gas Natural de Durango. De acuerdo con el historial de los últimos tres años, no se han presentado eventos de fuga en el sistema, por lo que el presente análisis se realizará con bases de datos y fuentes periodísticas nacionales e internacionales.

El **MHIDAS** (*Major Hazard Incident Data Service*) es una base de datos inglesa que contiene los incidentes de mayor impacto público ocurridos en 95 países alrededor del mundo y particularmente en USA, Canadá, Alemania, Francia e India.

En un estudio realizado por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) que utiliza la base de datos MHIDAS, se encuentra el historial de accidentes sobre explosiones del periodo comprendido entre los años 1915 a 2005, donde se observa que México ha presentado 62 registros lo que representa un 2.1% del total de accidentes referidos.

Por otro lado, en lo que respecta a la sustancia involucrada, el gas natural se ubica en el segundo lugar con el 11.3% de los registros compilados.

A partir de lo anterior y con motivo del presente estudio, se efectuó la consulta a esta base de datos para el manejo de gas natural encontrándose que se tienen registrados 33 accidentes en un periodo de 36 años.

A partir de la información disponible, se establece que descartando las situaciones donde las causas del accidente no son reportadas (54.5%), el porcentaje más alto de causas de los accidentes se deben

al factor humano, con un 21%, mientras que los impactos corresponden al 15% de las causas de los accidentes reportados.

Por lo que se refiere a las consecuencias, el valor más alto corresponde a las lesiones (48%), siguiendo los accidentes con nulas consecuencias (42%) y el porcentaje de accidentes donde se presentan fatalidades alcanza el 30%. Por las características de inflamabilidad y explosividad del gas natural, los mayores peligros son los de incendio y/o explosión.

De acuerdo con fuentes periodísticas y la base de datos de la PROFEPA se tienen los siguientes reportes de accidentes relacionados con el manejo de gas natural en México.

Tabla 27 Antecedentes de accidentes e incidentes.

No.	Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento	Causas del accidente o incidente	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
1	2018	León, Guanajuato	Tubería	Gas Natural	Ruptura de tubería de gas	Maniobras de excavación	Tres personas lesionadas	No disponible.	Milenio
2	2017	Ciudad de México	Tubería de transmisión	Gas Natural	Fuga de tubería de 2"	Fuga	Daño a dos departamentos, un poste de luz y un automóvil	Se evacuó el área afectada.	PROFEPA
3	2015	Ciudad de México	Tubería de suministro	Gas natural	Fuga con explosión	Fuga continua	Una fatalidad Dos lesionados permanentes Una persona herida	Atención de elementos de emergencia.	PROFEPA
4	2015	Ciudad de México	Tubería de suministro	Gas natural	Fuga continua	Golpe externo	Lesiones leves Evacuación de población	Control por elementos de emergencia (bomberos)	PROFEPA
5	2014	Monterrey	Tubería de suministro	Gas natural	Fuga masiva	Incendio	Afectaciones de suministro Daños en instalaciones públicas	Atención de elementos de emergencia (Bomberos, protección Civil, Ejército).	PROFEPA
6	2010	Texas, Estados Unidos	Líneas de distribución	Gas natural	Fuga con incendio	Perforación para instalación de una línea eléctrica.	Una fatalidad y 6 heridos.	Se tardó un aproximado de 2 horas en apagar el fuego.	MHIDAS
7	2010	San Bruno, California, Estados Unidos	Tuberías de transmisión	Gas natural	Fuga	Ruptura	Ocho fatalidades, 38 viviendas destruidas y daños en otras 70 viviendas	Se evacuó el área afectada y se cerraron las válvulas de tubería 1 hora y media después	LA Times

Tabla 27 Antecedentes de accidentes e incidentes.

No.	Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento	Causas del accidente o incidente	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
8	1995	Monclova	Ducto de transporte	Gas natural	Fuga (50 m ³)	Activación de válvula de seguridad en estación de regulación	No hubo afectaciones	Recalibración de válvula de seguridad	PROFEPA
9	1994	Coahuila	Red de distribución	Gas natural	Fuga continua	Explosión externa	Dos heridos	Renovación de tuberías, reparación de medidores, evaluación del área afectada.	PROFEPA
10	1994	Nuevo León	Centro de Regulación	Gas natural	Fuga	Fuga masiva en mantenimiento por purga de válvula de salida	Evacuación de población (100 m a la redonda) Suspensión de tráfico en vías aledañas	Reubicación del centro de regulación	PROFEPA

Análisis: INERCO Consultoría México, 2021.

Del análisis del histórico de accidentes e incidentes se puede observar que el evento principal son las pérdidas de contención de gas natural, las causas identificadas se pueden dividir en dos grupos principales siendo:

- Factores internos: Fallas en el mantenimiento, fallo de dispositivos, errores humanos; etc.
- Factores externos: Golpes o daños originados por terceros.

Los eventos tienen como consecuencia fuga de gas natural con y sin ignición. Esto debe recalcar la importancia de contar con medidas preventivas y asegurar su correcto cumplimiento para evitar que se presenten los eventos generados por factores internos. En cuanto a los factores externos como lo son los golpes externos, a pesar de no tener un control total para prevenir su ocurrencia es de suma importancia que el Plan de Respuesta a Emergencias contemple procedimientos claros y específicos de atención a eventos de fuga que ayuden a reducir el tiempo de atención y así la severidad de las consecuencias.

Para la prevención de los eventos identificados en el presente análisis ECOGAS cuenta con las siguientes medidas:

- Vigilancia del sistema de distribución.
- Señalización.
- Recorrido para el monitoreo y detección de fugas en el sistema de distribución.
- Monitoreo de intensidad de olor.

- Control de corrosión externa en tubería de acero enterrada.
- Inspección visual.
- Mantenimiento al sistema de regulación.
- Mantenimiento al sistema de medición.
- Mantenimiento al sistema de protección catódica.

La descripción a detalle de cada una se encuentra en el **Apartado 10.2** del presente estudio.

6.1.3 Identificación de peligros y de escenarios de riesgo.

Cada metodología de análisis de riesgos tiene sus fortalezas y debilidades, la selección de la metodología adecuada depende de los siguientes factores:

- Motivo del estudio: Esta categoría es la más importante, corresponde a cuál es el ímpetu para realizar el análisis.
- Información disponible: Hay dos condiciones que definen la información disponible, la primera es la etapa en el ciclo de vida en que se encuentra la instalación, y la segunda la calidad y actualización de la documentación.
- Resultados requeridos: Dependiendo del motivo del análisis, se debe definir el tipo de información requerida para satisfacer el objetivo del estudio.

La **Tabla 28** muestra los usos típicos de metodologías con base en la etapa del ciclo de vida en la que se encuentra el proyecto o instalación.

Tabla 28 Usos típicos de metodologías de análisis de riesgos.

Ciclo de vida / Metodología recomendada	Revisión de seguridad.	Lista de Verificación	¿Qué pasa sí?	¿Qué pasa sí? / Lista de verificación	HAZOP	FMEA	FT	ET	CAA	HRA
Diseño conceptual		X	X	X						
Operación de planta piloto		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniería a detalle.		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción	X	X	X	X						X
Operación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ampliación o modificación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Investigación de accidentes			X		X	X	X	X	X	X
Decomisionamiento	X	X	X	X						

FMEA: Análisis de modos de falla y efectos; FT: Árboles de falla; ET: Árboles de eventos; CAA: Análisis causa consecuencia; HRA: Análisis de confiabilidad humana.

Fuente: Guías para los procedimientos de evaluación de riesgos, 2da edición, CCPS.

A continuación, se realiza una descripción de la metodología empleada, premisas, consideraciones y sus resultados.

6.1.3.1 Descripción de la metodología.

La metodología de análisis ¿Qué pasa sí...? tiene el enfoque de una lluvia de ideas en la cual el grupo multidisciplinario familiarizado con el proceso formula preguntas o manifiesta preocupaciones acerca de posibles eventos indeseados.

El propósito de esta metodología es identificar peligros, situaciones peligrosas o eventos de accidentes específicos que pueden producir una consecuencia indeseable. El grupo multidisciplinario identifica las posibles situaciones de accidente, sus consecuencias y las medidas de seguridad existentes, para así poder sugerir alternativas de reducción de riesgos.

El análisis ¿Qué pasa si...? es muy flexible, puede ser realizado en cualquier etapa de la vida del proceso usando la información que se tenga disponible.

En la **Figura 48** se muestra la secuencia para el desarrollo de la metodología ¿Qué pasa sí...?

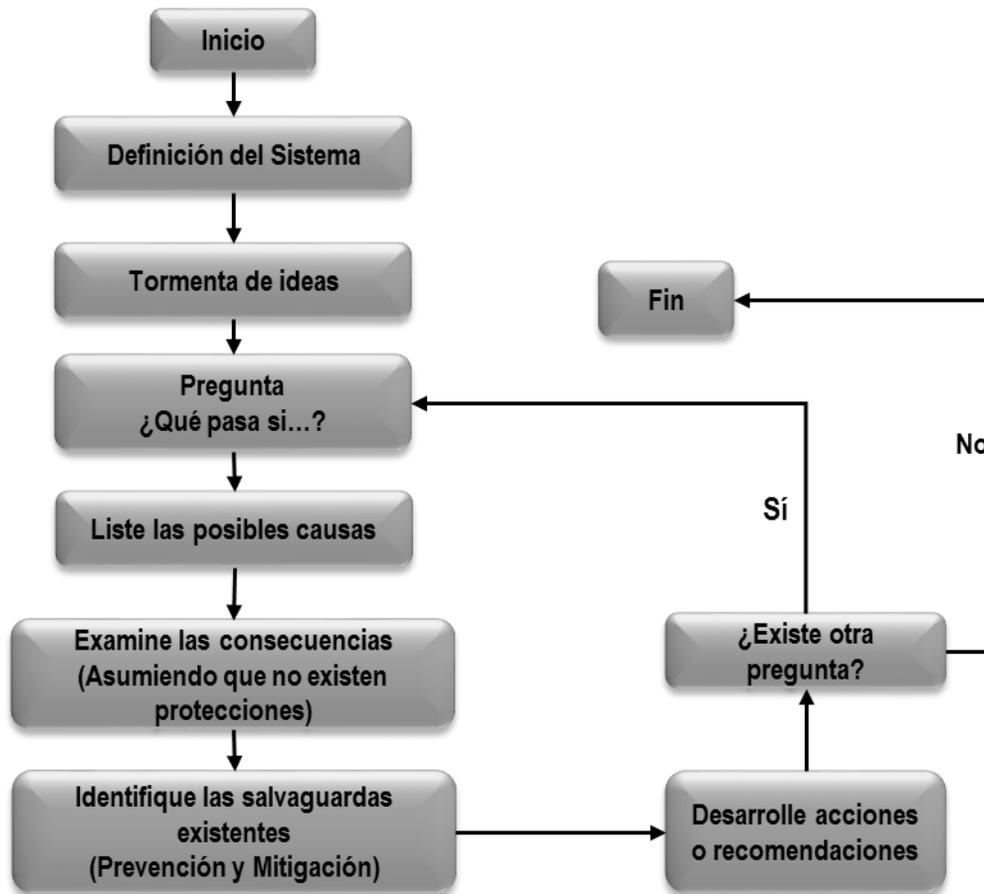


Figura 48 Diagrama de flujo para el desarrollo de la metodología ¿Qué pasa si...?

6.1.3.2 Premisas, consideraciones y criterios aplicados.

Las premisas, consideraciones y criterios aplicados se enlistan a continuación:

- Las Obras Existentes se analizarán de manera individual por tipo de tubería y se generará un sistema independiente para análisis de la City Gate Durango.
- La selección de sistemas para la identificación de riesgos de las Obras Nuevas se definió utilizando como base la información proporcionada por ECOGAS, tipificando tuberías por diámetro representativo y material. Por material se dividieron en polietileno de alta densidad, poliamida y acero, en cuanto a los diámetros se seleccionó el mayor (12”), intermedio (6”) y menor (2”), considerando que al evaluar el diámetro mayor de 12” se abarcarán los de 10” y 8” y al evaluar el intermedio de 6” podremos tener referencia de las afectaciones generadas por el de 4” de diámetro.
- Identificación de causas únicamente dentro del sistema que se esté analizando; exceptuando límites del subsistema analizado.
- Identificación de consecuencias en cualquier sección del proceso.

- Se identificaron consecuencias que inciden directamente en daños al personal, efecto en la población, impacto ambiental, pérdida de producción y daños a la instalación. En los casos en los que se identificaron consecuencias sin afectación se indicaron como: sin consecuencias para la seguridad.
- Los fallos de salvaguardas no se consideran una causa.

6.1.3.3 Desarrollo de la metodología.

El desarrollo de la identificación de riesgos mediante la metodología ¿Qué pasa sí...?, se llevó a cabo el día 13 de agosto de 2021 vía remota, para esto se integró un grupo multidisciplinario conformado por personal de las diferentes áreas operativas del SDGN en la Ciudad de Durango y personal especialista en la conducción de las técnicas de identificación de INERCO, quedando integrado como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 29 Integrantes del grupo multidisciplinario.

Nombre	Área	Compañía
Miguel Ponce	Gerente Sr. de Desarrollo y Expansión	ECOGAS /IEnova
Tirso Robles	Gerente de Producción e Ingeniería	ECOGAS /IEnova
Mario Perea	Subgerente de Ingeniería	ECOGAS /IEnova
Alonso Garza	Gerente de Operación y Mantenimiento	ECOGAS /IEnova
Ariana Martínez	Supervisor ambiental y social	ECOGAS /IEnova
José Alberto Pérez Osorio	Líder ¿Qué pasa sí...?	INERCO

La lista de asistencia se encuentra en el **Anexo H** disponible para su consulta.

Por la dimensión del SDGN en la Ciudad de Durango, este se dividió en quince (15) sistemas mismos que se definieron con base la información proporcionada por ECOGAS y los criterios marcados en el **Apartado 6.1.3.2**, quedando como se muestra en la tabla:

Tabla 30 Sistemas analizados.

Sistema	Tipo de Obra	Código de color	Descripción	Diagrama de referencia
Sistema 1	Obra Existente		City Gate Durango	CODGO-2021-E Rev. 1
Sistema 2	Obra Existente		Tramo Durango de acero de 10", 4" y 2"	Red de distribución Durango Rev. 1
Sistema 3	Obra Existente		Ductos de polietileno de alta densidad de 2" con longitud de 19378.80 km	MIA Durango Red ECOGAS (Sin código)
Sistema 4	Obra Existente		Ductos de polietileno de alta densidad de 4" con longitud de 4525.55 km	
Sistema 5	Obra Existente		Ductos de polietileno de alta densidad de 6" con longitud de 17688.01 km	
Sistema 6	Obra Nueva		Ducto de polietileno de alta densidad de 2"	Zona Geográfica Proyecto Sistema

Tabla 30 Sistemas analizados.

Sistema	Tipo de Obra	Código de color	Descripción	Diagrama de referencia
Sistema 7	Obra Nueva		Ducto de polietileno de alta densidad de 6"	de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango. (Sin código)
Sistema 8	Obra Nueva		Ducto de polietileno de alta densidad de 12"	
Sistema 9	Obra Nueva		Ducto de poliamida de 2"	
Sistema 10	Obra Nueva		Ducto de poliamida de 6"	
Sistema 11	Obra Nueva		Ducto de poliamida de 12"	
Sistema 12	Obra Nueva		Ducto de acero de 2"	
Sistema 13	Obra Nueva		Ducto de acero de 6"	
Sistema 14	Obra Nueva		Ducto de acero de 12"	
Sistema 15	Obra Nueva		Cuatro (04) Estaciones de Regulación y Medición Distritales	ERM Tipo Distrital (Sin código)

Como apoyo en la aplicación de la técnica, el alcance de cada sistema fue identificado en los planos mediante un código de colores, de acuerdo con lo señalado en la **Tabla 30**. En el **Anexo B** están incluidos los planos de referencia; mismos que fueron proporcionados al personal participante en las sesiones de identificación y jerarquización de riesgos.

La documentación del análisis ¿Qué pasa sí...? se realizó en el programa PHA Works. El formato utilizado se muestra en la **Figura 25**.

Sesión												
Sistema:												
Intención:												
INTERROGANTE	CAUSAS	CONSECUENCIAS	CAT	F	C	RI	SALVAGUARDAS	F	C	RO	RECOMENDACIONES	RESPONSABLE

Figura 49 Formato de documentación ¿Qué pasa sí...?

Para el llenado de la información solicitada en el formato de ¿Qué pasa sí...?, se consideraron las siguientes definiciones:

Tabla 31. Términos de la hoja de trabajo ¿Qué pasa sí...?

Termino	Definición
Sistema:	Sección o partes funcionales, claramente localizados, en los cuales se divide un proceso para ser analizado, a efecto de determinar e identificar los riesgos a los procesos de forma metódica y sencilla.
Intención:	Representa las características o función para la cual fue diseñado el proceso o sistema.
Interrogante:	Tiene la intención de motivar el análisis, casi siempre inicia con la frase ¿Qué pasa sí...?
Causa:	Indica la causa para que se pueda generar el evento descrito en la interrogante.
Consecuencia:	Resultados o afectaciones, por la presencia del evento descrito en la interrogante.
Salvaguardas:	Representan las bondades y flexibilidad del proceso con fundamento en sistemas de ingeniería o controles administrativos, que previenen las causas o reducen las consecuencias.

Tabla 31. Términos de la hoja de trabajo ¿Qué pasa sí...?

Termino	Definición
Recomendaciones:	Representan las adecuaciones en materia de ingeniería, cambios en la filosofía del proceso, derivadas del consenso multidisciplinario.
Responsable	Personal o área encargada de implementar las recomendaciones.

El formato de trabajo también incluye las columnas “F” de frecuencia y “C” correspondiente a la severidad de las consecuencias en los rubros evaluados (daño al personal, efecto en la población, impacto ambiental y pérdida de producción/daño a la instalación).

El riesgo inherente (RI) consiste en definir la frecuencia y consecuencia sin acción de las salvaguardas; en tanto que el riesgo operativo (RO) contempla la influencia de salvaguardas en acción plena.

Las hojas de trabajo de la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí...? se encuentran en el **Anexo H**.

Cada par causa consecuencia identificado y documentado mediante la aplicación de la técnica ¿Qué pasa sí...? conforma un escenario de riesgo, integrando para el SDGN en la Ciudad de Durango un catálogo de doscientos cuarenta (240) escenarios enlistados en el **Anexo H**.

La clave asignada a cada escenario está formada por cuatro (04) caracteres, el primer dígito se refiere al número de sistema analizado, el segundo dígito corresponde a la interrogante, el tercer número a la causa y el cuarto número a su consecuencia.

6.1.4 Jerarquización de escenarios de riesgo.

El riesgo es definido como el producto de la frecuencia de ocurrencia de un evento por la magnitud de sus consecuencias, partiendo de esta definición para clasificar los riesgos identificados con metodología ¿Qué pasa sí...? se empleó la matriz de riesgo corporativa de IEnova incluida en el procedimiento interno “Procedimiento de Análisis de Riesgo” Rev. 0, y mostrada a continuación.

		Consecuencia					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencia	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	C	B	B	A	A
	4	D	C	C	B	B	A
	3	D	C	C	C	B	A
	2	D	D	C	C	C	B
	1	D	D	D	D	C	C

Fuente: Procedimiento de Análisis de Riesgo, Manual SASISOPA Sección 4.2. IENOVA.

Figura 50 Matriz de jerarquización de riesgos.

Esta matriz considera seis (06) categorías de frecuencia y seis (06) categorías de severidad de las consecuencias, mismas que se describen en la **Tabla 32** y **Tabla 33** respectivamente.

Tabla 32 Categorías de frecuencia.

Clasificación	Categoría	Descripción de la Frecuencia de Ocurrencia	Frecuencia / año
F6	Muy Frecuente	Ocurre una o más veces en un año	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 100$)
F5	Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años	>0.2 a ≤ 1.0 ($>2 \times 10^{-1}$ a $\leq 1 \times 100$)
F4	Poco Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años	>0.1 a ≤ 0.2 ($>1 \times 10^{-1}$ a $\leq 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 10 años	>0.01 a ≤ 0.1 ($>1 \times 10^{-2}$ a $\leq 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la Instalación.	>0.001 a ≤ 0.01 ($>1 \times 10^{-3}$ a $\leq 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	>0.0001 a ≤ 0.001 ($>1 \times 10^{-4}$ a $\leq 1 \times 10^{-3}$)

Fuente: Procedimiento de Análisis de Riesgo, Manual SASISOPA Sección 4.2. IENOVA.

Tabla 33 Categoría de consecuencias.

Categoría de consecuencia (Impacto)	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida o diferimiento de producción [USD]	Daños a la instalación [USD]
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	$>500'000,000$	$>500'000,000$
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	$>50'000,000$ a $500'000,000$	$>50'000,000$ a $500'000,000$

Tabla 33 Categoría de consecuencias.

Categoría de consecuencia (Impacto)	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida o diferimiento de producción [USD]	Daños a la instalación [USD]
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generar de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	5'000,000 a 50'000,000	5'000,000 a 50'000,000
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

Fuente: Procedimiento de Análisis de Riesgo, Manual SASISOPA Sección 4.2. IENOVA.

6.1.4.1 Premisas, consideraciones y criterios aplicados

Para la jerarquización de riesgos se consideraron las siguientes premisas, consideraciones y criterios:

- Con base en la experiencia del Grupo Multidisciplinario y la ocurrencia de eventos similares que se hubiesen presentado, se realizó la ponderación de riesgos sin considerar la acción de las salvaguardas (Riesgo Inherente) y considerando salvaguardas (Riesgo Operativo), evaluando la posible afectación hacia la seguridad de las personas, ambiente, negocio e imagen.

- Para la ponderación de riesgos se realizó técnica matricial, empleando categorías de frecuencias y consecuencias descritas, así como la matriz de riesgos corporativa de IEnova, contemplando los cuatro rubros de afectación (daño al personal, efecto en la población, impacto ambiental y pérdida de producción/daño a la instalación).

6.1.4.2 Resultados de la jerarquización de escenarios de riesgos.

Los doscientos cuarenta (240) escenarios de riesgo identificados mediante ¿Qué pasa sí...? correspondientes al SDGN en la Ciudad de Durango, fueron valorados en primera instancia sin considerar las salvaguardas (riesgo inherente), y como paso posterior se realizó la valoración considerando las salvaguardas en acción plena (riesgo operativo), a continuación, en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* se presenta la jerarquización de escenarios de riesgo identificados y el resumen de resultados a manera de estadística.

Jerarquización del riesgo inherente.

La **Figura 51** muestra la distribución de escenarios identificados en cada rubro evaluado sin considerar la acción de las salvaguardas.

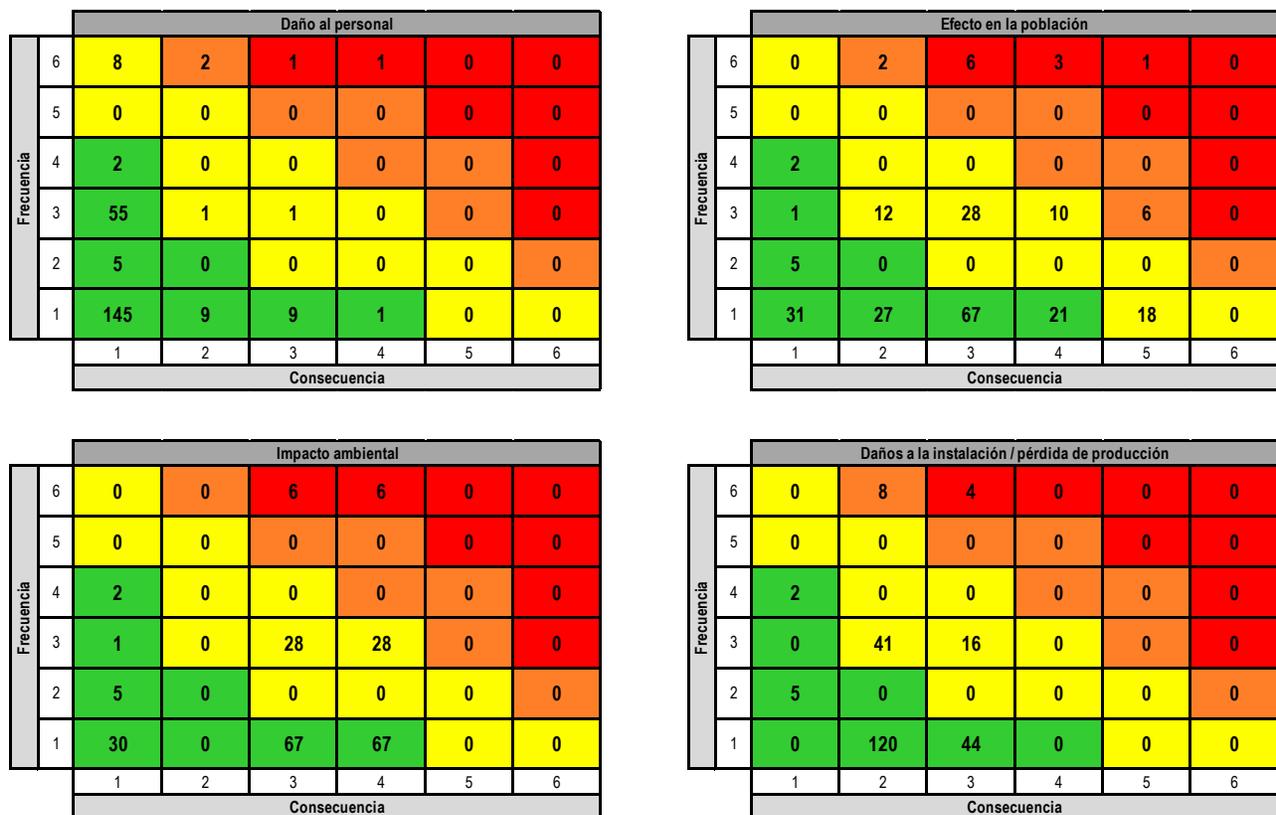


Figura 51 Distribución de escenarios de riesgo inherente.

En la **Tabla 34** se presenta el resumen del número de escenarios de riesgo para cada receptor, así como su correspondiente porcentaje, para cada una de las regiones de riesgos.

Tabla 34 Agrupación de escenarios de riesgo inherente.

Rubro	Región de Riesgo Inherente				Total
	A	B	C	D	
Daño al personal	2	2	10	226	240
	1%	1%	4%	94%	100%
Efecto en la población	10	8	68	154	240
	4%	3%	28%	64%	100%
Impacto ambiental	12	0	56	172	240
	5%	0%	23%	72%	100%
Daños a la instalación / pérdida de producción	4	8	57	171	240
	2%	3%	24%	71%	100%

En la **Figura 52** se presentan gráficamente la proporción de las regiones de riesgo para cada uno de los receptores evaluados.

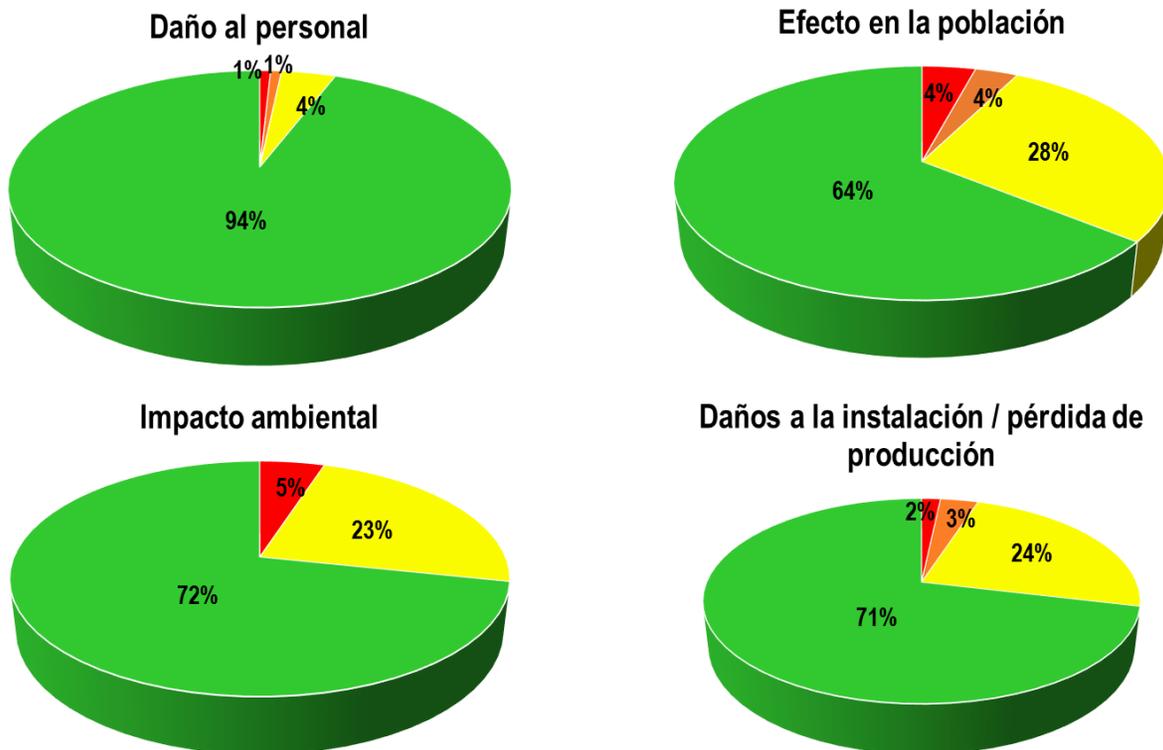


Figura 52 Gráficas de escenarios de riesgo inherente por receptor evaluado.

Como se puede observar en los gráficos anteriores, los cuatro rubros evaluados presentan escenarios de riesgo inherente no tolerable (Tipo A) e indeseable (Tipo B), esto debido a las características de inflamabilidad que presenta el gas natural que puede derivar en un incendio y/o explosión, lo que genera que se otorgue un mayor valor a la severidad de las consecuencias.

Jerarquización del riesgo operativo.

A partir de la ponderación de riesgos asignada considerando el efecto de las salvaguardas consideradas en el SDGN, lo cual fue realizado de manera cualitativa por el grupo multidisciplinario, en la **Figura 53** se presentan las matrices con los escenarios distribuidos considerando la acción plena de las salvaguardas.

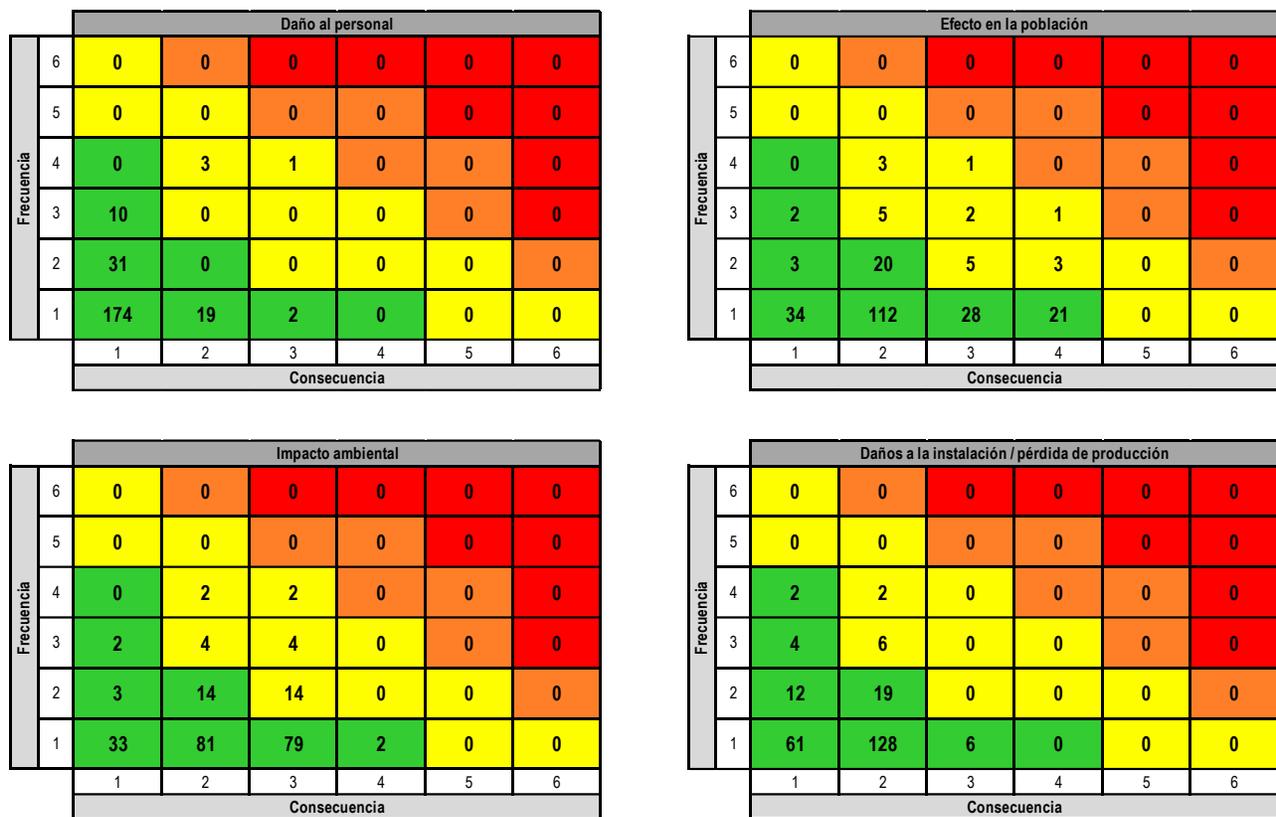


Figura 53 Distribución de escenarios de riesgo operativo.

La agrupación de los escenarios de riesgo evaluados, se muestra en la **Tabla 35**.

Tabla 35 Agrupación de escenarios de riesgo operativo.

Rubro	Región de Riesgo Operativo				Total
	A	B	C	D	
Daño al personal	0	0	4	236	240
	0%	0%	2%	98%	100%

Tabla 35 Agrupación de escenarios de riesgo operativo.

Rubro	Región de Riesgo Operativo				Total
	A	B	C	D	
Efecto en la población	0	0	20	220	240
	0%	0%	8%	92%	100%
Impacto ambiental	0	0	26	214	240
	0%	0%	11%	89%	100%
Daños a la instalación / pérdida de producción	0	0	8	232	240
	0%	0%	3%	97%	100%

En la **Figura 54** se presentan gráficamente la proporción de las regiones de riesgo evaluado.

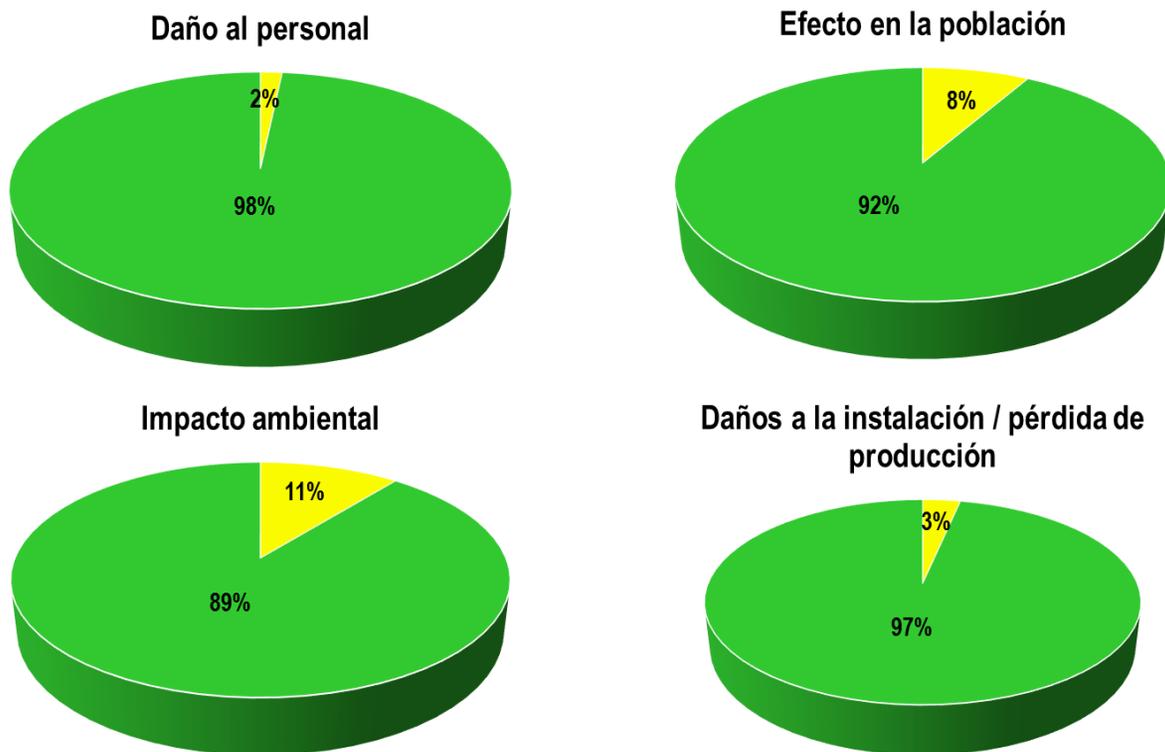


Figura 54 Gráficas de escenarios de riesgo inherente por receptor evaluado.

En el gráfico anterior se puede observar que; una vez evaluados los escenarios con la acción de las salvaguardas todos tienden a ubicarse en región de riesgo aceptable con controles (Tipo C) y tolerable (Tipo D), lo que nos indica que el SDGN en la Ciudad de Durango tiene consideradas las medidas de prevención y mitigación suficientes para administrar la seguridad en niveles tolerables.

6.2 Análisis cuantitativo de riesgo.

A partir de la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí...? se identificaron doscientos cuarenta (240) escenarios de riesgo de los cuales, doscientos uno (201) están asociados a la liberación de gas natural, por esta razón y sus potenciales consecuencias a la seguridad, se optó por aplicarles las técnicas de análisis cuantitativo.

Posterior a la selección escenarios, se agruparon de acuerdo con las características de evaluación similares, generándose así una serie de eventos.

La **Tabla 36** muestra la relación de escenarios seleccionados para el análisis cuantitativo agrupados por evento. La clave asignada corresponde a la letra E (Evento), seguida de un número consecutivo. La tabla también muestra la clave de los escenarios asociados, tipo de caso y su nivel de riesgo inherente.

Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.

No.	Clave del escenario asociado	Descripción de escenario identificado	Nivel de riesgo inherente	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación o ducto	Sustancia involucrada
E01	1.3.1.1, 1.3.1.2	Ruptura total de línea de 6" dentro de la City Gate Durango debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	D	1. City Gate Durango (Obra Existente).	City Gate Durango	Gas natural
E02	1.4.1.1, 1.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en línea de 6" dentro de la City Gate Durango originada por corrosión.	A	1. City Gate Durango (Obra Existente).	City Gate Durango	Gas natural
E03	2.1.1.1, 2.2.2.1	Fuga por un orificio de 2" en el tramo Durango de acero de 10" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	2. Tramo Durango de acero de 10", 4" y 2" (Obra Existente).	Tramo Durango de acero de 10"	Gas natural
E04	2.2.1.1, 2.2.1.2	Ruptura total de tramo Durango de acero de 10" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	2. Tramo Durango de acero de 10", 4" y 2" (Obra Existente).	Tramo Durango de acero de 10"	Gas natural
E05	2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.4.1.1, 2.4.1.2	Fuga por un orificio de 2" en tramo Durango de 10" originada por corrosión externa o erosión.	A	2. Tramo Durango de acero de 10", 4" y 2" (Obra Existente).	Tramo Durango de acero de 10"	Gas natural
E06	3.1.1.1, 3.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	3. Ductos de polietileno de alta densidad de 2" con longitud de 19378.80 km (Obra existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 2"	Gas natural
E07	3.2.1.1, 3.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	3. Ductos de polietileno de alta densidad de 2" con longitud de 19378.80 km (Obra existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 2"	Gas natural
E08	3.3.1.1, 3.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por erosión.	C	3. Ductos de polietileno de alta densidad de 2" con longitud de 19378.80 km (Obra existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 2"	Gas natural

Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.

No.	Clave del escenario asociado	Descripción de escenario identificado	Nivel de riesgo inherente	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación o ducto	Sustancia involucrada
E09	4.1.1.1, 4.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	4. Ductos de polietileno de alta densidad de 4" con longitud de 4525.55 km (Obra Existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 4"	Gas natural
E10	4.2.1.1, 4.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	4. Ductos de polietileno de alta densidad de 4" con longitud de 4525.55 km (Obra Existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 4"	Gas natural
E11	4.3.1.1, 4.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" originada por erosión.	C	4. Ductos de polietileno de alta densidad de 4" con longitud de 4525.55 km (Obra Existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 4"	Gas natural
E12	5.1.1.1, 5.1.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	5. Ductos de polietileno de alta densidad de 6" con longitud de 17688.01 km (Obra Existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 6"	Gas natural
E13	5.2.1.1, 5.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	5. Ductos de polietileno de alta densidad de 6" con longitud de 17688.01 km (Obra Existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 6"	Gas natural
E14	5.3.1.1, 5.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por erosión.	C	5. Ductos de polietileno de alta densidad de 6" con longitud de 17688.01 km (Obra Existente).	Ductos de polietileno de alta densidad de 6"	Gas natural
E15	6.1.1.2, 6.1.1.3, 6.1.2.2, 6.1.2.3, 6.1.3.2, 6.1.3.3, 6.2.1.1, 6.2.1.2, 6.5.1.1, 6.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	C	6. Ducto de polietileno de alta densidad de 2" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 2"	Gas natural

Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.

No.	Clave del escenario asociado	Descripción de escenario identificado	Nivel de riesgo inherente	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación o ducto	Sustancia involucrada
E16	6.3.1.1, 6.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	6. Ducto de polietileno de alta densidad de 2" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 2"	Gas natural
E17	6.4.1.1, 6.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	6. Ducto de polietileno de alta densidad de 2" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 2"	Gas natural
E18	7.1.1.2, 7.1.1.3, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.1.3.2, 7.1.3.3, 7.2.1.1, 7.2.1.2, 7.5.1.1, 7.5.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	C	7. Ducto de polietileno de alta densidad de 6" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 6"	Gas natural
E19	7.3.1.1, 7.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	7. Ducto de polietileno de alta densidad de 6" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 6"	Gas natural
E20	7.4.1.1, 7.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	7. Ducto de polietileno de alta densidad de 6" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 6"	Gas natural
E21	8.1.1.2, 8.1.1.3, 8.1.2.2, 8.1.2.3, 8.1.3.2, 8.1.3.3, 8.2.1.1, 8.2.1.2, 8.5.1.1, 8.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	B	8. Ducto de polietileno de alta densidad de 12" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 12"	Gas natural
E22	8.3.1.1, 8.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	B	8. Ducto de polietileno de alta densidad de 12" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 12"	Gas natural

Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.

No.	Clave del escenario asociado	Descripción de escenario identificado	Nivel de riesgo inherente	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación o ducto	Sustancia involucrada
E23	8.4.1.1, 8.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	C	8. Ducto de polietileno de alta densidad de 12" (Obra Nueva).	Ductos de polietileno de alta densidad de 12"	Gas natural
E24	9.1.1.2, 9.1.1.3, 9.1.2.2, 9.1.2.3, 9.1.3.2, 9.1.3.3, 9.2.1.1, 9.2.1.2, 9.5.1.1, 9.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	C	9. Ducto de poliamida de 2" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 2"	Gas natural
E25	9.3.1.1, 9.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	9. Ducto de poliamida de 2" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 2"	Gas natural
E26	9.4.1.1, 9.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	9. Ducto de poliamida de 2" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 2"	Gas natural
E27	10.1.1.2, 10.1.1.3, 10.1.2.2, 10.1.2.3, 10.1.3.2, 10.1.3.3, 10.2.1.1, 10.2.1.2, 10.5.1.1, 10.5.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	C	10. Ducto de poliamida de 6" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 6"	Gas natural
E28	10.3.1.1, 10.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	10. Ducto de poliamida de 6" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 6"	Gas natural
E29	10.4.1.1, 10.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	10. Ducto de poliamida de 6" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 6"	Gas natural

Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.

No.	Clave del escenario asociado	Descripción de escenario identificado	Nivel de riesgo inherente	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación o ducto	Sustancia involucrada
E30	11.1.1.2, 11.1.1.3, 11.1.2.2, 11.1.2.3, 11.1.3.2, 11.1.3.3, 11.2.1.1, 11.2.1.2, 11.5.1.1, 11.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	B	11. Ducto de poliamida de 12" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 12"	Gas natural
E31	11.3.1.1, 11.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	B	11. Ducto de poliamida de 12" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 12"	Gas natural
E32	11.4.1.1, 11.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	C	11. Ducto de poliamida de 12" (Obra Nueva).	Ducto de poliamida de 12"	Gas natural
E33	12.1.1.2, 12.1.1.3, 12.1.2.2, 12.1.2.3, 12.1.3.2, 12.1.3.3, 12.2.1.1, 12.2.1.2, 12.2.2.1, 12.2.2.2, 12.2.3.1, 12.2.3.2, 12.6.1.1, 12.6.1.2, 12.7.1.1, 12.7.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	A	12. Ducto de acero de 2" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 2"	Gas natural
E34	12.3.1.1, 12.3.1.2, 12.4.1.1, 12.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	12. Ducto de acero de 2" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 2"	Gas natural
E35	12.5.1.1, 12.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	12. Ducto de acero de 2" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 2"	Gas natural

Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.

No.	Clave del escenario asociado	Descripción de escenario identificado	Nivel de riesgo inherente	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación o ducto	Sustancia involucrada
E36	13.1.1.2, 13.1.1.3, 13.1.2.2, 13.1.2.3, 13.1.3.2, 13.1.3.3, 13.2.1.1, 13.2.1.2, 13.2.2.1, 13.2.2.2, 13.2.3.1, 13.2.3.2, 13.6.1.1, 13.6.1.2, 13.7.1.1, 13.7.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	A	13. Ducto de acero de 6" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 6"	Gas natural
E37	13.3.1.1, 13.3.1.2, 13.4.1.1, 13.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	13. Ducto de acero de 6" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 6"	Gas natural
E38	13.5.1.1, 13.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	D	13. Ducto de acero de 6" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 6"	Gas natural
E39	14.1.1.2, 14.1.1.3, 14.1.2.2, 14.1.2.3, 14.1.3.2, 14.1.3.3, 14.2.1.1, 14.2.1.2, 14.2.2.1, 14.2.2.2, 14.2.3.1, 14.2.3.2, 14.6.1.1, 14.6.1.2, 14.7.1.1, 14.7.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	A	14. Ducto de acero de 12" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 12"	Gas natural
E40	14.3.1.1, 14.3.1.2, 14.4.1.1, 14.4.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	B	14. Ducto de acero de 12" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 12"	Gas natural
E41	14.5.1.1, 14.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	C	14. Ducto de acero de 12" (Obra Nueva).	Ducto de acero de 12"	Gas natural

Tabla 36 Eventos a evaluar en análisis cuantitativo.

No.	Clave del escenario asociado	Descripción de escenario identificado	Nivel de riesgo inherente	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación o ducto	Sustancia involucrada
E42	15.1.1.2, 15.1.1.3, 15.1.2.2, 15.1.2.3, 15.1.3.2, 15.1.3.3, 15.2.1.1, 15.2.1.2, 15.2.2.1, 15.2.2.2, 15.2.3.1, 15.2.3.2, 15.7.1.1, 15.7.1.2, 15.10.1.1, 15.10.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	A	15. Estaciones de Regulación y Medición Distritales (Obra Nueva).	Estaciones de Regulación y Medición Distritales	Gas natural
E43	15.3.1.1, 15.3.1.2, 15.4.1.1, 15.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	C	15. Estaciones de Regulación y Medición Distritales (Obra Nueva).	Estaciones de Regulación y Medición Distritales	Gas natural
E44	15.6.1.1, 15.6.1.2	Ruptura total de línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación distrital debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	D	15. Estaciones de Regulación y Medición Distritales (Obra Nueva).	Estaciones de Regulación y Medición Distritales	Gas natural

6.2.1 Análisis de frecuencias.

El análisis cuantitativo de frecuencias se realizó con la metodología árboles de eventos, esto para poder determinar la probabilidad y frecuencia de ocurrencia de cada tipo de consecuencia esperada. La descripción de la metodología, premisas, consideraciones, desarrollo y resultados se presentan a continuación.

6.2.1.1 Descripción de la metodología.

Esta metodología proporciona un análisis de la evolución de los posibles eventos o salidas, además de una estimación de la probabilidad de cada evento. Los dos factores principales que definen la secuencia en el árbol de eventos para la liberación de sustancias inflamables son la probabilidad de ignición y la frecuencia de fallo inicial.

El árbol de eventos es un método que describe de forma cuantitativa la evaluación de un suceso iniciador hasta sus consecuencias finales (Ver **Figura 55**).

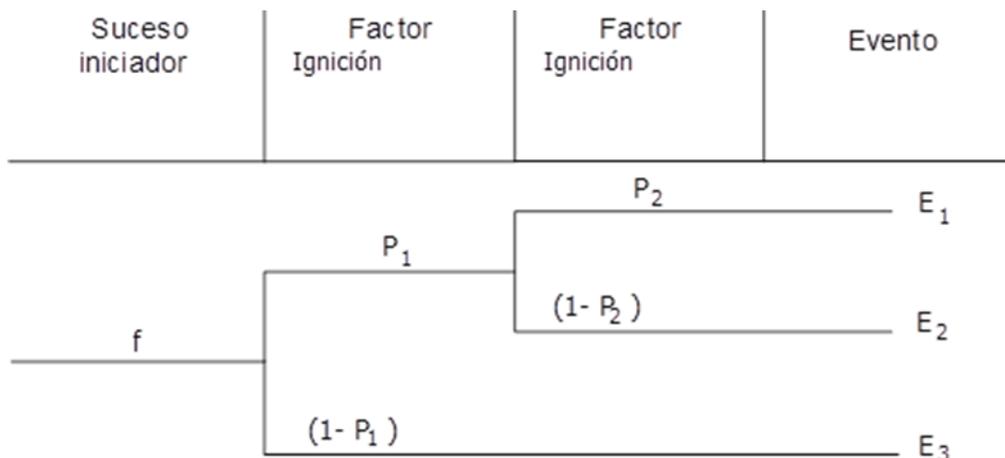


Figura 55 Diagrama tipo de árbol de eventos.

Dónde:

f = frecuencia del suceso iniciador

P_i = probabilidad de ocurrencia (éxito) del suceso i

$1 - P_i$ = probabilidad de no ocurrencia (fallo) del suceso i

f_{E_i} = frecuencia del evento E_i , con

$$f_{E_1} = f \cdot P_1 \cdot P_2$$

$$f_{E_2} = f \cdot P_1 \cdot (1 - P_2)$$

$$f_{E_3} = f \cdot (1 - P_1)$$

Partiendo del fallo inicial y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias que conducen a las posibles consecuencias. La construcción y evaluación del árbol comienza por la identificación de los factores condicionantes y sus probabilidades de ocurrencia (éxito/fallo). A continuación, se colocan cada uno de los “N” factores identificados y partiendo del iniciador se plantea sistemáticamente para cada uno de ellos dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso (con probabilidad P) y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del suceso (probabilidad 1-P).

Determinación de la probabilidad de los sucesos.

Probabilidad de ignición inmediata (*early ignition*): Para determinar la probabilidad de ignición inmediata se han tenido en cuenta los criterios indicados en el Apartado 3.4.6.6.- Probabilidad de ignición inmediata, Modulo B del *Reference Manual Bevi Assessments*.

Tabla 37. Probabilidad de ignición inmediata para instalaciones fijas.

Categoría de la sustancia	Fuente continua	Fuente instantánea	Probabilidad de ignición Inmediata
Categoría 0 Alta / media reactividad	< 10 kg/s	< 1000 kg	0,2
	10 – 100 kg/s	1000 – 10.000 kg	0,5
	> 100 kg/s	> 10.000 kg	0,7
Categoría 0 Baja reactividad	< 10 kg/s	< 1000 kg	0,02
	10 – 100 kg/s	1000 – 10.000 kg	0,04
	> 100 kg/s	> 10.000 kg	0,09
Categoría 1	Todos los caudales	Todas las cantidades	0,065
Categoría 2	Todos los caudales	Todas las cantidades	0,01
Categoría 3 y 4	Todos los caudales	Todas las cantidades	0

Fuente: Apartado 3.4.6.6 – *Probability of direct ignition, Module B, Reference Manual Bevi Assessments*

Categoría 0 (Extremadamente inflamable):

- Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 0° C y cuyo punto de ebullición (o cuando se trate de una gama de ebulliciones, el punto de ebullición inicial) a presión normal sea inferior o igual a 35°C – enunciado de riesgo R12, primer guion.
- Gases inflamables al contacto con el aire a temperatura y presión ambientales – enunciado de riesgo R12, segundo guion – que estén en estado gaseoso o supercrítico).
- Sustancias y preparados líquidos inflamables y muy inflamables mantenidos a una temperatura superior a su punto de ebullición.

Categoría 1 (Muy inflamable):

- Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 21°C y que no sean extremadamente inflamables – enunciado de riesgo R11, segundo guion.
- Sustancias y preparados que pueden calentarse y llegar a inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin ningún tipo de energía añadida – enunciado de riesgo R17.

Categoría 2 (Inflamable):

- Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea igual o superior a 21°C e inferior o igual a 55°C – enunciado de riesgo R10 – y que mantengan la combustión).

Categoría 3:

- Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea superior a 55°C e inferior o igual a 100°C.

Categoría 4:

- Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea superior a 100°C.

Probabilidad de ignición retardada (*late ignition*): Para determinar la probabilidad de ignición retardada se toma en cuenta la existencia de fuentes de ignición dentro del alcance máximo del límite inferior de inflamabilidad (LEL) correspondiente.

Tabla 38. Probabilidad de ignición retardada para instalaciones fijas.

Situación de la fuga	Probabilidad de ignición retardada
Alcance instalaciones de proceso adyacente	0,5
Alcance la antorcha	1

Fuente: Apartado 2.2.-Table 1. *Probability of ignition of a flammable cloud during a time window of one minute for a number of sources, Module B, Reference Manual Bevi Assessments*

En caso de ignición retardada, la probabilidad de que se produzca una explosión de la nube bajo cierto grado de confinamiento es del 40 %, mientras que la probabilidad de que ocurra una llamarada sin efectos de sobrepresión es del 60%, conforme a los criterios del *Reference Manual Bevi Risk Assessments* (Modulo B, apartado 3.4.6.9.- *Explosion fraction*).

Si no se produce la ignición de la sustancia, esta se desplazará en dirección del viento dominante, pudiendo generando una dispersión en la atmosfera.

La **Figura 56** muestra un ejemplo del medio de documentación de la metodología árboles de eventos.

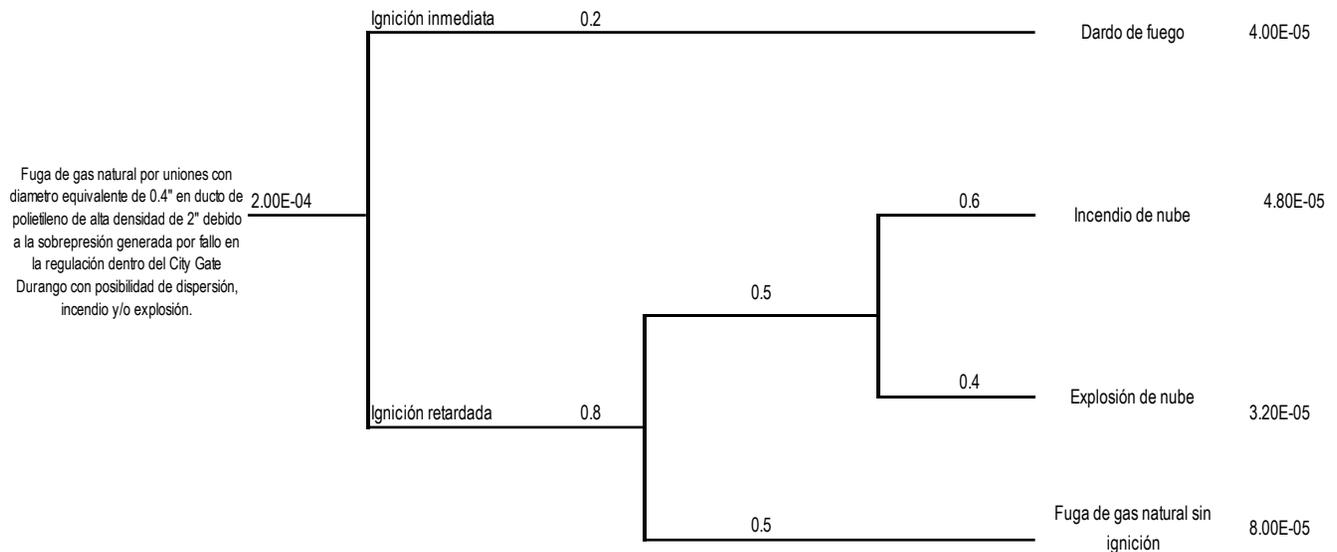


Figura 56 Ejemplo de árbol de eventos.

6.2.1.2 Premisas, consideraciones y criterios aplicados.

Las premisas y criterios aplicados en la elaboración de árboles de eventos se describen a continuación:

- Para calcular la frecuencia inicial de los eventos, se utilizaron datos genéricos que proceden del "Apartado 3.8 Ductos, Módulo C del *Reference Manual Bevi Assessments*".
- Para determinar la probabilidad de ignición inmediata se aplicaron los criterios indicados en el "Apartado 3.4.6.6.- Probabilidad de ignición inmediata, Modulo B del *Reference Manual Bevi Assessments*".
- Para determinar la probabilidad de ignición retardada se tomó en cuenta la existencia o no de fuentes de ignición dentro del límite inferior de inflamabilidad (LEL).

6.2.1.3 Desarrollo de la metodología.

El desarrollo del análisis detallado de frecuencias mediante la metodología árboles de eventos, se realizará para aquellos escenarios de riesgo vinculados a la liberación de gas natural, derivados del análisis cualitativo de riesgos.

La **Tabla 39** presenta a manera de resumen los resultados generados de la aplicación de la metodología árboles de eventos. La tabla incluye la frecuencia de fallo inicial, frecuencia de ignición inmediata (dardo de fuego), ignición retardada (incendio de nube o explosión) y frecuencia de dispersión (fuga sin ignición).

Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.

Clave	Escenario de riesgo asociado.	Descripción del evento	Frecuencias de fallo inicial	Frecuencia de ignición inmediata	Frecuencia de ignición retardada		Frecuencia de fuga sin ignición
				Dardo de fuego	Incendio de nube	Explosión	
E01	1.3.1.1, 1.3.1.2	Ruptura total de línea de 6" dentro de la City Gate Durango debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	1.30 E-06 oc/año	9.10 E-07 oc/año (F1)	4.17 E-07 oc/año (F1)	7.80 E-08 oc/año (F1)	1.09 E-07 oc/año (F1)
E02	1.4.1.1, 1.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en línea de 6" dentro de la City Gate Durango originada por corrosión.	6.50 E-06 oc/año	1.30 E-06 oc/año (F1)	1.56 E-06 oc/año (F1)	1.04 E-06 oc/año (F1)	2.60 E-06 oc/año (F1)
E03	2.1.1.1, 2.2.2.1	Fuga por un orificio de 2" en el tramo Durango de acero de 10" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E04	2.2.1.1, 2.2.1.2	Ruptura total de tramo Durango de acero de 10" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	6.59 E-04 oc/año	3.29 E-04 oc/año (F1)	9.88 E-05 oc/año (F1)	6.59 E-05 oc/año (F1)	1.65 E-04 oc/año (F1)
E05	2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.4.1.1, 2.4.1.2	Fuga por un orificio de 2" en tramo Durango de 10" originada por corrosión externa o erosión.	3.29 E-03 oc/año	6.59 E-04 oc/año (F1)	7.91 E-04 oc/año (F1)	5.27 E-04 oc/año (F1)	1.32 E-03 oc/año (F2)
E06	3.1.1.1, 3.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E07	3.2.1.1, 3.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	1.94 E-02 oc/año	3.88 E-03 oc/año (F1)	4.56 E-03 oc/año (F2)	3.10 E-03 oc/año (F2)	7.75 E-03 oc/año (F2)
E08	3.3.1.1, 3.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por erosión.	9.69 E-02 oc/año	1.94 E-02 oc/año (F3)	2.33 E-02 oc/año (F3)	1.55 E-02 oc/año (F3)	3.88 E-02 oc/año (F3)
E09	4.1.1.1, 4.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E10	4.2.1.1, 4.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	1.36 E-03 oc/año	2.27 E-04 oc/año (F1)	3.26 E-04 oc/año (F1)	2.17 E-04 oc/año (F1)	5.43 E-04 oc/año (F1)

Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.

Clave	Escenario de riesgo asociado.	Descripción del evento	Frecuencias de fallo inicial	Frecuencia de ignición inmediata	Frecuencia de ignición retardada		Frecuencia de fuga sin ignición
				Dardo de fuego	Incendio de nube	Explosión	
E11	4.3.1.1, 4.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" originada por erosión.	9.05 E-03 oc/año	1.81 E-03 oc/año (F2)	2.17 E-03 oc/año (F2)	1.45 E-03 oc/año (F2)	3.62 E-03 oc/año (F2)
E12	5.1.1.1, 5.1.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E13	5.2.1.1, 5.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	1.77 E-03 oc/año	8.84 E-04 oc/año (F1)	2.65 E-04 oc/año (F1)	1.77 E-04 oc/año (F1)	4.42 E-04 oc/año (F1)
E14	5.3.1.1, 5.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por erosión.	8.84 E-03 oc/año	1.77 E-03 oc/año (F2)	2.12 E-03 oc/año (F2)	1.42 E-03 oc/año (F2)	3.54 E-03 oc/año (F2)
E15	6.1.1.2, 6.1.1.3, 6.1.2.2, 6.1.2.3, 6.1.3.2, 6.1.3.3, 6.2.1.1, 6.2.1.2, 6.5.1.1, 6.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	7.30 E-04 oc/año	1.46 E-04 oc/año (F1)	1.75 E-04 oc/año (F1)	1.17 E-04 oc/año (F1)	2.92 E-04 oc/año (F1)
E16	6.3.1.1, 6.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E17	6.4.1.1, 6.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	3.65 E-03 oc/año	7.30 E-04 oc/año (F1)	8.76 E-04 oc/año (F1)	5.84 E-04 oc/año (F1)	1.46 E-03 oc/año (F2)

Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.

Clave	Escenario de riesgo asociado.	Descripción del evento	Frecuencias de fallo inicial	Frecuencia de ignición inmediata	Frecuencia de ignición retardada		Frecuencia de fuga sin ignición
				Dardo de fuego	Incendio de nube	Explosión	
E18	7.1.1.2, 7.1.1.3, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.1.3.2, 7.1.3.3, 7.2.1.1, 7.2.1.2, 7.5.1.1, 7.5.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	2.60 E-06 oc/año	5.20 E-07 oc/año (F1)	6.24 E-07 oc/año (F1)	4.16 E-07 oc/año (F1)	1.04 E-06 oc/año (F1)
E19	7.3.1.1, 7.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E20	7.4.1.1, 7.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	1.30 E-05 oc/año	6.50 E-06 oc/año (F1)	1.95 E-06 oc/año (F1)	1.30 E-06 oc/año (F1)	3.25 E-06 oc/año (F1)
E21	8.1.1.2, 8.1.1.3, 8.1.2.2, 8.1.2.3, 8.1.3.2, 8.1.3.3, 8.2.1.1, 8.2.1.2, 8.5.1.1, 8.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	1.20 E-06 oc/año	2.40 E-07 oc/año (F1)	2.88 E-07 oc/año (F1)	1.92 E-07 oc/año (F1)	4.80 E-07 oc/año (F1)
E22	8.3.1.1, 8.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E23	8.4.1.1, 8.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	6.00 E-06 oc/año	3.00 E-06 oc/año (F1)	9.00 E-07 oc/año (F1)	6.00 E-07 oc/año (F1)	1.50 E-06 oc/año (F1)

Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.

Clave	Escenario de riesgo asociado.	Descripción del evento	Frecuencias de fallo inicial	Frecuencia de ignición inmediata	Frecuencia de ignición retardada		Frecuencia de fuga sin ignición
				Dardo de fuego	Incendio de nube	Explosión	
E24	9.1.1.2, 9.1.1.3, 9.1.2.2, 9.1.2.3, 9.1.3.2, 9.1.3.3, 9.2.1.1, 9.2.1.2, 9.5.1.1, 9.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	7.30 E-04 oc/año	1.46 E-04 oc/año (F1)	1.75 E-04 oc/año (F1)	1.17 E-04 oc/año (F1)	2.92 E-04 oc/año (F1)
E25	9.3.1.1, 9.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E26	9.4.1.1, 9.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	3.65 E-03 oc/año	7.30 E-04 oc/año (F1)	8.76 E-04 oc/año (F1)	5.84 E-04 oc/año (F1)	1.46 E-03 oc/año (F1)
E27	10.1.1.2, 10.1.1.3, 10.1.2.2, 10.1.2.3, 10.1.3.2, 10.1.3.3, 10.2.1.1, 10.2.1.2, 10.5.1.1, 10.5.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	2.60 E-06 oc/año	5.20 E-07 oc/año (F1)	6.24 E-07 oc/año (F1)	4.16 E-07 oc/año (F1)	1.04 E-06 oc/año (F1)
E28	10.3.1.1, 10.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-06 oc/año (F1)
E29	10.4.1.1, 10.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	1.30 E-05 oc/año	6.50 E-06 oc/año (F1)	1.95 E-06 oc/año (F1)	1.30 E-06 oc/año (F1)	3.25 E-06 oc/año (F1)

Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.

Clave	Escenario de riesgo asociado.	Descripción del evento	Frecuencias de fallo inicial	Frecuencia de ignición inmediata	Frecuencia de ignición retardada		Frecuencia de fuga sin ignición
				Dardo de fuego	Incendio de nube	Explosión	
E30	11.1.1.2, 11.1.1.3, 11.1.2.2, 11.1.2.3, 11.1.3.2, 11.1.3.3, 11.2.1.1, 11.2.1.2, 11.5.1.1, 11.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	1.20 E-06 oc/año	2.40 E-07 oc/año (F1)	2.88 E-07 oc/año (F1)	1.92 E-07 oc/año (F1)	4.80 E-07 oc/año (F1)
E31	11.3.1.1, 11.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E32	11.4.1.1, 11.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	6.00 E-06 oc/año	3.00 E-06 oc/año (F1)	9.00 E-07 oc/año (F1)	6.00 E-07 oc/año (F1)	1.50 E-06 oc/año (F1)
E33	12.1.1.2, 12.1.1.3, 12.1.2.2, 12.1.2.3, 12.1.3.2, 12.1.3.3, 12.2.1.1, 12.2.1.2, 12.2.2.1, 12.2.2.2, 12.2.3.1, 12.2.3.2, 12.6.1.1, 12.6.1.2, 12.7.1.1, 12.7.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	7.30 E-04 oc/año	1.46 E-04 oc/año (F1)	1.75 E-04 oc/año (F1)	1.17 E-04 oc/año (F1)	2.92 E-04 oc/año (F1)
E34	12.3.1.1, 12.3.1.2, 12.4.1.1, 12.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E35	12.5.1.1, 12.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	3.65 E-03 oc/año	7.30 E-04 oc/año (F1)	8.76 E-04 oc/año (F1)	5.84 E-04 oc/año (F1)	1.46 E-03 oc/año (F2)

Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.

Clave	Escenario de riesgo asociado.	Descripción del evento	Frecuencias de fallo inicial	Frecuencia de ignición inmediata	Frecuencia de ignición retardada		Frecuencia de fuga sin ignición
				Dardo de fuego	Incendio de nube	Explosión	
E36	13.1.1.2, 13.1.1.3, 13.1.2.2, 13.1.2.3, 13.1.3.2, 13.1.3.3, 13.2.1.1, 13.2.1.2, 13.2.2.1, 13.2.2.2, 13.2.3.1, 13.2.3.2, 13.6.1.1, 13.6.1.2, 13.7.1.1, 13.7.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	2.60 E-06 oc/año	5.20 E-07 oc/año (F1)	6.24 E-07 oc/año (F1)	4.16 E-07 oc/año (F1)	1.04 E-06 oc/año (F1)
E37	13.3.1.1, 13.3.1.2, 13.4.1.1, 13.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)
E38	13.5.1.1, 13.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	1.30 E-05 oc/año	6.50 E-06 oc/año (F1)	1.95 E-06 oc/año (F1)	1.30 E-06 oc/año (F1)	3.25 E-06 oc/año (F1)
E39	14.1.1.2, 14.1.1.3, 14.1.2.2, 14.1.2.3, 14.1.3.2, 14.1.3.3, 14.2.1.1, 14.2.1.2, 14.2.2.1, 14.2.2.2, 14.2.3.1, 14.2.3.2, 14.6.1.1, 14.6.1.2, 14.7.1.1, 14.7.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	1.20 E-06 oc/año	2.40 E-07 oc/año (F1)	2.88 E-07 oc/año (F1)	1.92 E-07 oc/año (F1)	4.80 E-07 oc/año (F1)
E40	14.3.1.1, 14.3.1.2, 14.4.1.1, 14.4.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.00 E-04 oc/año	2.00 E-05 oc/año (F1)	2.40 E-05 oc/año (F1)	1.60 E-05 oc/año (F1)	4.00 E-05 oc/año (F1)

Tabla 39. Frecuencias de ocurrencia de los eventos analizados.

Clave	Escenario de riesgo asociado.	Descripción del evento	Frecuencias de fallo inicial	Frecuencia de ignición inmediata	Frecuencia de ignición retardada		Frecuencia de fuga sin ignición
				Dardo de fuego	Incendio de nube	Explosión	
E41	14.5.1.1, 14.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	6.00 E-06 oc/año	1.80 E-06 oc/año (F1)	1.26 E-06 oc/año (F1)	8.40 E-07 oc/año (F1)	2.10 E-06 oc/año (F1)
E42	15.1.1.2, 15.1.1.3, 15.1.2.2, 15.1.2.3, 15.1.3.2, 15.1.3.3, 15.2.1.1, 15.2.1.2, 15.2.2.1, 15.2.2.2, 15.2.3.1, 15.2.3.2, 15.7.1.1, 15.7.1.2, 15.10.1.1, 15.10.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	2.60 E-05 oc/año	5.20 E-06 oc/año (F1)	6.24 E-06 oc/año (F1)	4.16 E-06 oc/año (F1)	1.04 E-05 oc/año (F1)
E43	15.3.1.1, 15.3.1.2, 15.4.1.1, 15.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	1.30 E-03 oc/año	2.60 E-04 oc/año (F1)	3.12 E-04 oc/año (F1)	2.08 E-04 oc/año (F1)	5.20 E-04 oc/año (F1)
E44	15.6.1.1, 15.6.1.2	Ruptura total de línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación distrital debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	3.90 E-05 oc/año	1.95 E-06 oc/año (F1)	5.85 E-07 oc/año (F1)	3.90 E-07 oc/año (F1)	9.75 E-07 oc/año (F1)

oc/año: Ocasiones por año.

Las hojas de trabajo de la aplicación de la metodología se encuentran en el **Anexo I** para su consulta.

6.2.2 Análisis de consecuencias.

Para el análisis cuantitativo de consecuencias se realizaron simulaciones de dispersión, incendio y explosión. La descripción de la metodología, premisas, consideraciones, desarrollo y resultados se presentan a continuación.

6.2.2.1 Descripción de la metodología.

La evaluación de consecuencias por dispersión, fuego y explosión es una técnica de análisis cuantitativo de riesgos, que permite observar el alcance de un accidente potencial, y sus efectos sobre las personas, el ambiente, población e instalación, así también permite generar medidas y/o recomendaciones adicionales con respecto a la ubicación de equipos de operación y seguridad, y a definir los planes de respuesta a emergencias. Los accidentes que involucran sustancias químicas peligrosas pueden producir diferentes tipos de fenómenos, entre los cuales se encuentran los de tipo mecánico (explosiones), térmico (radiación térmica-incendio) y de tipo químico (dispersión).

Para la modelación de consecuencias, se utilizó el software PHAST 8.23 con el objetivo de estimar las posibles afectaciones a las personas, medio ambiente e instalación.

Las principales actividades a realizar en el análisis de consecuencias son:

- Selección de los eventos que se analizarán cuantitativamente con base en los resultados de la identificación de riesgos y a su jerarquización mediante matrices de riesgo.
- Definición de los criterios de alimentación de datos en el software PHAST.
 - Establecer los datos ambientales de la región.
 - Caracterización de la fuente de liberación.
 - Determinar el tipo de fluido y sus propiedades.
 - Condiciones de operación al momento del evento.
 - Seleccionar o establecer el diámetro equivalente de fuga.
 - Estimar el monto total del fluido o inventario a liberar.
 - Estimar la duración de la descarga.
 - Calcular la tasa de liberación teórica.
 - Determinar el tipo de liberación es decir si es continua o instantánea para determinar el modelo que será empleado para estimar las consecuencias.
 - Determinación de los efectos.
- Cargar y correr los casos en el software, generando los reportes por dispersión, incendio y explosión respectivos para proceder al llenado de tabla de resultados.
- Con base en los resultados, elaboración de diagramas de pétalos.

6.2.2.2 Criterios establecidos en el análisis de consecuencias.

Los criterios establecidos en la simulación de consecuencias son los siguientes.

- Selección de eventos a evaluar: Se aplicó el análisis a los escenarios asociados con liberación de gas natural presentados en la **Tabla 36**.
- Condiciones ambientales: Tal como se detalla en el **Apartado 3** de del presente informe, las condiciones climatológicas predominantes son:

Tabla 40 Condiciones ambientales empleadas en la simulación.

Temperatura Ambiente	23 °C
Presión Atmosférica	1028 hPa
Radiación Solar	4302 W/m ²
Humedad Relativa	77.50%
Velocidad del Viento (Estabilidad Atmosférica de Pasquill F)*	1.5*
Velocidad del Viento (Estabilidad Atmosférica de Pasquill AB)*	1.5*

*Las velocidades del viento y estabilidad Pasquill seleccionadas se basaron en lo establecido en el apartado 5.4.2.2 de la “Guía para la elaboración de Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos” emitida por la ASEA en julio del 2020.

- Caracterización de la fuente de liberación: La composición de la sustancia a simular se retomó de lo indicado en la **Tabla 1** del **Apartado 1.2.4**.

Las condiciones de flujo, presión y temperatura que definen cada evento, se retomaron de lo descrito en el **Apartado 1** del presente informe, presentadas a manera de resumen en la **Tabla 42**.

- Selección del diámetro del orificio de liberación (diámetro equivalente de fuga, DEF): Como diámetro equivalente de fuga se consideraron los criterios establecidos en el apartado 5.4.2.2 de la “Guía para Elaboración de Análisis de Riesgos de Sector Hidrocarburos, ASEA, 2020”, considerando para peor caso ruptura total de la tubería, para caso más probable y caso alterno el 20% del diámetro de la tubería.
- Estimación del monto total del fluido o inventario a liberar: El inventario total que será liberado corresponde a la cantidad de masa que se fuga durante el tiempo de cierre de válvulas de seccionamiento, más la masa atrapada en el Proyecto, quedando de la siguiente manera:

$$V_{tot} = V_{emp} + V_{fuga}$$

V_{tot} = Volumen total

V_{emp} = Volumen empacado en la línea entre válvulas de cierre y aislamiento.

V_{fuga} =Volumen de fuga (Volumen liberado en el tiempo que transcurre hasta el aislamiento de las válvulas)

Volumen empacado: La cantidad de masa empacada por sección del Proyecto se retomó de lo descrito en el **Apartado 4** del presente informe.

Volumen de fuga: El volumen de fuga se determina con el resultado de la tasa de descarga estimada por el software PHAST 8.23 (Ver cálculo de tasa de liberación) multiplicado por el tiempo en el que se genera el aislamiento del ducto (Ver estimación de duración de descarga).

El valor de inventario liberado por cada evento se indica en la **Tabla 42**.

- Estimar la duración de la descarga: Para el tiempo de liberación se tomó en cuenta el tiempo de arribo de la unidad de emergencias y tipo de aislamiento en este caso al ser manual se estimó un tiempo promedio de atención de 30 minutos.
- Cálculo de tasa de liberación: La tasa de descarga es calculada por el simulador Phast empleando el modelo de orificio (Ver **Figura 57**).

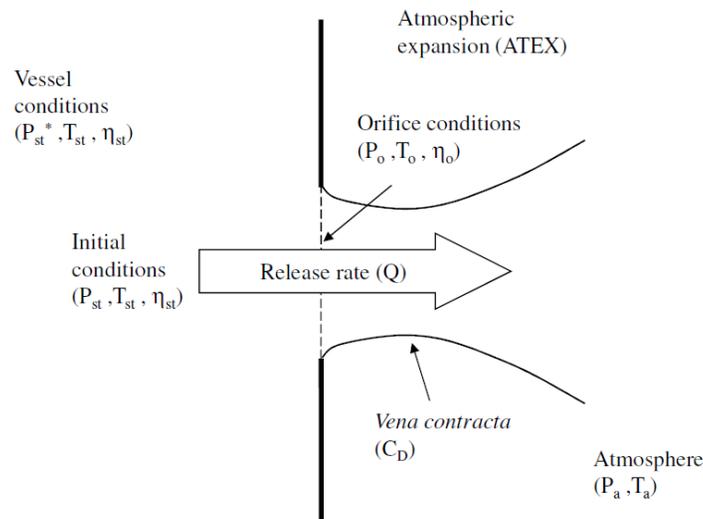


Figura 57 Modelo de orificio

La secuencia de cálculos utilizados para determinar las condiciones de descarga es:

Para una presión dada P_o , la temperatura y fracción líquida son determinadas por la expansión isentrópica:

$$s(P_{st}, T_{st}, \eta_{st}) = s(P_o, T_o, \eta_o)$$

Donde:

- s: Entropía Especifica ($J K^{-1} kg^{-1}$)
- P_{st} : Presión de almacenamiento (Pa)
- T_{st} : Temperatura de almacenamiento ($^{\circ}K$).
- n_{st} : Fracción de masa líquida (-)
- P_o : Presión en orificio (Pa)
- T_o : Temperatura en orificio ($^{\circ}K$).
- n_o : Fracción de masa líquida en orificio (-)

Calcular la velocidad en orificio de la ecuación de conservación de la materia.

$$h(P_{st}, T_{st}, \eta_{st}) = h(P_o, T_o, \eta_o) + \frac{u_o^2}{2}$$

Donde:

- h: Entalpía (J/kg)
- P_{st} : Presión de almacenamiento (Pa)
- T_{st} : Temperatura de almacenamiento.
- n_{st} : Fracción de masa líquida (-)
- P_o : Presión en orificio (Pa)
- T_o : Temperatura en orificio ($^{\circ}K$).
- n_o : Fracción de masa líquida en orificio (-)
- u_o : Velocidad en orificio (ms^{-1})

Calcular flujo másico de la siguiente ecuación:

$$G_o = \frac{u_o}{v_o}$$

Donde:

- u_o : Velocidad en orificio (ms^{-1})
- v_o : Volumen específico (m^3kg^{-1})

La presión del orificio es iterada hasta que el flujo másico es maximizado y P_o ajuste de acuerdo con la ecuación:

$$P_o = \max [P_a, P_c]$$

Donde:

- P_o : Presión en orificio (Pa)
- P_a : Presión atmosférica (Pa)
- P_c : Presión choke (Pa)

Calcular C_D y modificar Q y A_v de la ecuación:

$$A_v = C_D A_o$$

$$Q = A_v G_o$$

Donde:

A_v : Área de vapor (m²)

C_D : Coeficiente de descarga (-)

A_o : Área del orificio (m²)

Q : Flujo másico (kg s⁻¹)

G_o : Flujo másico a través del área del orificio (kg m⁻² s⁻¹)

Calcular duración de la liberación de la ecuación siguiente:

$$t_{rel} = \frac{M_{st}}{Q}$$

Donde:

M_{st} : Masa almacenada (kg)

Q : Flujo másico (kg s⁻¹)

- Determinación del tipo de liberación: Al ser eventos de fuga en ductos se considera que la liberación es continua ya que existe una alimentación constante desde el *City Gate* aguas arriba del Proyecto.
- Determinación de efectos.

De acuerdo con lo establecido en la “Guía para la elaboración de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos” emitida por la ASEA en julio del 2020, para definir y justificar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento se utilizarán como mínimo, los parámetros que se indican en la **Tabla 41**.

Tabla 41. Zona de alto riesgo y amortiguamiento.

	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Ato Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (Concentración)	-	IDLH (ppm)	TLV (8 h, TWA) o TLV (15 min, STEL) (ppm)
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Rango de 12.5 kW/m ² a 37.5 kW/m ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in ² a 10 lb/in ²	1.0 lb/in ² (0.070 kg/cm ²)	0.5 lb/in ² (0.035 kg/cm ²)

6.2.2.3 Resumen de los parámetros establecidos en la simulación y tabla de resultados.

La **Tabla 42** presenta los parámetros establecidos en la simulación de acuerdo con los criterios indicados en el apartado anterior.

En el **Anexo J** se presentan las fichas de datos de simulación en cumplimiento con el Anexo 2 de la “Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos” de la ASEA, y la memoria de cálculo (reportes de simulación) obtenida del software PHAST, para su consulta.

La **Tabla 43** muestra el resumen de los resultados de las simulaciones para cada umbral seleccionado como zona de amortiguamiento y de alto riesgo.

Tabla 42 Parámetros establecidos en la simulación.

Eventos analizados			Tipo de liberación	Diámetro (in)		Presión psi	Temperatura °C	Tasa de Descarga kg/s	Duración de Fuga** min	Inventario liberado kg	Altura de la fuga m	Dirección de la fuga
ID	Escenarios asociados*	Descripción		Línea	Fuga							
E01	1.3.1.1, 1.3.1.2	Ruptura total de línea de 6" dentro de la City Gate Durango debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	Continua	6.00	6.00	500.00	23.00	103.60	30.00	186480.00	1.00	Horizontal
E02	1.4.1.1, 1.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en línea de 6" dentro de la City Gate Durango originada por corrosión.	Continua	6.00	1.20	500.00	23.00	4.14	30.00	7452.00	1.00	Horizontal
E03	2.1.1.1, 2.2.2.1	Fuga por un orificio de 2" en el tramo Durango de acero de 10" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	10.00	2.00	420.00	23.00	9.65	30.00	17370.00	0.00	Vertical
E04	2.2.1.1, 2.2.1.2	Ruptura total de tramo Durango de acero de 10" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	10.00	10.00	150.00	23.00	88.71	30.00	159678.00	0.00	Vertical
E05	2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.4.1.1, 2.4.1.2	Fuga por un orificio de 2" en tramo Durango de 10" originada por corrosión externa o erosión.	Continua	10.00	2.00	150.00	23.00	3.55	30.00	6386.40	0.00	Vertical
E06	3.1.1.1, 3.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	2.00	0.40	100.00	23.00	0.10	30.00	174.60	0.00	Vertical
E07	3.2.1.1, 3.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	2.00	2.00	59.86	23.00	1.56	30.00	2808.00	0.00	Vertical
E08	3.3.1.1, 3.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por erosión.	Continua	2.00	0.40	59.86	23.00	0.06	30.00	111.60	0.00	Vertical
E09	4.1.1.1, 4.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	4.00	0.80	100.00	23.00	0.39	30.00	702.00	0.00	Vertical

Tabla 42 Parámetros establecidos en la simulación.

Eventos analizados			Tipo de liberación	Diámetro (in)		Presión psi	Temperatura °C	Tasa de Descarga kg/s	Duración de Fuga** min	Inventario liberado kg	Altura de la fuga m	Dirección de la fuga
ID	Escenarios asociados*	Descripción		Línea	Fuga							
E10	4.2.1.1, 4.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	4.00	4.00	59.86	23.00	6.25	30.00	11250.00	0.00	Vertical
E11	4.3.1.1, 4.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" originada por erosión.	Continua	4.00	0.80	59.86	23.00	0.25	30.00	450.00	0.00	Vertical
E12	5.1.1.1, 5.1.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	6.00	1.20	100.00	23.00	0.88	30.00	1584.00	0.00	Vertical
E13	5.2.1.1, 5.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	6.00	6.00	59.86	23.00	14.06	30.00	25308.00	0.00	Vertical
E14	5.3.1.1, 5.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por erosión.	Continua	6.00	1.20	59.86	23.00	0.56	30.00	1008.00	0.00	Vertical
E15	6.1.1.2, 6.1.1.3, 6.1.2.2, 6.1.2.3, 6.1.3.2, 6.1.3.3, 6.2.1.1, 6.2.1.2, 6.5.1.1, 6.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	2.00	0.40	59.86	23.00	0.06	30.00	111.60	0.00	Vertical
E16	6.3.1.1, 6.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	2.00	0.40	100.00	23.00	0.10	30.00	174.60	0.00	Vertical
E17	6.4.1.1, 6.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	2.00	2.00	59.86	23.00	1.56	30.00	2811.60	0.00	Vertical
E18	7.1.1.2, 7.1.1.3, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.1.3.2, 7.1.3.3,	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	6.00	1.20	59.86	23.00	0.56	30.00	1008.00	0.00	Vertical

Tabla 42 Parámetros establecidos en la simulación.

Eventos analizados			Tipo de liberación	Diámetro (in)		Presión psi	Temperatura °C	Tasa de Descarga kg/s	Duración de Fuga** min	Inventario liberado kg	Altura de la fuga m	Dirección de la fuga
ID	Escenarios asociados*	Descripción		Línea	Fuga							
	7.2.1.1, 7.2.1.2, 7.5.1.1, 7.5.1.2											
E19	7.3.1.1, 7.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	6.00	1.20	100.00	23.00	0.88	30.00	1584.00	0.00	Vertical
E20	7.4.1.1, 7.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	6.00	6.00	59.86	23.00	14.06	30.00	25308.00	0.00	Vertical
E21	8.1.1.2, 8.1.1.3, 8.1.2.2, 8.1.2.3, 8.1.3.2, 8.1.3.3, 8.2.1.1, 8.2.1.2, 8.5.1.1, 8.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	12.00	2.40	59.86	23.00	2.25	30.00	4050.00	0.00	Vertical
E22	8.3.1.1, 8.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	12.00	2.40	100.00	23.00	3.52	30.00	6336.00	0.00	Vertical
E23	8.4.1.1, 8.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	12.00	12.00	59.86	23.00	56.26	30.00	101268.00	0.00	Vertical
E24	9.1.1.2, 9.1.1.3, 9.1.2.2, 9.1.2.3, 9.1.3.2, 9.1.3.3, 9.2.1.1, 9.2.1.2, 9.5.1.1, 9.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	2.00	0.40	59.86	23.00	0.06	30.00	111.60	0.00	Vertical
E25	9.3.1.1, 9.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	2.00	0.40	250.00	23.00	0.23	30.00	415.80	0.00	Vertical

Tabla 42 Parámetros establecidos en la simulación.

Eventos analizados		Tipo de liberación	Diámetro (in)		Presión psi	Temperatura °C	Tasa de Descarga kg/s	Duración de Fuga** min	Inventario liberado kg	Altura de la fuga m	Dirección de la fuga	
ID	Escenarios asociados*		Descripción	Línea								Fuga
E26	9.4.1.1, 9.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	2.00	2.00	59.86	23.00	1.56	30.00	2811.60	0.00	Vertical
E27	10.1.1.2, 10.1.1.3, 10.1.2.2, 10.1.2.3, 10.1.3.2, 10.1.3.3, 10.2.1.1, 10.2.1.2, 10.5.1.1, 10.5.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	6.00	1.20	59.86	23.00	0.56	30.00	1011.60	0.00	Vertical
E28	10.3.1.1, 10.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	6.00	1.20	250.00	23.00	2.08	30.00	3744.00	0.00	Vertical
E29	10.4.1.1, 10.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	6.00	6.00	59.86	23.00	14.06	30.00	25308.00	0.00	Vertical
E30	11.1.1.2, 11.1.1.3, 11.1.2.2, 11.1.2.3, 11.1.3.2, 11.1.3.3, 11.2.1.1, 11.2.1.2, 11.5.1.1, 11.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	12.00	2.40	59.86	23.00	2.25	30.00	4050.00	0.00	Vertical
E31	11.3.1.1, 11.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	12.00	2.40	250.00	23.00	8.32	30.00	14976.00	0.00	Vertical
E32	11.4.1.1, 11.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	12.00	12.00	59.86	23.00	56.25	30.00	101250.00	0.00	Vertical
E33	12.1.1.2, 12.1.1.3, 12.1.2.2, 12.1.2.3, 12.1.3.2, 12.1.3.3, 12.2.1.1, 12.2.1.2, 12.2.2.1, 12.2.2.2, 12.2.3.1, 12.2.3.2,	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	Continua	2.00	0.40	150.00	23.00	0.14	30.00	253.80	0.00	Vertical

Tabla 42 Parámetros establecidos en la simulación.

Eventos analizados			Tipo de liberación	Diámetro (in)		Presión psi	Temperatura °C	Tasa de Descarga kg/s	Duración de Fuga** min	Inventario liberado kg	Altura de la fuga m	Dirección de la fuga
ID	Escenarios asociados*	Descripción		Línea	Fuga							
	12.6.1.1, 12.6.1.2, 12.7.1.1, 12.7.1.2											
E34	12.3.1.1, 12.3.1.2, 12.4.1.1, 12.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	2.00	0.40	300.00	23.00	0.28	30.00	496.80	0.00	Vertical
E35	12.5.1.1, 12.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	2.00	2.00	150.00	23.00	3.54	30.00	6372.00	0.00	Vertical
E36	13.1.1.2, 13.1.1.3, 13.1.2.2, 13.1.2.3, 13.1.3.2, 13.1.3.3, 13.2.1.1, 13.2.1.2, 13.2.2.1, 13.2.2.2, 13.2.3.1, 13.2.3.2, 13.6.1.1, 13.6.1.2, 13.7.1.1, 13.7.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	Continua	6.00	1.20	150.00	23.00	1.27	30.00	2286.00	0.00	Vertical
E37	13.3.1.1, 13.3.1.2, 13.4.1.1, 13.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	6.00	1.20	300.00	23.00	2.49	30.00	4474.80	0.00	Vertical
E38	13.5.1.1, 13.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	6.00	6.00	150.00	23.00	31.94	30.00	57484.80	0.00	Vertical
E39	14.1.1.2, 14.1.1.3, 14.1.2.2, 14.1.2.3, 14.1.3.2, 14.1.3.3, 14.2.1.1, 14.2.1.2, 14.2.2.1, 14.2.2.2, 14.2.3.1, 14.2.3.2, 14.6.1.1, 14.6.1.2, 14.7.1.1, 14.7.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	Continua	12.00	2.40	150.00	23.00	5.11	30.00	9196.20	0.00	Vertical

Tabla 42 Parámetros establecidos en la simulación.

Eventos analizados			Tipo de liberación	Diámetro (in)		Presión psi	Temperatura °C	Tasa de Descarga kg/s	Duración de Fuga** min	Inventario liberado kg	Altura de la fuga m	Dirección de la fuga
ID	Escenarios asociados*	Descripción		Línea	Fuga							
E40	14.3.1.1, 14.3.1.2, 14.4.1.1, 14.4.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	12.00	2.40	300.00	23.00	9.95	30.00	17901.00	0.00	Vertical
E41	14.5.1.1, 14.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	12.00	12.00	150.00	23.00	127.75	30.00	229941.00	0.00	Vertical
E42	15.1.1.2, 15.1.1.3, 15.1.2.2, 15.1.2.3, 15.1.3.2, 15.1.3.3, 15.2.1.1, 15.2.1.2, 15.2.2.1, 15.2.2.2, 15.2.3.1, 15.2.3.2, 15.7.1.1, 15.7.1.2, 15.10.1.1, 15.10.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	Continua	4.00	0.80	300.00	23.00	1.11	30.00	198916.20	1.00	Horizontal
E43	15.3.1.1, 15.3.1.2, 15.4.1.1, 15.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	4.00	0.80	420.00	23.00	1.54	30.00	277956.00	1.00	Horizontal
E44	15.6.1.1, 15.6.1.2	Ruptura total de línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación distrital debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	Continua	4.00	4.00	300.00	23.00	27.63	30.00	49728.60	1.00	Horizontal

*Escenarios asociados al evento analizado. Ver catálogo de escenarios Anexo H.

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Clave	Escenarios asociados*	Consecuencia Descripción	Tipo de Liberación	Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m2)			
					LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5	37.5
E01	1.3.1.1, 1.3.1.2	Ruptura total de línea de 6" dentro de la City Gate Durango debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	Continua	1.5-F	100.07	141.27	101.75	70.24	54.94	223.36	153.35	121.84	93.56
				1.5-A/B	92.82	133.68	96.75	67.31	53.01	223.36	153.35	121.84	93.56
E02	1.4.1.1, 1.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en línea de 6" dentro de la City Gate Durango originada por corrosión.	Continua	1.5-F	28.75	24.96	18.05	12.54	9.86	42.57	31.52	26.65	21.26
				1.5-A/B	24.85	23.42	16.92	11.74	9.22	42.57	31.52	26.65	21.26
E03	2.1.1.1, 2.2.2.1	Fuga por un orificio de 2" en el tramo Durango de acero de 10" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				52.29	17.81	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.15	No se presenta				52.29	17.81	No alcanza	No alcanza
E04	2.2.1.1, 2.2.1.2	Ruptura total de tramo Durango de acero de 10" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.42	73.42	45.83	23.83	13.15	150.41	59.88	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.47	71.13	44.36	23.00	12.63	150.41	59.88	No alcanza	No alcanza
E05	2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.4.1.1, 2.4.1.2	Fuga por un orificio de 2" en tramo Durango de 10" originada por corrosión externa o erosión.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				32.57	10.10	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.09	No se presenta				32.57	10.10	No alcanza	No alcanza
E06	3.1.1.1, 3.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	0.01	No se presenta				5.81	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.02	No se presenta				5.81	No alcanza	No alcanza	No alcanza

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Clave	Escenarios asociados*	Consecuencia		Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire LFL	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m2)			
		Descripción	Tipo de Liberación			0.5	1	3	10	1.4	5	12.5	37.5
E07	3.2.1.1, 3.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.06	No se presenta				22.39	6.30	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.07					22.39	6.30	No alcanza	No alcanza
E08	3.3.1.1, 3.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por erosión.	Continua	1.5-F	0.01	No se presenta				4.74	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.01					4.74	No alcanza	No alcanza	No alcanza
E09	4.1.1.1, 4.1.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	0.03	No se presenta				11.35	2.23	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.03					11.35	2.23	No alcanza	No alcanza
E10	4.2.1.1, 4.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.12	No se presenta				43.51	14.43	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.14					43.51	14.43	No alcanza	No alcanza
E11	4.3.1.1, 4.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" originada por erosión.	Continua	1.5-F	0.02	No se presenta				9.26	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.03					9.26	No alcanza	No alcanza	No alcanza
E12	5.1.1.1, 5.1.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	0.04	No se presenta				16.77	4.20	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.05					16.77	4.20	No alcanza	No alcanza

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Clave	Escenarios asociados*	Consecuencia Descripción	Tipo de Liberación	Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m2)			
					LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5	37.5
E13	5.2.1.1, 5.2.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.18	No se presenta				64.06	22.79	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.21					64.06	22.79	No alcanza	No alcanza
E14	5.3.1.1, 5.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por erosión.	Continua	1.5-F	0.04	No se presenta				13.69	3.14	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.04					13.69	3.14	No alcanza	No alcanza
E15	6.1.1.2, 6.1.1.3, 6.1.2.2, 6.1.2.3, 6.1.3.2, 6.1.3.3, 6.2.1.1, 6.2.1.2, 6.5.1.1, 6.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	1.5-F	0.01	No se presenta				4.74	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.01					4.74	No alcanza	No alcanza	No alcanza
E16	6.3.1.1, 6.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	0.01	No se presenta				5.81	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.02					5.81	No alcanza	No alcanza	No alcanza
E17	6.4.1.1, 6.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.06	No se presenta				22.39	6.30	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.07					22.39	6.30	No alcanza	No alcanza
E18	7.1.1.2, 7.1.1.3,	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada	Continua	1.5-F	0.04	No se presenta				13.69	3.14	No alcanza	No alcanza

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Clave	Escenarios asociados*	Consecuencia Descripción	Tipo de Liberación	Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire LFL	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m2)			
						0.5	1	3	10	1.4	5	12.5	37.5
	7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.1.3.2, 7.1.3.3, 7.2.1.1, 7.2.1.2, 7.5.1.1, 7.5.1.2	por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.		1.5-A/B	0.04					13.69	3.14	No alcanza	No alcanza
E19	7.3.1.1, 7.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	0.04	No se presenta				16.77	4.20	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.05					16.77	4.20	No alcanza	No alcanza
E20	7.4.1.1, 7.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.18	No se presenta				64.06	22.79	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.21					64.06	22.79	No alcanza	No alcanza
E21	8.1.1.2, 8.1.1.3, 8.1.2.2, 8.1.2.3, 8.1.3.2, 8.1.3.3, 8.2.1.1, 8.2.1.2, 8.5.1.1, 8.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	1.5-F	0.07	No se presenta				26.67	7.91	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.08					26.67	7.91	No alcanza	No alcanza
E22	8.3.1.1, 8.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	0.09	No se presenta				32.64	10.16	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.10					32.64	10.16	No alcanza	No alcanza

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Consecuencia		Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m2)					
Clave	Escenarios asociados*			Descripción	Tipo de Liberación	LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5
E23	8.4.1.1, 8.4.1.2	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	No se presenta	61.11	38.13	19.81	10.01	123.60	48.28	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.42	58.98	36.77	19.06	10.46	123.60	48.28	No alcanza	No alcanza
E24	9.1.1.2, 9.1.1.3, 9.1.2.2, 9.1.2.3, 9.1.3.2, 9.1.3.3, 9.2.1.1, 9.2.1.2, 9.5.1.1, 9.5.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	1.5-F	0.01	No se presenta				4.74	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.01	4.74	No alcanza	No alcanza	No alcanza				
E25	9.3.1.1, 9.3.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				8.71	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.02	8.71	No alcanza	No alcanza	No alcanza				
E26	9.4.1.1, 9.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.06	No se presenta				22.39	6.30	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.07	22.39	6.30	No alcanza	No alcanza				
E27	10.1.1.2, 10.1.1.3, 10.1.2.2, 10.1.2.3, 10.1.3.2, 10.1.3.3, 10.2.1.1, 10.2.1.2,	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	1.5-F	0.04	No se presenta				13.69	3.14	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.04	13.69	3.14	No alcanza	No alcanza				

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Consecuencia		Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m ²)					
Clave	Escenarios asociados*			Descripción	Tipo de Liberación	LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5
	10.5.1.1, 10.5.1.2												
E28	10.3.1.1, 10.3.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				25.10	7.23	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.06					25.10	7.23	No alcanza	No alcanza
E29	10.4.1.1, 10.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.18	No se presenta				64.06	22.79	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.20					64.06	22.79	No alcanza	No alcanza
E30	11.1.1.2, 11.1.1.3, 11.1.2.2, 11.1.2.3, 11.1.3.2, 11.1.3.3, 11.2.1.1, 11.2.1.2, 11.5.1.1, 11.5.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	Continua	1.5-F	0.07	No se presenta				26.67	7.91	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.08					26.67	7.91	No alcanza	No alcanza
E31	11.3.1.1, 11.3.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				48.76	16.39	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.13					48.76	16.39	No alcanza	No alcanza
E32	11.4.1.1, 11.4.1.2	Ruptura total de ducto de poliamida de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	No se presenta	61.11	38.13	19.81	10.91	123.60	48.28	No alcanza	No alcanza

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Consecuencia		Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m ²)					
Clave	Escenarios asociados*			Descripción	Tipo de Liberación	LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5
				1.5-A/B	0.42	58.98	36.77	19.06	10.46	123.60	48.28	No alcanza	No alcanza
E33	12.1.1.2, 12.1.1.3, 12.1.2.2, 12.1.2.3, 12.1.3.2, 12.1.3.3, 12.2.1.1, 12.2.1.2, 12.2.2.1, 12.2.2.2, 12.2.3.1, 12.2.3.2, 12.6.1.1, 12.6.1.2, 12.7.1.1, 12.7.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	Continua	1.5-F	0.02	No se presenta				6.91	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.02					6.91	No alcanza	No alcanza	No alcanza
E34	12.3.1.1, 12.3.1.2, 12.4.1.1, 12.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				9.49	No alcanza	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.02					9.49	No alcanza	No alcanza	No alcanza
E35	12.5.1.1, 12.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				32.57	10.09	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.09					32.57	10.09	No alcanza	No alcanza
E36	13.1.1.2, 13.1.1.3,	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" originada por instalación de	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				19.94	5.32	No alcanza	No alcanza

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Consecuencia		Descripción	Tipo de Liberación	Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m2)			
Clave	Escenarios asociados*					LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5
	13.1.2.2, 13.1.2.3, 13.1.3.2, 13.1.3.3, 13.2.1.1, 13.2.1.2, 13.2.2.1, 13.2.2.2, 13.2.3.1, 13.2.3.2, 13.6.1.1, 13.6.1.2, 13.7.1.1, 13.7.1.2	material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.		1.5-A/B	0.06					19.94	5.32	No alcanza	No alcanza
E37	13.3.1.1, 13.3.1.2, 13.4.1.1, 13.4.1.2	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				27.33	8.06	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.07					27.33	8.06	No alcanza	No alcanza
E38	13.5.1.1, 13.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				92.84	34.71	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.28					92.84	34.71	No alcanza	No alcanza
E39	14.1.1.2, 14.1.1.3, 14.1.2.2, 14.1.2.3, 14.1.3.2, 14.1.3.3, 14.2.1.1, 14.2.1.2, 14.2.2.1, 14.2.2.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				38.78	12.55	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.11					38.78	12.55	No alcanza	No alcanza

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Consecuencia		Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m ²)					
Clave	Escenarios asociados*			Descripción	Tipo de Liberación	LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5
	14.2.3.1, 14.2.3.2, 14.6.1.1, 14.6.1.2, 14.7.1.1, 14.7.1.2												
E40	14.3.1.1, 14.3.1.2, 14.4.1.1, 14.4.1.2	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	No se presenta	No se presenta				53.06	18.12	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.15					53.06	18.12	No alcanza	No alcanza
E41	14.5.1.1, 14.5.1.2	Ruptura total de ducto de acero de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	Continua	1.5-F	0.50	87.23	54.47	28.35	15.67	178.52	72.59	No alcanza	No alcanza
				1.5-A/B	0.56	84.78	52.86	27.42	15.06	178.52	72.59	No alcanza	No alcanza
E42	15.1.1.2, 15.1.1.3, 15.1.2.2, 15.1.2.3, 15.1.3.2, 15.1.3.3, 15.2.1.1, 15.2.1.2, 15.2.2.1, 15.2.2.2, 15.2.3.1, 15.2.3.2, 15.7.1.1, 15.7.1.2, 15.10.1.1, 15.10.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	Continua	1.5-F	13.36	12.57	9.06	6.26	4.90	19.83	15.56	13.34	10.10
				1.5-A/B	13.01	11.85	8.54	5.90	4.61	19.83	15.56	13.34	10.10

Tabla 43 Radios de alcances de consecuencias expresados en metros.

Consecuencia				Velocidad del viento - Estabilidad Pasquill	Flash Fire	Sobrepresión (psi)				Radiación térmica (kW/m ²)			
Clave	Escenarios asociados*	Descripción	Tipo de Liberación		LFL	0.5	1	3	10	1.4	5	12.5	37.5
E43	15.3.1.1, 15.3.1.2, 15.4.1.1, 15.4.1.2	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	Continua	1.5-F	16.47	14.85	10.70	7.39	5.79	24.12	18.64	15.99	13.05
				1.5-A/B	16.11	13.99	10.08	6.96	5.44	24.12	18.64	15.99	13.05
E44	15.6.1.1, 15.6.1.2	Ruptura total de línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación distrital debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	Continua	1.5-F	43.15	78.05	56.69	39.66	31.39	116.27	82.10	66.88	52.43
				1.5-A/B	37.78	71.60	52.09	36.52	28.96	116.27	82.10	66.88	52.43

*Escenarios asociados al evento analizado. Ver catálogo de escenarios **Anexo H**.

7. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

La representación gráfica de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en los diagramas de pétalos obtenidas en la evaluación cuantitativa de consecuencias, se encuentran en el **Anexo J** del presente estudio, este mismo anexo incluye las fichas de datos de simulación y la memoria de cálculo de cada escenario evaluado.

Los criterios empleados para la representación de radios potenciales de afectación se enlistan a continuación:

- La representación de radios de afectación, para eventos que tengan potencial de presentarse en cualquier punto a lo largo de la trayectoria de los ductos, se extrapolaron a lo largo del mismo (Ver **Figura 58**) con la finalidad de abarcar toda la zona que podría ser afectada y en su caso determinar los puntos más vulnerables.

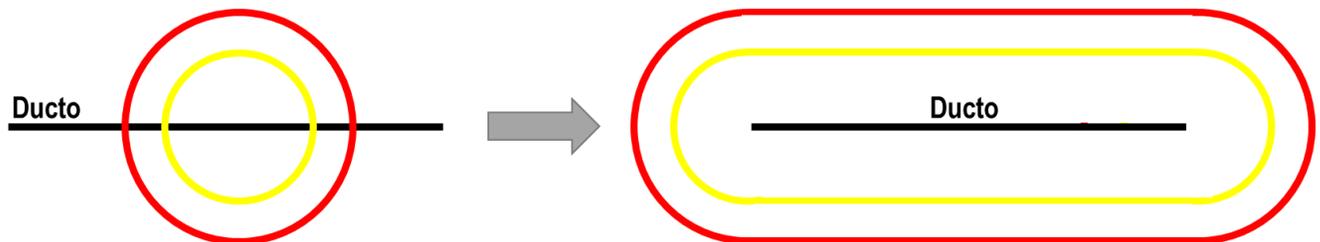


Figura 58 Representación de radios de afectación.

- La representación gráfica es ilustrativa de un caso hipotético donde el ducto se encuentra a nivel de piso (no enterrado) y sin considerar ninguna medida de seguridad.
- La representación gráfica de radiación térmica es ilustrativa, en virtud de que el simulador modeló un fuego tipo jet (*Jet fire*), el cual en términos reales tiene representación gráfica de un dardo, pero con fines de análisis se establece una representación de un buffer, es decir, la afectación no se presentará de manera simultánea, el dardo de fuego tendrá afectaciones hacia la dirección en la cual se produce la fuga, pero determinar si una fuga se puede producir en dirección norte, sur, este, etc., es incierto, por lo tanto, es criterio general considerar una afectación equivalente las todas las direcciones y de ese modo cubrir a todos los posibles puntos de interés afectados. (Ver **Figura 59**).

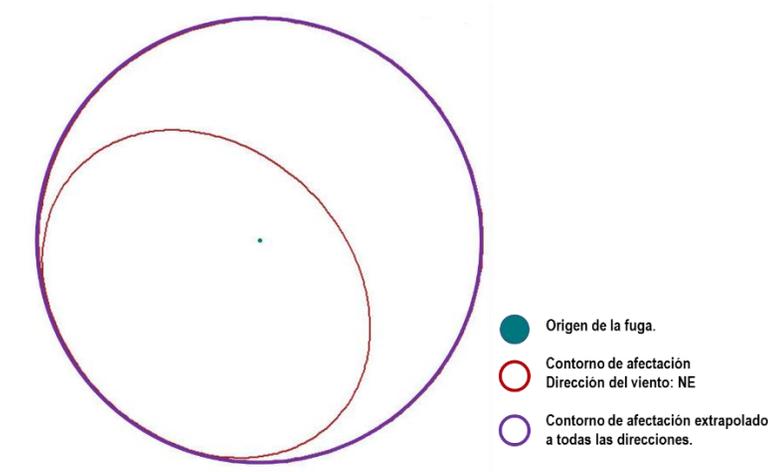


Figura 59 Representación de eventos de dardo de fuego.

- Los eventos aplicables a Obras Existentes se representaron sobre las mismas, en caso de existir más de una sección por sistema se representaron en simultáneo sobre el mismo plano.
- En el caso de eventos aplicables a Obras Nuevas; las cuales aún no cuenta con una ubicación definida, ECOGAS tomará en cuenta los resultados obtenidos del análisis de consecuencias durante el proceso de planeación de las obras. De manera temporal se representaron los radios en potenciales puntos de ubicación con la finalidad de tener la visión de las posibles afectaciones para cada evento evaluado.

En el **Anexo K** se presenta la descripción de consecuencias de los peores casos identificados para cada sección del Sistema de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango.

8. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.

8.1 Análisis de vulnerabilidad.

En la **Tabla 44** se presenta un resumen de la vulnerabilidad identificada para los eventos evaluados en el análisis cuantitativo de consecuencias, indicando los sistemas de seguridad y medidas preventivas con los que cuenta el SDGN en la Ciudad de Durango que ayudarán a prevenir su ocurrencia o a reducir la severidad de las consecuencias.

Considerando que el SDGN en la Ciudad de Durango se ubica en zona urbana tiene y tendrá interacción con distintos asentamientos humanos, por lo que en la tabla se realiza una descripción del tipo de afectaciones dentro de la zona de alto riesgo y amortiguamiento.

Es importante mencionar que las Obras Nuevas aún no cuentan con una ubicación definida, por lo que ECOGAS tomará como referencia los resultados y descripciones presentadas a continuación para determinar la mejor ubicación y tener en cuenta las medidas requeridas para prevenir o mitigar cualquier evento.

Tabla 44 Descripción de los posibles receptores de riesgo.

Clave del evento	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
E01 – E44	Población	Radiación	Alto riesgo	Las personas manifestarán un umbral de dolor que se alcanza después de 20 segundos de exposición. Asimismo, después de 40 segundos, son probables las quemaduras de segundo grado.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño realizado a partir de una memoria de cálculo por personal capacitado. • Proceso de compra que indica que en caso de no contar con certificado de calidad no se ingresa al almacén con base en el procedimiento P-EM-ALM-01_08. • Revisión documental de la información entregada por el 	Actualizar el Plan de Respuesta a Emergencias incluyendo escenarios identificados en el Proyecto. Comunicar a las autoridades federales, estatales y municipales la ubicación de los derechos de vía.
			Amortiguamiento	Las personas expuestas a la radiación no presentarán molestias mayores, aún durante periodos largos de exposición.		
		Sobrepresión	Alto riesgo	Ruptura de tímpanos y heridas serias por proyectiles a personas expuestas.		
			Amortiguamiento	Daño físico temporal.		
		Radiación	Alto riesgo	Aire		

Tabla 44 Descripción de los posibles receptores de riesgo.

Clave del evento	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	Medio Ambiente	Sobrepresión	Amortiguamiento	En el caso de radiación térmica los principales gases contaminantes serían el CO; monóxido de carbono, HC; hidrocarburos no quemados, NOx; óxidos de nitrógeno, SOx; óxidos de azufre y CO2; dióxido de carbono.	proveedor por el área de integridad mecánica.	Contar con planos actualizados del Sistema de Distribución de Gas Natural Durango donde se indique la ubicación y el trazo de tuberías, estaciones de regulación y medición y válvulas de seccionamiento.
Alto riesgo			Durante una sobrepresión se incrementaría la concentración Partículas Suspendidas Totales (PST). Las partículas suspendidas forman una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo fundamentalmente de su origen.	<ul style="list-style-type: none"> • Dictamen por Unidad Verificadora. • Protección catódica. • Sistema de protección anticorrosiva para tubería superficial. • Inspección visual. • Prueba de hermeticidad 		
Amortiguamiento			Finalmente, una explosión es la liberación simultánea de energía calórica, luminosa y sonora en un intervalo temporal ínfimo, en relación a esta última, el nivel sonoro generado se clasifica como Ruido impulsivo: es el caso del ruido de impactos o explosiones. Es breve y abrupto por lo que se considera que los efectos del nivel sonoro alcancen o rebasen las zonas de protección.	<ul style="list-style-type: none"> • Programa llame antes de excavar. • Recorrido de monitoreo de detección de fugas. • Señalética de derecho de vía del ducto. • Celaje del ducto con base en el procedimiento P-EM-OM-DQ_07. • Regulador monitor Mooney de 2" en City Gate Durango. • Válvula de corte por alta presión Fisher Franel de 6" en 		
				Suelo No se prevé afectación a este factor como consecuencia de un derrame, no obstante, es posible que se pueda presentar un impacto secundario derivado de la quema de combustibles (por radiación térmica y/o explosión), lo cual genera gases contaminantes, como el NOx óxidos de nitrógeno y SOx; óxidos de azufre que, al mezclarse con el oxígeno del aire y el vapor de agua, se transforman en ácidos que se depositan sobre la superficie terrestre (lluvia ácida). La lluvia ácida es posible que altere principalmente la química del suelo, como el pH.		
				Hidrología superficial No se prevé un impacto a cuerpos de agua superficiales terrestres. En el área del proyecto no se presenta hidrología superficial (Ver Anexo D Cartografía)		

Tabla 44 Descripción de los posibles receptores de riesgo.

Clave del evento	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
				<p>Vegetación</p> <p>En el caso de incendio y sobrepresión, se podría ver modificada la cobertura vegetal, por la quema de los organismos vegetales o por modificación de la morfología del estrato arbóreo que se encuentren dentro de la zona de alto riesgo y amortiguamiento.</p> <p>El impacto por la pérdida de la cobertura vegetal, no representa una afectación a la integridad funcional del ecosistema (relacionados con el ciclo del agua, la recuperación de la fertilidad a través de los elementos nutrientes y el suelo estructurado, la generación y preservación de biodiversidad -especies y hábitats-, la capacidad del sistema para afrontar estreses ambientales), toda vez que ninguna de esas funciones básicas se pierden dentro del Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.</p> <p>El predio no cuenta con vegetación nativa ni forestal, salvo vegetación secundaria y únicamente del estrato herbáceas, no se presenta cobertura forestal que se afecte.</p> <p>Fauna</p> <p>El área de proyecto ha sido sometida a cambios previos que han modificado las condiciones de hábitat para la subsistencia de fauna silvestre, debido a lo anterior las especies de fauna silvestre han sido desplazadas fuera de esta área. Durante la operación en las zonas amortiguamiento y de alto riesgo no se tendría sitios que propiciaran la creación de áreas de refugio y/o, alimentación de fauna silvestre, por lo que no se tendría ningún efecto sobre este componente.</p> <p>En el caso particular de que existan las condiciones para formación de nubes explosivas, éstas provocarían afectación a la fauna que ocasionalmente transitara en la zona en el área de influencia del proyecto, ya que una sobrepresión de 0.02 psig ocasionaría un ruido molesto</p>	<p>la entrada de la City Gate Durango.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cierre de válvulas de seccionamiento. • Aplicación del protocolo de atención a emergencias con clave P-EM-OM-05_08. 	

Tabla 44 Descripción de los posibles receptores de riesgo.

Clave del evento	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
				<p>que pueda causar afectación a las especies de fauna que resulten sensibles. Además, la fauna se podría ver afectada debido al movimiento de proyectiles ocasionados de las instalaciones.</p> <p>En general las especies de fauna enlistadas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, no se verán afectadas considerablemente ya que ninguna fue registrada dentro del polígono de implementación del Proyecto, sino en el área de influencia directa, la cual no será afectada.</p> <p>Resulta complejo establecer cuál podría ser el grupo faunístico vulnerable ante la ocurrencia de alguno de los eventos ya que los mismos inciden en un tiempo y espacio determinado. No obstante, lo anterior, la fauna se podría verse afectada por una eventual exposición por radiación térmica y/o explosión.</p> <p>Paisaje Las modificaciones paisajísticas o impactos a la calidad del paisaje, son unos de los impactos más evidentes ante la ocurrencia de los eventos analizados, en principio, el escenario actual se verá afectado visualmente por la consecuencia de un incendio y/o explosión, cambiando la calidad del paisaje, causará un impacto visual sobre los elementos naturales del área.</p>		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Umbral de dolor que se alcanza después de 20 segundos de exposición. Asimismo, después de 40 segundos, son probables las quemaduras de segundo grado. No se encuentra personal laborando de manera permanente sobre la red del sistema de distribución, la afectación se generará en caso de presentarse el evento durante recorridos operativos o de mantenimiento.		

Tabla 44 Descripción de los posibles receptores de riesgo.

Clave del evento	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar	
			Amortiguamiento	Las personas expuestas a la radiación no presentarán molestias mayores, aún durante periodos largos de exposición. No se encuentra personal laborando de manera permanente sobre la red del sistema de distribución, la afectación se generará en caso de presentarse el evento durante recorridos operativos o de mantenimiento.			
			Sobrepresión	Alto Riesgo			Ruptura de tímpanos y heridas serias por proyectiles a personas expuestas. No se encuentra personal laborando de manera permanente sobre la red de distribución la afectación se generará en caso de presentarse el evento durante recorridos operativos o de mantenimiento.
				Amortiguamiento			Daño físico temporal. No se encuentra personal laborando de manera permanente sobre la red de distribución la afectación se generará en caso de presentarse el evento durante recorridos operativos o de mantenimiento.
	Instalación / producción	Radiación	Alto Riesgo	Suspensión del servicio afectado a los clientes. En caso de que el incidente ocurriera cercano a las estaciones de regulación y medición distritales o City Gate Durango estas podrían verse afectadas.			
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Suspensión del servicio afectado a los clientes. En caso de que el incidente ocurriera cercano a las estaciones de regulación y medición distritales o City Gate Durango estas podrían verse afectadas.			

8.2 Interacciones de riesgo.

Todo Sistema de Distribución de Gas Natural está sujeto a la interacción con otros riesgos presentes en el área. Estos riesgos poder ser clasificados en activos y pasivos.

Los riesgos activos son aquellos que se suman a las consecuencias en un evento de ocurrencia, como puede ser un ejemplo la cercanía a instalaciones industriales catalogadas como de alto riesgo por sus procesos y los materiales involucrados, otro caso puede ser la presencia de almacenamiento o confinamiento de productos combustibles o explosivos en cercanías de las instalaciones del Sistema de Distribución. En las siguientes figuras se muestran posibles riesgos activos como: parques industriales, gasolineras, estaciones de carburación y centros de almacenamiento dentro del área del Sistema de Distribución de Gas Natural. El identificar riesgos activos no implica que los escenarios de riesgo analizados son un potencial generador de un efecto dominó o generar un escalamiento del riesgo, solamente se establece como una referencia sobre los riesgos activos dentro del área del Sistema de Distribución.

El presente análisis es un punto importante a revisar pues de aquí se desprende, por ejemplo, si las capacidades de recursos materiales existentes para atender una emergencia son suficientes o bien

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

Figura 60 Gasolineras en ciudad de Durango

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

Figura 61 Estaciones de gas en ciudad de Durango

Los riesgos pasivos son aquellos que determinan un grado mayor de afectación ante el acontecer de un evento que origine fuga en la red, como es el caso de instalaciones que agrupen personas en las colindancias de las instalaciones del sistema, por ejemplo: escuelas, hospital, etc. otro riesgo pasivo puede ser el incremento de la densidad poblacional. Para estos riesgos pasivos se cuenta con información en el **Apartado 5.4** denominado zonas vulnerables o de interés.

9. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.

Basado en los resultados del análisis cuantitativo se realizó el reposicionamiento del riesgo, con la finalidad de detectar si algún escenario fue sobre valorado o sub valorado en el análisis cualitativo, los resultados del reposicionamiento considerando las salvaguardas y protecciones existentes se muestran en el **Anexo H**.

A continuación, en la **Tabla 45** y **Figura 62** se presentan los datos estadísticos del reposicionamiento del riesgo a partir de los resultados emitidos en el análisis cuantitativo y considerando la acción de las salvaguardas establecidas en el diseño, los datos estadísticos nos indican la cantidad de escenarios agrupados por tipo de riesgo (no tolerable, indeseable, aceptable con controles, tolerable) de acuerdo a la matriz de evaluación.

Tabla 45 Distribución de escenarios derivados del reposicionamiento del riesgo.

Rubro	Región de Riesgo Inherente				Total
	A	B	C	D	
Daño al personal	0	0	1	239	240
	0%	0%	0%	100%	100%
Efecto en la población	0	0	5	235	240
	0%	0%	2%	98%	100%
Impacto ambiental	0	0	19	221	240
	0%	0%	8%	92%	100%
Daños a la instalación / pérdida de producción	0	0	0	240	240
	0%	0%	0%	100%	100%

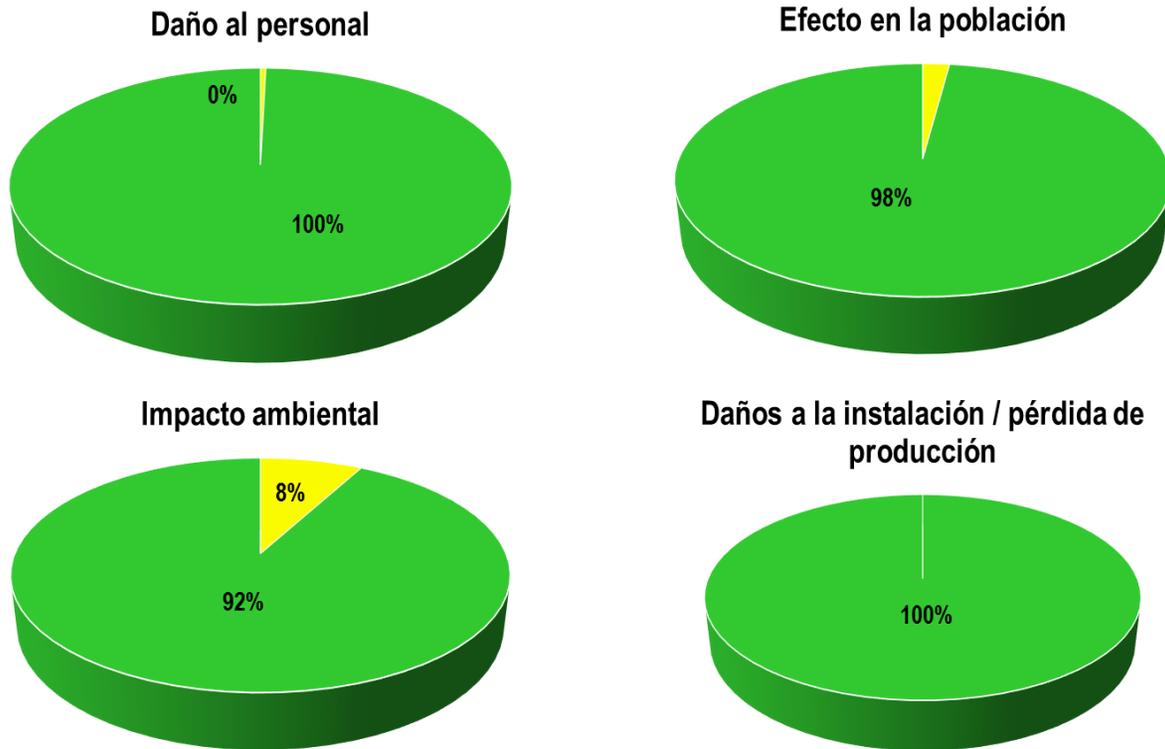


Figura 62 Distribución de escenarios derivados del reposicionamiento del riesgo.

Como se puede observar en el grafico anterior los cuatro rubros evaluados tienden a ubicarse en niveles de riesgo aceptable con controles y tolerable. Por lo que se considera que el Sistema de Distribución contempla en su diseño las medidas de prevención y mitigación suficientes.

10. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

10.1 Sistemas de seguridad.

ECOGAS, cuenta con diversos sistemas de procedimientos y actividades para impedir o minimizar alguna fuga de gas.

Los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con los que cuenta el SDGN en la Ciudad de Durango son los siguientes:

- Válvula de corte por máxima presión en City Gate Durango (Obra Existente): Las válvulas de corte trabajan de una manera automática detectando la presión que tiene el sistema aguas debajo de este dispositivo, en caso de tener una sobrepresión o que los sistemas de regulación fallen esta entrara en operación cerrando automáticamente y cortando el flujo del gas con el objetivo de proteger el sistema de un daño por la sobrepresión ocasionada.

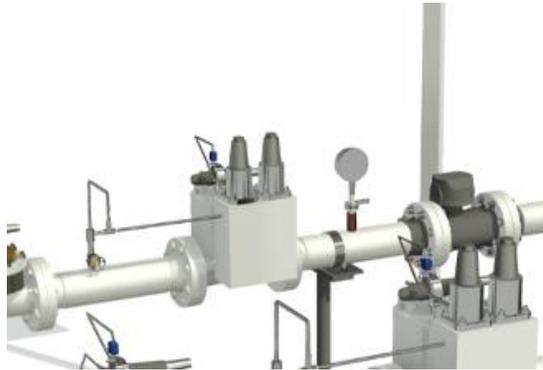


Figura 63 Ejemplo de una válvula de corte de máxima presión.

- Válvula de alivio en City Gate Durango (Obra Existente): Este dispositivo detecta una sobrepresión en el sistema por una falla aguas arriba de este y al momento de detectarla se activa abriendo una válvula y así permitiendo liberar flujo de gas el cual permitirá bajar la presión o mantenerla en un rango que evite daños al sistema.

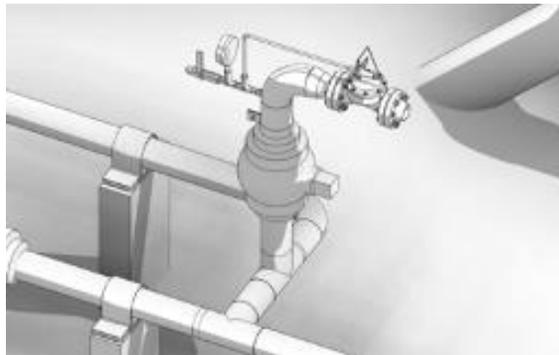


Figura 64 Ejemplo de una válvula de alivio.

- Válvula regulador monitor en City Gate Durango (Obra Existente) y Estaciones de Regulación Distritales (Obra Nueva): Es un regulador adicional el cual estará monitoreando el buen funcionamiento del regulador que se encuentra en operación por medio de líneas sensoras, este detectará cualquier falla en el regulador principal y entrará en operación a falla del mismo, por lo regular tiene un diferencial de presión que le permitirá no trabajar mientras esté en funcionamiento el regulador principal.

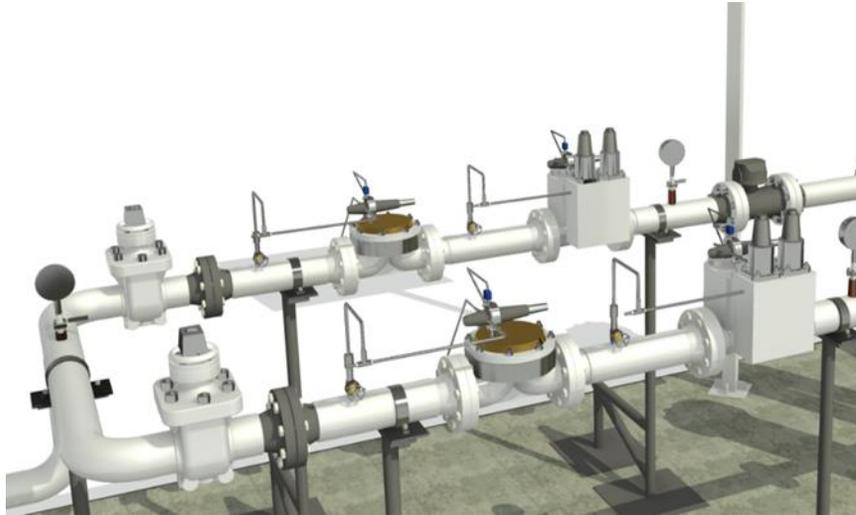


Figura 65 Ejemplo de un regulador monitor.

- Válvulas de seccionamiento manual (Obras existentes y Obras Nuevas): Dispositivo instalado en la tubería para controlar o bloquear el flujo de gas hacia cualquier sección del Sistema de Distribución. Las válvulas de seccionamiento son elementos indispensables para la gestión y control de la red de tuberías, permitiendo aislar tramos, atender labores de mantenimiento y/o avería y gestionar sectorizaciones, entre otras muchas labores. Dichas válvulas están concebidas para un funcionamiento todo/nada, es decir, para estar completamente abiertas o cerradas.

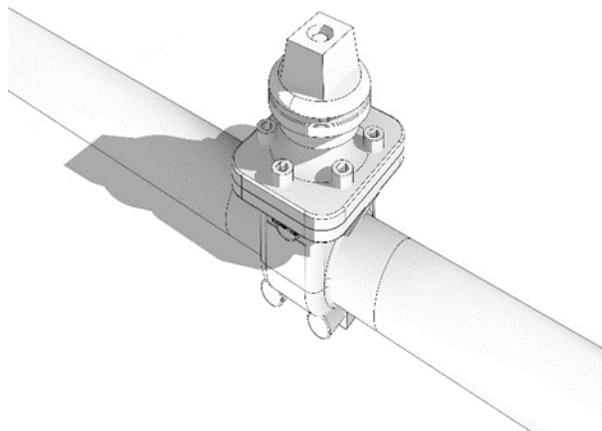


Figura 66 Ejemplo de válvula de seccionamiento.

- Válvulas de exceso de flujo para tuberías de polietileno (Obras Existentes y Obras Nuevas): Válvula de apertura o cierre por sobrepresión o por baja presión.

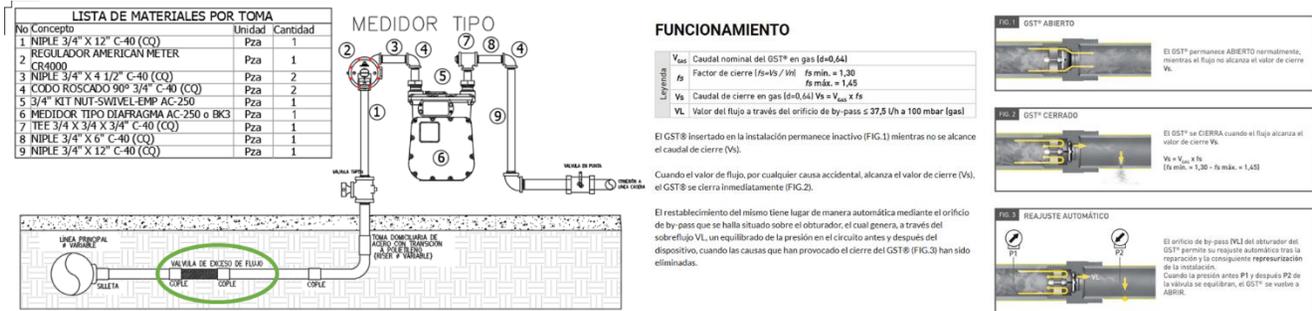


Figura 67 Ejemplo de válvula de exceso de flujo.

- Sistema de protección contra incendios: Por las características propias del sistema de distribución de gas natural, no se cuenta con una red contra incendio propiamente dicha, sin embargo, se consideran algunos elementos que permiten una acción de atención ante un evento extraordinario de incendio, cabe destacar que ECOGAS dará cumplimiento a los siguientes aspectos mencionados en la NOM-003-ASEA-2016, relacionados con protección contra incendio:

- Apartado 8. Operación y Mantenimiento, subapartado 8.12 Protección contra incendio indica:
 - El personal que desarrolle cualquier tipo de actividad en el Sistema de distribución, debe contar con el equipo contra incendio acorde con el tipo y dimensiones de fuego que pueda presentarse.
 - El equipo contra incendio debe estar identificado y ubicado en lugares visibles, de fácil acceso y que se encuentren libres de obstáculos.

- Apartado 8. Operación y Mantenimiento, subapartado 8.16 Durante la inspección o reparación de tuberías donde pueda haber presencia de Gas, se debe observar lo siguiente:

- Se debe de tener en el sitio de trabajo personal de seguridad y extintores;

Durante la operación del SDGN no se encontrará trabajando personal de manera fija, las visitas serán de manera periódica con motivo de monitoreo y/o mantenimiento, en estos casos el personal contará con equipo necesario para atención de cualquier conato de incendio que se presente durante sus labores.

Cuando la magnitud de la emergencia sea mayor la atención se dará en conjunto con cuerpos de emergencias locales como lo son protección civil y cuerpo de bomberos, basado en lo establecido en el "Procedimiento para la atención a emergencias clave: P-EM-OM-05_08".

El total de los extintores disponibles durante actividades de operación y mantenimiento estarán contemplados en un programa de revisión mensual conforme al Apartado 8. Operación y Mantenimiento, subapartado 8.4.1 Programa de revisión mensual de extintores, cumpliendo con las condiciones establecidas.

10.2 Medidas preventivas.

Durante la operación del SDGN en la Ciudad de Durango se llevarán a cabo diversas medidas preventivas encaminadas a evitar las condiciones fuera de control, el correspondiente deterioro al entorno ambiental y las potenciales afectaciones a personal y asentamientos humanos. Dichas actividades se incluyen en el “Procedimiento para la integridad y la seguridad en el sistema de distribución con clave: P-EM-OM-01_07”, y se resumen a continuación:

- **Vigilancia del sistema de distribución.**

Cualquier empleado que observe maquinaria realizando labores o cerca de la infraestructura, indicios de construcción, condiciones diferentes o inseguras a lo largo del sistema de distribución, deberá intervenir y reportar de manera inmediata al departamento de operación y mantenimiento.

Si durante el recorrido observa la presencia de emisiones fugitivas, actividades de construcción, invasiones, factores que afecten la seguridad y la operación lo deberán reportar y dar seguimiento hasta su mitigación.

Como parte de vigilancia al sistema de distribución se incluye la inspección de tuberías en puentes, drenes, accesos carreteros y terrenos inestables. Se deben de investigar los siguientes conceptos:

- Grietas, levantamientos, o hundimientos de tierra, pavimento o edificios,
- Indicativos de fugas de gas, ej. Daño en la vegetación.
- Daños por corrosión a tubos o soportes, por método visual (lagrimeo, descostre. Presencia de óxido etc.)
- Realizar el acercamiento una vez al año con el personal que tenga la convivencia con la infraestructura de distribución con la obra civil dentro de la traza de la franja de desarrollo,
- Deterioro de recubrimientos anticorrosivo mediante el método de inspección visual (por caleo, pérdida de adherencia)
- Evidencia de presiones externas inusuales (golpes a la tubería) sobre los tubos o sus soportes,
- Áreas donde sea probable que excavaciones extensas, nivelaciones, o rellenos, puedan resultar en movimiento de tierra.
- Postes, varillas de sistemas de tierra física, tensores o retenidas adyacentes a la tubería, acometidas eléctricas, registros.
- Cualquier otro factor que pueda afectar la seguridad y operación de la instalación,

Los reportes de vigilancia del sistema de distribución deberán indicar condiciones peligrosas observadas, acciones correctivas realizadas o recomendadas y la localización de cualquier deficiencia en los activos de la empresa.

- **Señalización.**

Cuando las tuberías se encuentren en la franja de desarrollo del sistema de carreteras o caminos federales, se deberán colocar postes de señalamiento en áreas seguras dentro de los límites de la franja de desarrollo del sistema (DDV).

Los señalamientos informativos, restrictivos y/o preventivos se deben instalar en tuberías que:

Se ubiquen lo más cerca posible en ambos lados del cruce de una carretera, camino público, ferrocarril, cruce aéreo, fluvial y otros cuerpos de agua, cambios de dirección mayor a 30 grados e instalaciones superficiales como válvulas de seccionamiento, estaciones de regulación, y estaciones de regulación y medición.

La distancia mínima entre cada señalamiento es de 1000 m para clases de localización 1 y 2, 500 m para clases de localización 3 y 100 m para clases de localización 4.

El contenido mínimo de información en el señalamiento debe ser: "Advertencia, cuidado, precaución". Estas palabras deberán tener un alto de 25 por 6 mm de ancho y ser seguido de las frases; "tubería a presión bajo tierra, gas natural"; "no cavar, no golpear, no construir". (Esta frase puede ir en letras o en símbolo). "En caso de emergencia, llamar a: (Nombre del Distribuidor)"; "Teléfonos: Clave lada, teléfono(s) local y/o número libre de cargo" y los señalamientos deberán ir en fondo color amarillo y letras color negro.

En los casos donde los señalamientos no puedan ser colocados debido a impedimentos del lugar o físicos del terreno, la señalización se puede realizar con las siguientes alternativas:

Colocar el señalamiento a un lado del lomo del ducto; placas en el piso o pared (tachuelas o estoperoles), que contengan como mínimo: nombre del distribuidor, teléfono(s) del mismo, y las leyendas gas natural, no cavar. En ambos casos, el distribuidor deberá considerar

Medidas adicionales en el programa de operación y mantenimiento.

- Recorrido para el monitoreo y detección de fugas en el sistema de distribución.

Para realizar la inspección de sus instalaciones, se debe disponer de los siguientes recursos:

a) Recurso humano: Debe contar con personal suficiente que reúna la calificación y experiencia requeridas, para aplicar el método de inspección que se utilice, en caso de no contar con el personal calificado se podrá subcontratar el servicio de una empresa especialista en el tema, con previa autorización de la Dirección.

b) Recursos materiales: Para la inspección de fugas en un sistema de ductos, se debe disponer de los siguientes recursos materiales: planos vigentes de la red de distribución con escala y grado de detalle adecuados, equipos de detección de fugas adecuados y con calibración vigente para obtener información necesaria para la localización y cuantificación de las fugas y vehículos y equipos adecuados para la atención de fugas.

Los recorridos con detector de fugas se realizan para el caso de línea principal cada año, dentro del periodo del mes anterior y el mes posterior al mes de aniversario. El objetivo de estos recorridos es garantizar que el área asignada para inspección sea hermética y reportar toda fuga que pudiera ser detectada con métodos aprobados.

- Monitoreo de intensidad de olor.

ECOGAS México especificará los lugares de monitoreo en campo en todo el sistema que sean suficientes y tan diversos que puedan razonablemente caracterizar la fuerza del olor del gas. Las lecturas de los equipos que se utilicen serán registradas en el formato de reporte de la intensidad de olor del gas emitido por el sistema MAXIMO del departamento de operación y mantenimiento.

El personal técnico de ECOGAS México será el encargado de monitorear la intensidad del olor del gas a lo largo del sistema de distribución, deberá estar capacitado para el uso correcto de equipo con el cual realizará pruebas en puntos estratégicos y con ello garantizar la correcta intensidad de odorante para ser detectado mediante el olfato al 1% del límite inferior de explosividad (LIE) de acuerdo a la Normativa vigente.

- Control de corrosión externa en tubería de acero enterrada.

Las estructuras metálicas o tuberías de acero enterradas están expuestas a los efectos de la corrosión externa como consecuencia del proceso electroquímico que ocasiona el flujo de iones del metal de la tubería al electrolito que la rodea. Para reducir este efecto, es necesario ejercer un control de los factores que influyen en el proceso de corrosión, donde la adecuada selección del material de la tubería y la aplicación de los recubrimientos son los primeros medios utilizados para evitar dicho daño.

La función del recubrimiento es aislar la superficie metálica de la tubería del electrolito que la rodea. Además del recubrimiento anticorrosivo se debe aplicar protección complementaria a la tubería mediante el uso de protección catódica. La implementación, instalación, operación y mantenimiento adecuado del control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas o sumergidas han demostrado ser una herramienta eficaz que aumenta la confiabilidad de las tuberías destinadas al transporte de fluidos.

Para evaluar la funcionalidad del sistema de protección catódica se efectúan levantamientos de potenciales en intervalos máximos de 6 meses para zonas de campo traviesa y cada 3 meses en zona urbana.

Los dispositivos de aislamiento eléctrico se deben verificar cuando menos una vez al año y reemplazar en caso de falla.

Cuando el sistema de protección es a base impresa con rectificador, las fuentes de energía eléctrica se deben inspeccionar cuando menos seis veces cada año calendario a intervalos que no excedan de dos meses y medio.

En caso de ocurrir cambios positivos de potencial se debe tomar acción inmediata particularmente en puntos de impresión de corriente eléctrica.

Todas las conexiones eléctricas e interruptores de corriente eléctrica se deben revisar como mínimo una vez al año, y en caso de existir alguna anomalía, se debe eliminar o corregir.

Se deben realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de las tuberías que se encuentran en superficie y áreas expuestas.

Debido a que el recubrimiento anticorrosivo de la tubería está expuesto a daños y deterioros por factores tales como: absorción de humedad, esfuerzos del terreno y desprendimiento catódico se deben realizar investigaciones tendientes a identificar, cuantificar y valorar los defectos del recubrimiento dieléctrico y sus efectos en la demanda de corriente eléctrica del sistema de protección catódica seleccionado, estableciendo la conveniencia de repararlos y/o administrar la protección catódica en esas áreas desnudas de la tubería.

Cuando se detecten daños en el recubrimiento anticorrosivo que sean de una magnitud que justifique su reposición, se deben aplicar recubrimientos anticorrosivos compatibles con el existente.

En cuanto a la City Gate Durango (Obra Existente) y las Estaciones de Regulación y Medición Distritales se realizarán actividades de inspección y mantenimiento conforme a lo establecido en el “Procedimiento para inspección y mantenimiento a los sistemas de regulación y medición con clave: P-EM-OM-03_06”, donde se incluye lo siguiente:

- Inspección inicial.
 - Fumigación (confirmar que se realiza de acuerdo al programa de mantenimiento anual)
 - Revisión y lubricación de puertas y candados.
 - Limpieza general.
 - Reposición y/o instalación de señalamientos de gas natural (si se requiere).
 - Reposición y/o instalación de accesorios (etiquetas, aisladores, soportes).
 - Instalación y/o reparación de jaulas de seguridad (si se requiere).
 - Instalación de postes de contención (si se requiere).
 - Ajuste de tornillería a escaleras y accesorios de seguridad.
- Mantenimiento al sistema de regulación.
 - Ubicación de posibles fugas.
 - Inspección de presiones y determinación de condiciones de funcionamiento.
 - Cambio de flujo de gas (by-pass, si se requiere).
 - Inspección de filtros principales de control y/o reposición de elementos.
 - Mantenimiento interno a reguladores principales y de control y/o reposición de elementos. Mantenimiento interno de válvulas alivio.
 - Reparación de fugas.
 - Verificación de funcionamiento de manómetros.
 - Reposición o reparación de líneas sensoras (si se requiere).
 - Inspección de válvulas de entrada y salida, tanto generales como derivadoras.
 - Calibración de válvula de alivio (sistemas de regulación que no estén en registros).
 - Ajuste al regulador de monitoreo.
 - Ajuste al regulador de servicio.
 - Ajuste al regulador de entrega.
 - Puesta en servicio.
 - Pintura en áreas oxidadas.
 - Inspección de la presión real de servicio.
 - Llenado de formatos de registros de mantenimiento. (O.T. de Máximo)
 - Archivo y control de formatos de mantenimiento.

- Mantenimiento al sistema de medición.
 - Medidor: Cambio de aceite o lubricación, inspección visual para ubicar fugas de aceite, prueba de reloj para verificar parámetros de medición, verificación del funcionamiento del contador, inspección de rotación y ruidos.
 - Corrector de volumen: Levantamiento de información (lectura corregida, lectura sin corregir y flujo al instante en m³), revisión de voltaje en baterías, revisión del factor total de corrección, revisión de giros de engranajes, revisión de fugas en suministro de presión, limpieza de aceite en sensor de temperatura, mantenimiento al sistema de información del electrocorrector. (Configuración de condiciones base), ajuste de lecturas de acuerdo al tiempo que se estuvo en by-pass, se debe llenar el formato F-EM-OM-05.
- Mantenimiento al sistema de protección catódica.
 - Verificación de funcionamiento de insulados de entrada y salida, así como en cada punto de sujeción de los soportes.
 - Verificación de interfaces suelo-aire
 - Verificación de pasamuros.

En caso de que la emergencia se presente, ECOGAS, aplicará el “Procedimiento para la atención a Emergencias, clave: P-EM-OM-05_08”, incluido en el **Anexo L**, este procedimiento tiene como objetivo el asegurar la integridad y seguridad del personal así como de los procesos que involucran realizar las actividades del área de mantenimiento preventivo, estableciendo las directrices generales para la atención de una emergencia en el Sistema de Distribución de Gas Natural de ECOGAS México y así controlar y minimizar los efectos negativos que podría suceder un evento hacia las personas, el medio ambiente e instalaciones.

Este documento incluye:

- Atención a reportes a olores de gas.
- Marcajes preventivos.
- Daño al sistema de distribución.
 - Aseguramiento del perímetro.
 - Proceso de evacuación.
 - Proceso de fin de la emergencia y retorno a la normalidad.
- Guardia de atención a emergencias.

10.3 Recomendaciones técnico-operativas.

Como resultado del presente Estudio de Riesgo Ambiental se generaron las siguientes recomendaciones técnico operativas, como punto de mejora para reducir el riesgo a niveles tolerables.

Tabla 46 Recomendaciones de la identificación de peligros y escenarios de riesgo.

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema o km	Elemento SASISOPA asociado a la recomendación	Escenarios de riesgo asociados	Responsable	Nivel de Riesgo
R1	Actualizar el Plan de Respuesta a Emergencias incluyendo escenarios identificados en el Proyecto.	Obras Nuevas PEAD/Poliamida/Acero de 2" PEAD/Poliamida/Acero de 4" PEAD/Poliamida/Acero de 6" PEAD/Poliamida/Acero de 8" PEAD/Poliamida/Acero de 10" PEAD/Poliamida/Acero de 12" Cuatro (04) Estaciones de Regulación y Medición Distritales	XIII. Preparación y respuesta a emergencias.	6.3.1.1, 6.3.1.2, 6.4.1.1, 6.4.1.2, 7.3.1.1, 7.3.1.2, 7.4.1.1, 7.4.1.2, 8.3.1.1, 8.3.1.2, 8.4.1.1, 8.4.1.2, 9.3.1.1, 9.3.1.2, 9.4.1.1, 9.4.1.2, 10.3.1.1, 10.3.1.2, 10.4.1.1, 10.4.1.2, 11.3.1.1, 11.3.1.2, 11.4.1.1, 11.4.1.2, 12.4.1.1, 12.4.1.2, 12.5.1.1, 12.5.1.2, 12.6.1.1, 12.6.1.2, 13.4.1.1, 13.4.1.2, 13.5.1.1, 13.5.1.2, 13.6.1.1, 13.6.1.2, 14.4.1.1, 14.4.1.2, 14.5.1.1, 14.5.1.2, 14.6.1.1, 14.6.1.2, 15.4.1.1, 15.4.1.2, 15.6.1.1, 15.6.1.2, 15.7.1.1, 15.7.1.2.	Seguridad	C
R2	Comunicar a las autoridades federales, estatales y municipales la ubicación de los derechos de vía.	Obras Nuevas PEAD/Poliamida/Acero de 2" PEAD/Poliamida/Acero de 4" PEAD/Poliamida/Acero de 6" PEAD/Poliamida/Acero de 8" PEAD/Poliamida/Acero de 10" PEAD/Poliamida/Acero de 12" Cuatro (04) Estaciones de Regulación y Medición Distritales	VII. Control de actividades arranques y cambios.		Operación y mantenimiento	C
R3	Contar con planos actualizados del Sistema de Distribución de Gas Natural Durango donde se indique la ubicación y el trazo de tuberías, estaciones de regulación y medición y válvulas de seccionamiento.	Obras Nuevas PEAD/Poliamida/Acero de 2" PEAD/Poliamida/Acero de 4" PEAD/Poliamida/Acero de 6" PEAD/Poliamida/Acero de 8" PEAD/Poliamida/Acero de 10" PEAD/Poliamida/Acero de 12" Cuatro (04) Estaciones de Regulación y Medición Distritales	VII. Control de actividades arranques y cambios.		Operación y mantenimiento	C

A continuación, se presenta el programa para su implementación.

Tabla 47 Programa para la implementación de las recomendaciones.

Escenario de riesgo	Recomendaciones por implementar			Fecha o periodo para su implementación	
	No.	Nivel de riesgo	Recomendación		Responsable
6.3.1.1, 6.3.1.2, 6.4.1.1, 6.4.1.2, 7.3.1.1, 7.3.1.2, 7.4.1.1, 7.4.1.2, 8.3.1.1, 8.3.1.2, 8.4.1.1, 8.4.1.2, 9.3.1.1, 9.3.1.2, 9.4.1.1, 9.4.1.2, 10.3.1.1, 10.3.1.2, 10.4.1.1, 10.4.1.2, 11.3.1.1, 11.3.1.2, 11.4.1.1, 11.4.1.2, 12.4.1.1, 12.4.1.2, 12.5.1.1, 12.5.1.2, 12.6.1.1, 12.6.1.2, 13.4.1.1, 13.4.1.2, 13.5.1.1, 13.5.1.2, 13.6.1.1, 13.6.1.2, 14.4.1.1, 14.4.1.2, 14.5.1.1, 14.5.1.2, 14.6.1.1, 14.6.1.2, 15.4.1.1, 15.4.1.2, 15.6.1.1, 15.6.1.2, 15.7.1.1, 15.7.1.2	R1	C	Actualizar el Plan de Respuesta a Emergencias incluyendo escenarios identificados en el Proyecto.	Seguridad	Previo al inicio de operaciones.
	R2	C	Comunicar a las autoridades federales, estatales y municipales la ubicación de los derechos de vía.	Operación mantenimiento y	Etapas de Construcción.
	R3	C	Contar con planos actualizados del Sistema de Distribución de Gas Natural Durango donde se indique la ubicación y el trazo de tuberías, estaciones de regulación y medición y válvulas de seccionamiento.	Operación mantenimiento y	Etapas de Construcción

11. CONCLUSIONES.

El presente estudio consideró la identificación y evaluación de los riesgos asociados al diseño, construcción y operación de las Obras Existentes y Obras Nuevas del Sistema de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango.

Como parte del análisis preliminar se aplicaron dos (02) metodologías la primera fue la lista de verificación con dos objetivos principales; el primero cerciorar que el diseño y construcción de las Obras Nuevas vaya acorde a la normatividad vigente aplicable en materia de distribución de gas natural (NOM-003-ASEA-2016) y el segundo identificar los posibles peligros que se puedan presentar durante la operación de Obras Existentes y Obras Nuevas. Como segunda metodología se realizó el análisis de histórico de accidentes e incidentes.

De la lista de verificación basada en la NOM-003-ASEA-2016 se identificó que ECOGAS cuenta con los mecanismos necesarios para lograr su cumplimiento aplicable al diseño, construcción, operación y mantenimiento de Obras Nuevas, cabe señalar que la evaluación del cumplimiento en campo del diseño y construcción lo realizará una Unidad Verificadora, integrando toda evidencia en un expediente.

De la lista de verificación basada en la NOM-009-ASEA-2017 se identificaron veinticuatro (24) peligros con potencial de presentarse durante la operación del Sistema de Distribución, estos eventos fueron retomados en análisis cualitativo para identificar sus potenciales causas, consecuencias, salvaguardas y nivel de riesgo asociado para determinar si es necesario o no la implementación de recomendaciones.

Como paso siguiente, se realizó el análisis de antecedentes de accidentes e incidentes, para esta actividad se emplearon bases de datos nacionales e internacionales de eventos que estén involucrados con el manejo del gas natural, de este análisis se identificaron dos factores importantes para originar una fuga, el primero factores internos como son la integridad mecánica, fallo de dispositivos, errores del operador y el segundo factores externos como lo son por golpes por excavaciones y vandalismo. En cuanto a las consecuencias que presentaron los eventos analizados el 48% presento lesiones y el 42% fueron incidentes sin consecuencias relevantes.

Tomando como base los resultados obtenidos en el análisis preliminar de riesgos y peligros, se realizó el análisis cualitativo con la metodología ¿Qué pasa sí...?, en este análisis se identificaron doscientos cuarenta (240) escenarios de riesgo, de los cuales diecinueve (19) presentan nivel de riesgo no tolerable (tipo A y B) en alguno de los rubros evaluados (daño al personal, efecto en la población, impacto ambiental, daños a la instalación/pérdida de producción) sin considerar la acción de salvaguardas (riesgo inherente).

Posteriormente se enlistaron las salvaguardas contempladas en el diseño para así obtener el nivel de riesgo operativo donde se obtuvo que todos tienden a ubicarse en región de riesgo aceptable con controles y tolerable (tipo C y D), lo que nos indica que el SDGN en la Ciudad de Durango tiene consideradas las medidas de prevención y mitigación suficientes para administrar la seguridad en niveles tolerables.

De los doscientos cuarenta (240) escenarios de riesgo identificados, doscientos uno (201) están asociados a la pérdida de contención de gas natural, estos escenarios fueron seleccionados para realizar el análisis cuantitativo de frecuencias y consecuencias con la finalidad de verificar que ningún escenario haya sido sobre valorado o sub valorado. Posterior a la selección escenarios, se agruparon de acuerdo con las características de evaluación similares, generándose así un catálogo de cuarenta y cuatro (44) eventos.

Para la evaluación cuantitativa de frecuencias se aplicó la metodología de árboles de eventos con el objetivo de conocer la frecuencia de ocurrencia por tipo de consecuencia, esta metodología dio como resultado que el evento con mayor frecuencia es el E08 asociado a fuga en el ducto de polietileno de alta densidad de 2" (Obra Existente), esto se debe en gran parte a que es la sección del SDGN que posee mayor longitud y está más propenso a sufrir daños externos o fallas durante su operación, en caso de presentarse este evento se tiene una probabilidad del 20 % de generarse una ignición inmediata (dardo de fuego), del 24% de generarse un incendio de nube, del 16% de una explosión y del 40 % de generarse una fuga de gas natural sin ignición.

El análisis de consecuencias se realizó a los cuarenta y cuatro (44) eventos asociados a liberación de gas natural, para ello se empleó el simulador PHAST 8.23, de este análisis se establecieron las zonas de alto riesgo y amortiguamiento establecidas por la ASEA, para determinar la vulnerabilidad e interacciones de riesgo del SDGN.

De este análisis se determinó que el evento que presenta mayores consecuencias corresponde al "E01. Ruptura total de línea de 6" dentro de la City Gate Durango debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)", la causa de este se debe a factores externos como lo puede ser un golpe externo o vandalismo, a pesar de no tener el control total sobre esta causa, ECOGAS, cuenta con el procedimiento de preparación y respuesta a emergencias cuya función es dar respuesta oportuna para así poder reducir o mitigar las afectaciones que pueda generar, y así administrar el nivel de riesgo de este escenario en niveles tolerables.

En el **Apartado 8.2** se mencionan las instalaciones en la Ciudad de Durango con las que las Obras Nuevas podrían tener interacción de riesgo y posibilidad de presentar un efecto dominó, esta información junto con los resultados del análisis cuantitativo de consecuencias deberá ser tomados en cuenta por ECOGAS para determinar la mejor ubicación de las Obras Nuevas y en caso de existir interacción documentar en el Plan de Respuesta a Emergencias los procedimientos específicos para dar una respuesta oportuna y prevenir una consecuencia mayor.

Tomando los resultados del análisis cuantitativo se realizó el reposicionamiento del riesgo, obteniendo que en los cuatro rubros evaluados el riesgo permanece en zona tan bajo como sea razonablemente factible (ALARP). Lo que nos indica que las medidas de prevención y mitigación consideradas en el SDGN son suficientes.

Del presente estudio se generaron tres (03) recomendaciones la primera corresponde a actualizar el Plan de Respuesta a Emergencias conforme se vayan construyendo las Obras Nuevas, esto con la finalidad de que se garantice tener procedimientos y establecer los recursos necesarios en caso de un evento no deseado en cada sección del SDGN. La segunda recomendación va orientada a comunicar a las autoridades federales, estatales y municipales la ubicación de los derechos de vía de las Obras Nuevas, si bien actualmente no se cuenta con una ubicación definida y esta se generará en función de la demanda por parte de los clientes, previo a la construcción se deberá notificar a estas autoridades para poder prevenir cualquier actividad que pueda afectar su construcción y/o operación posteriormente. La tercera recomendación es el contar con planos actualizados conforme se vayan construyendo las Obras Nuevas ya que esto permitirá que todo el personal tenga ubicado el trazo de ductos y ubicación de válvulas de seccionamiento lo que llevará una respuesta oportuna en caso de presentarse un evento no deseado.

Lo descrito anteriormente permite establecer que ECOGAS diseñará las Obras Nuevas de manera adecuada basado en normatividad vigente y aplicando los sistemas de control de calidad pertinentes para garantizar su construcción y posterior operación razonablemente segura, con los riesgos identificados controlados y los mecanismos de seguridad, de prevención y control, así como los relacionados con la atención de emergencias, eficazmente disponibles para hacer frente a las diversas situaciones que puede conllevar su operación; por lo que se concluye que las Obras Nuevas son viables desde el punto de vista de riesgo ambiental.

12. RESUMEN EJECUTIVO.

En el presente Estudio de Riesgo Ambiental, se identifica, caracteriza y valora de forma objetiva, cada uno de los componentes y factores relevantes del sistema de riesgo ambiental. El sistema de riesgos ambiental está compuesto por cuatro componentes:

- **Fuente de riesgo:** En este componente se analiza en detalle la peligrosidad de la sustancia y la cantidad potencial involucrada en la fuga. La sustancia fugada, gas natural, contiene metano en mayor proporción que es considerado como uno de los gases de efecto invernadero y contaminante, el metano es el principal precursor del ozono troposférico. El gas natural no presenta riesgo de potencial exposición de bioacumulación. Una potencial fuga de gas natural no generaría efectos adversos sobre la vegetación, tampoco se espera un deterioro de la estructura del suelo. En caso de fuga de gas natural se espera una dispersión inmediata ($P_{\text{ebullición}} = -165^{\circ}\text{C}$) sin posibilidad de condensarse y alcanzar cuerpos de agua superficial.
- **Sistema de control primario:** Son los equipos o medidas de prevención, control o mitigación, dispuestos en el SDGN por ECOGAS, con la finalidad de mantener una determinada fuente de riesgos en condiciones de control permanente, de forma que no afecte significativamente al ambiente, en este aspecto en caso de presentarse una fuga ECOGAS cuenta con válvulas de seccionamiento manuales en la trayectoria del ducto y válvulas de cierre automático por alta y baja presión en la City Gate Durango (límite aguas arriba del SDGN en la Ciudad de Durango), cuya función será el control primario de la fuga todo esto será desarrollado por personal capacitado miembros de la brigada de emergencias.
- **Sistema de transporte:** Este componente describe en qué casos las fuentes de riesgo pueden alcanzar al medio receptor y estimar si el transporte en el mismo (aire, agua, suelo), puede poner a la fuente de riesgo en contacto con el receptor. En caso de la fuga de gas sin ignición, se encontró durante la simulación de consecuencias que dadas las características de la sustancia el único medio de transporte sería el aéreo, este alcanzará a desplazar un porcentaje de gas natural antes de ascender totalmente hacia la atmósfera por ser muy ligero en comparación con el aire (densidad relativa 0.61).
- **Receptores vulnerables:** La evaluación de receptores indica a partir de una valoración del entorno natural y socioeconómico, el nivel potencial de afectación y por ende la vulnerabilidad de los receptores ambientales. El SDGN en la Ciudad de Durango se encuentra localizado en un área urbana, donde existen diversos puntos vulnerables de población e interacciones de riesgo con instalaciones que empleen sustancias químicas peligrosas por tal motivo ECOGAS cuenta con medidas de prevención enfocadas en reducir la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de los eventos no deseados.

De acuerdo con lo descrito, el punto más significativo del presente estudio son las fugas de gas natural en los ductos de distribución, Estaciones de Regulación Distritales o en el City Gate Durango, estas fugas pueden ser causadas por problemas de integridad mecánica, fallas en el sistema de regulación de presión, fallas en el procedimiento de construcción o factores externos como lo son golpes terceros o vandalismo. Por las características del gas natural, la mayor afectación al ambiente se generaría en caso de que esta encuentre un punto de ignición, lo que generaría afectaciones a componentes ambientales como la vegetación, perturbaciones al suelo que es empleado en actividades de agricultura y al aire por contaminación por polvos y partículas suspendidas generadas por el incendio.

El principal componente que se verá afectado será el humano, ya que el SDGN se encuentra ubicado en área urbana donde existen múltiples viviendas, vialidades principales, y centros de concentración de población; los sistemas de seguridad y medidas preventivas indicadas en el **Apartado 10** garantizan el prevenir, controlar y contener un posible incidente relacionado con los eventos analizados y también tienen evitarán que se genere una cadena de sucesos que lleven a la ocurrencia de un incidente catastrófico.

Con base en los resultados descritos en el **Apartado 8**, es factible aseverar que los eventos analizados del SDGN en la Ciudad de Durango no pondrán en riesgo la estructura y función del ecosistema del sistema ambiental.

El informe técnico mediante el formato establecido en el Anexo 5 de la Guía para elaborar Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos emitida en julio de 2020, se presenta a continuación.

1. Datos Generales

Fecha de elaboración	12 de octubre de 2021										
a. DATOS DE LA EMPRESA CONTRATADA POR EL REGULADO PARA ELABORAR EL ANÁLISIS DE RIESGO											
Nombre de la empresa:	INERCO Consultoría México S.A. de C.V.										
Nombre de la persona responsable:	Victor Manuel Alonso Córdova	Cargo:	Responsable del Área Seguridad Industrial								
b. DATOS GENERALES DEL REGULADO											
CURR:	ASEA-EOM17003C	RFC:	EME9704037Q8								
Nombre, razón o denominación social:	ECOGAS MEXICO S DE RL DE CV										
Nombre del Proyecto:	Sistema de Distribución de Gas Natural en la Ciudad de Durango										
Objetivo del Proyecto:	Distribución de gas natural.										
c. UBICACIÓN DEL PROYECTO*											
Calle y número	-	Colonia /Localidad	Durango								
Municipio / Alcaldía	Victoria de Durango	Estado	Durango								
Código Postal	-										
d. DOMICILIO PARA OÍR O RECIBIR NOTIFICACIONES											
Calle y número	Paseo de la Reforma 342	Colonia /Localidad	Juárez								
Municipio / Alcaldía	Cuauhtémoc	Estado	Ciudad de México								
Código Postal	06600										
Teléfonos	(614) 1122877	Correo electrónico	amartinez@ienova.com								
Nombre del representante legal del Regulado	Sergio Romero Orozco										
Cargo	Representante Legal										
e. ACTIVIDAD DEL SECTOR HIDROCARBUROS (artículo 3º., fracción XI de la Ley de la ASEA)											
a	Reconocimiento y exploración superficial, y exploración y extracción de Hidrocarburos	b	Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo	c	Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como transporte, almacenamiento, distribución y expendio de gas	d	Transporte, almacenamiento, distribución y expendio de gas licuado de petróleo	e	Transporte, almacenamiento, distribución y expendio de petrolíferos	f	Transporte por ducto y almacenamiento, que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos producto del procesamiento de gas natural y de la refinación del petróleo

2. Generalidades del terreno.

a. USO DE SUELO DONDE SE ENCUENTRA EL PROYECTO.									
	Agrícola / Pecuario		Rural		Habitacional		Industrial		Forestal
	Comercial	 	Mixto						
b. EL PROYECTO SE ENCUENTRA UBICADA EN UNA ZONA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS									
	Zona industrial		Zona Habitacional		Zona suburbana				
	Parque Industrial	 	Zona urbana		Zona rural		Zona marina		
c. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.					d. SUPERFICIE				
	Coordenada X				Requerida				m ²
	Coordenadas Y				Total				m ²

3. Sustancias transportadas por ductos.

No.	Clave de escenario	Nombre químico de la sustancia (IUCPAC)	No. CAS	Riesgo Químico					Flujo (m ³ /d)	Densidad (kg/m ³)	Longitud (m)	Diámetro (in)	Presión (psi)		Espesor (in)	Descripción de la trayectoria
				C	R	E	T	I					Operación	Diseño		
1	E01	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	13	6	500	500	0.279	Terrestre
2	E02	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	13	6	500	500	0.279	Terrestre
3	E03	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	6588	10	150	420	0.279	Terrestre
4	E04	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	6588	10	150	420	0.279	Terrestre
5	E05	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	6588	10	150	420	0.279	Terrestre
6	E06	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	19378	2	59.86	100	0.216	Terrestre
7	E07	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	19378	2	59.86	100	0.216	Terrestre
8	E08	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	19378	2	59.86	100	0.216	Terrestre
9	E09	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	4525000	4	59.86	100	0.409	Terrestre

No.	Clave de escenario	Nombre químico de la sustancia (IUCPAC)	No. CAS	Riesgo Químico					Flujo (m³/d)	Densidad (kg/m³)	Longitud (m)	Diámetro (in)	Presión (psi)		Espesor (in)	Descripción de la trayectoria
				C	R	E	T	I					Operación	Diseño		
10	E10	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	4525000	4	59.86	100	0.409	Terrestre
11	E11	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	4525000	4	59.86	100	0.409	Terrestre
12	E12	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	17688000	6	59.86	100	0.602	Terrestre
13	E13	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	17688000	6	59.86	100	0.602	Terrestre
14	E14	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	17688000	6	59.86	100	0.602	Terrestre
15	E15	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	59.86	100	-	Terrestre
16	E16	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	59.86	100	-	Terrestre
17	E17	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	59.86	100	-	Terrestre
18	E18	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	59.86	100	-	Terrestre
19	E19	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	59.86	100	-	Terrestre
20	E20	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	59.86	100	-	Terrestre
21	E21	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	59.86	100	-	Terrestre
22	E22	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	59.86	100	-	Terrestre
23	E23	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	59.86	100	-	Terrestre
24	E24	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	59.86	250	-	Terrestre
25	E25	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	59.86	250	-	Terrestre

No.	Clave de escenario	Nombre químico de la sustancia (IUCPAC)	No. CAS	Riesgo Químico					Flujo (m ³ /d)	Densidad (kg/m ³)	Longitud (m)	Diámetro (in)	Presión (psi)		Espesor (in)	Descripción de la trayectoria
				C	R	E	T	I					Operación	Diseño		
26	E26	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	59.86	250	-	Terrestre
27	E27	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	59.86	250	-	Terrestre
28	E28	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	59.86	250	-	Terrestre
29	E29	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	59.86	250	-	Terrestre
30	E30	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	59.86	250	-	Terrestre
31	E31	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	59.86	250	-	Terrestre
32	E32	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	59.86	250	-	Terrestre
33	E33	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	150	300	-	Terrestre
34	E34	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	150	300	-	Terrestre
35	E35	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	730	2	150	300	-	Terrestre
36	E36	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	150	300	-	Terrestre
37	E37	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	150	300	-	Terrestre
38	E38	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	26000	6	150	300	-	Terrestre
39	E39	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	150	300	-	Terrestre
40	E40	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	150	300	-	Terrestre
41	E41	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	12000	12	150	300	-	Terrestre

No.	Clave de escenario	Nombre químico de la sustancia (IUCPAC)	No. CAS	Riesgo Químico					Flujo (m³/d)	Densidad (kg/m³)	Longitud (m)	Diámetro (in)	Presión (psi)		Espesor (in)	Descripción de la trayectoria
				C	R	E	T	I					Operación	Diseño		
42	E42	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	13	4	100	420	-	Terrestre
43	E43	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	13	4	100	420	-	Terrestre
44	E44	Gas natural	8006-14-2	-	-	-	-	X	14976	0.737	13	4	100	420	-	Terrestre

4. Escenarios de riesgo modelados.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario	Accidente hipotético				Ubicación				Unidad o equipo de proceso	Metodología empleada	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Etapa de operación						
							Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios			
1	E01	Ruptura total de línea de 6" dentro de la City Gate Durango debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	City Gate Durango	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
2	E02	Fuga por un orificio de 1.2" en línea de 6" dentro de la City Gate Durango originada por corrosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	City Gate Durango	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
3	E03	Fuga por un orificio de 2" en el tramo Durango de acero de 10" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Tramo Durango de 10" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
4	E04	Ruptura total de tramo Durango de acero de 10" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Tramo Durango de 10" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
5	E05	Fuga por un orificio de 2" en tramo Durango de 10" originada por corrosión externa o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Tramo Durango de 10" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
6	E06	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 2" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
7	E07	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2"	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 2"	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.

4. Escenarios de riesgo modelados.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario	Accidente hipotético				Ubicación				Metodología empleada	Componente ambiental afectado	
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Etapa de operación						
							Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios			Unidad o equipo de proceso
		debido a golpe externo (excavación o vandalismo)									(Existente)		
8	E08	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 2" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
9	E09	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 4" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
10	E10	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 4" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 4" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
11	E11	Fuga por un orificio de 0.8" en ducto de polietileno de alta densidad de 4" originada por erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 4" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
12	E12	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 6" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
13	E13	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 6" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
14	E14	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 6" (Existente)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
15	E15	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
16	E16	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a una sobrepresión por falla en la	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.

4. Escenarios de riesgo modelados.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario	Accidente hipotético				Ubicación				Metodología empleada	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Etapa de operación					
							Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios		
		regulación de presión en la City Gate Durango.										
17	E17	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
18	E18	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
19	E19	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
20	E20	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
21	E21	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
22	E22	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
23	E23	Ruptura total de ducto de polietileno de alta densidad de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PEAD de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
24	E24	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PA de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
25	E25	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de poliamida de 2" debido a	X	-	X	-	-	X	-	Ducto de PA de 2"	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.

4. Escenarios de riesgo modelados.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario	Accidente hipotético				Ubicación				Metodología empleada	Componente ambiental afectado	
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Etapa de operación						
							Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios			
		una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.									(Nueva)		
26	E26	Ruptura total de ducto de poliamida de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PA de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
27	E27	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PA de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
28	E28	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de poliamida de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PA de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
29	E29	Ruptura total de ducto de poliamida de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PA de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
30	E30	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura por termofusión deficiente o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PA de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
31	E31	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de poliamida de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PA de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
32	E32	Ruptura total de ducto de poliamida de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de PA de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
33	E33	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
34	E34	Fuga por un orificio de 0.4" en ducto de acero de 2" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.

4. Escenarios de riesgo modelados.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario	Accidente hipotético				Ubicación				Metodología empleada	Componente ambiental afectado	
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Etapa de operación						
							Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios			
35	E35	Ruptura total de ducto de acero de 2" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 2" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
36	E36	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
37	E37	Fuga por un orificio de 1.2" en ducto de acero de 6" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
38	E38	Ruptura total de ducto de acero de 6" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 6" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
39	E39	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
40	E40	Fuga por un orificio de 2.4" en ducto de acero de 12" debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
41	E41	Ruptura total de ducto de acero de 12" debido a golpe externo (excavación o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Ducto de acero de 12" (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
42	E42	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital originada por instalación de material fuera de especificación, soldadura deficiente, corrosión o erosión.	X	-	X	-	-	-	X	-	Estación Distrital (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.
43	E43	Fuga por un orificio de 0.8" en línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación Distrital debido a una sobrepresión por falla en la regulación de presión en la City Gate Durango.	X	-	X	-	-	-	X	-	Estación Distrital (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.

4. Escenarios de riesgo modelados.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario	Accidente hipotético				Ubicación				Metodología empleada	Componente ambiental afectado	
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Etapa de operación						
							Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios			
44	E44	Ruptura total de línea de acero de 4" dentro de la Estación de Regulación distrital debido a golpe externo (golpe con vehículo o vandalismo)	X	-	X	-	-	-	X	-	Estación Distrital (Nueva)	Análisis de Consecuencias	Aire, suelo.

5. Criterios para la estimación de consecuencias.

Programa de simulación empleado:					PHAST 8.23									
No.	Clave	Tipo de caso simulado	Tipo de liberación		Tamaño de fuga (plg)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario total (kg)	Tiempo de fuga (s)	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Humedad relativa	Presión en el punto de fuga (psi)	Temperatura en el punto de fuga (°C)	Estado físico en el punto de fuga
			Masiva	Continua										
1	E01	PC	-	X	6.00	103.60	186480.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	500.00	23.00	Gas
2	E02	CMP	-	X	1.20	4.14	7452.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	500.00	23.00	Gas
3	E03	CA	-	X	2.00	9.65	17370.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	420.00	23.00	Gas
4	E04	PC	-	X	10.00	88.71	159678.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
5	E05	CMP	-	X	2.00	3.55	6386.40	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
6	E06	CA	-	X	0.40	0.10	174.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	100.00	23.00	Gas
7	E07	PC	-	X	2.00	1.56	2808.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
8	E08	CMP	-	X	0.40	0.06	111.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
9	E09	CA	-	X	0.80	0.39	702.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	100.00	23.00	Gas
10	E10	PC	-	X	4.00	6.25	11250.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
11	E11	CMP	-	X	0.80	0.25	450.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
12	E12	CA	-	X	1.20	0.88	1584.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	100.00	23.00	Gas
13	E13	PC	-	X	6.00	14.06	25308.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
14	E14	CMP	-	X	1.20	0.56	1008.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
15	E15	CMP	-	X	0.40	0.06	111.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
16	E16	CA	-	X	0.40	0.10	174.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	100.00	23.00	Gas
17	E17	PC	-	X	2.00	1.56	2811.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
18	E18	CMP	-	X	1.20	0.56	1008.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
19	E19	CA	-	X	1.20	0.88	1584.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	100.00	23.00	Gas
20	E20	PC	-	X	6.00	14.06	25308.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
21	E21	CMP	-	X	2.40	2.25	4050.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
22	E22	CA	-	X	2.40	3.52	6336.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	100.00	23.00	Gas
23	E23	PC	-	X	12.00	56.26	101268.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
24	E24	CMP	-	X	0.40	0.06	111.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
25	E25	CA	-	X	0.40	0.23	415.80	1800	1.5	F y AB	77.50%	250.00	23.00	Gas

Programa de simulación empleado:					PHAST 8.23									
No.	Clave	Tipo de caso simulado	Tipo de liberación		Tamaño de fuga (plg)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario total (kg)	Tiempo de fuga (s)	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Humedad relativa	Presión en el punto de fuga (psi)	Temperatura en el punto de fuga (°C)	Estado físico en el punto de fuga
			Masiva	Continua										
26	E26	PC	-	X	2.00	1.56	2811.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
27	E27	CMP	-	X	1.20	0.56	1011.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
28	E28	CA	-	X	1.20	2.08	3744.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	250.00	23.00	Gas
29	E29	PC	-	X	6.00	14.06	25308.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
30	E30	CMP	-	X	2.40	2.25	4050.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
31	E31	CA	-	X	2.40	8.32	14976.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	250.00	23.00	Gas
32	E32	PC	-	X	12.00	56.25	101250.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	59.86	23.00	Gas
33	E33	CMP	-	X	0.40	0.14	253.80	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
34	E34	CA	-	X	0.40	0.28	496.80	1800	1.5	F y AB	77.50%	300.00	23.00	Gas
35	E35	PC	-	X	2.00	3.54	6372.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
36	E36	CMP	-	X	1.20	1.27	2286.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
37	E37	CA	-	X	1.20	2.49	4474.80	1800	1.5	F y AB	77.50%	300.00	23.00	Gas
38	E38	PC	-	X	6.00	31.94	57484.80	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
39	E39	CMP	-	X	2.40	5.11	9196.20	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
40	E40	CA	-	X	2.40	9.95	17901.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	300.00	23.00	Gas
41	E41	PC	-	X	12.00	127.75	229941.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	150.00	23.00	Gas
42	E42	CMP	-	X	0.80	1.11	1989.00	1800	1.5	F y AB	77.50%	300.00	23.00	Gas
43	E43	CA	-	X	0.80	1.54	2779.20	1800	1.5	F y AB	77.50%	420.00	23.00	Gas
44	E44	PC	-	X	4.00	27.63	49728.60	1800	1.5	F y AB	77.50%	300.00	23.00	Gas

PC: Peor Caso, CMP: Caso Más Probable, CA: Caso Alterno.

6. Resultados de la estimación de radios potenciales de afectación.

No.	Clave	Tipo de caso	Clave del evento	Dispersión tóxica (m)			Radiación térmica (m)			Sobrepresión (m)		
				IDLH (Zona de alto riesgo)	TLV _{8h} (Zona de Amortiguamiento)	TLV _{15 min} (Zona de Amortiguamiento)	1.4 kW/m ² (Zona de amortiguamiento)	5 kW/m ² (Zona de alto riesgo)	37.5 kW/m ² (Zona de alto riesgo a equipos)	0.5 psi (Zona de amortiguamiento)	1.0 psi (Zona de alto riesgo)	10 psi (Zona de alto riesgo a equipos)
1	E01	PC	E01	NSP	NSP	NSP	223.36	153.35	93.56	141.27	101.75	54.94
2	E02	CMP	E02	NSP	NSP	NSP	42.57	31.52	21.26	24.96	18.05	9.86
3	E03	CA	E03	NSP	NSP	NSP	52.29	17.81	NA	NSP	NSP	NSP
4	E04	PC	E04	NSP	NSP	NSP	150.41	59.88	NA	73.42	45.83	13.15
5	E05	CMP	E05	NSP	NSP	NSP	32.57	10.10	NA	NSP	NSP	NSP
6	E06	CA	E06	NSP	NSP	NSP	5.81	NA	NA	NSP	NSP	NSP
7	E07	PC	E07	NSP	NSP	NSP	22.39	6.30	NA	NSP	NSP	NSP

No.	Clave	Tipo de caso	Clave del evento	Dispersión tóxica (m)			Radiación térmica (m)			Sobrepresión (m)		
				IDLH (Zona de alto riesgo)	TLV _{8h} (Zona de Amortiguamiento)	TLV _{15 min} (Zona de Amortiguamiento)	1.4 kW/m ² (Zona de amortiguamiento)	5 kW/m ² (Zona de alto riesgo)	37.5 kW/m ² (Zona de alto riesgo a equipos)	0.5 psi (Zona de amortiguamiento)	1.0 psi (Zona de alto riesgo)	10 psi (Zona de alto riesgo a equipos)
8	E08	CMP	E08	NSP	NSP	NSP	4.74	NA	NA	NSP	NSP	NSP
9	E09	CA	E09	NSP	NSP	NSP	11.35	2.23	NA	NSP	NSP	NSP
10	E10	PC	E10	NSP	NSP	NSP	43.51	14.43	NA	NSP	NSP	NSP
11	E11	CMP	E11	NSP	NSP	NSP	9.26	NA	NA	NSP	NSP	NSP
12	E12	CA	E12	NSP	NSP	NSP	16.77	4.20	NA	NSP	NSP	NSP
13	E13	PC	E13	NSP	NSP	NSP	64.06	22.79	NA	NSP	NSP	NSP
14	E14	CMP	E14	NSP	NSP	NSP	13.69	3.14	NA	NSP	NSP	NSP
15	E15	CMP	E15	NSP	NSP	NSP	4.74	NA	NA	NSP	NSP	NSP
16	E16	CA	E16	NSP	NSP	NSP	5.81	NA	NA	NSP	NSP	NSP
17	E17	PC	E17	NSP	NSP	NSP	22.39	6.30	NA	NSP	NSP	NSP
18	E18	CMP	E18	NSP	NSP	NSP	13.69	3.14	NA	NSP	NSP	NSP
19	E19	CA	E19	NSP	NSP	NSP	16.77	4.20	NA	NSP	NSP	NSP
20	E20	PC	E20	NSP	NSP	NSP	64.06	22.79	NA	NSP	NSP	NSP
21	E21	CMP	E21	NSP	NSP	NSP	26.67	7.91	NA	NSP	NSP	NSP
22	E22	CA	E22	NSP	NSP	NSP	32.64	10.16	NA	NSP	NSP	NSP
23	E23	PC	E23	NSP	NSP	NSP	123.60	48.28	NA	61.11	38.13	10.01
24	E24	CMP	E24	NSP	NSP	NSP	4.74	NA	NA	NSP	NSP	NSP
25	E25	CA	E25	NSP	NSP	NSP	8.71	NA	NA	NSP	NSP	NSP
26	E26	PC	E26	NSP	NSP	NSP	22.39	6.30	NA	NSP	NSP	NSP
27	E27	CMP	E27	NSP	NSP	NSP	13.69	3.14	NA	NSP	NSP	NSP
28	E28	CA	E28	NSP	NSP	NSP	25.10	7.23	NA	NSP	NSP	NSP
29	E29	PC	E29	NSP	NSP	NSP	64.06	22.79	NA	NSP	NSP	NSP
30	E30	CMP	E30	NSP	NSP	NSP	26.67	7.91	NA	NSP	NSP	NSP
31	E31	CA	E31	NSP	NSP	NSP	48.76	16.39	NA	NSP	NSP	NSP
32	E32	PC	E32	NSP	NSP	NSP	123.60	48.28	NA	61.11	38.13	10.91
33	E33	CMP	E33	NSP	NSP	NSP	6.91	NA	NA	NSP	NSP	NSP
34	E34	CA	E34	NSP	NSP	NSP	9.49	NA	NA	NSP	NSP	NSP
35	E35	PC	E35	NSP	NSP	NSP	32.57	10.09	NA	NSP	NSP	NSP
36	E36	CMP	E36	NSP	NSP	NSP	19.94	5.32	NA	NSP	NSP	NSP
37	E37	CA	E37	NSP	NSP	NSP	27.33	8.06	NA	NSP	NSP	NSP
38	E38	PC	E38	NSP	NSP	NSP	92.84	34.71	NA	NSP	NSP	NSP
39	E39	CMP	E39	NSP	NSP	NSP	38.78	12.55	NA	NSP	NSP	NSP
40	E40	CA	E40	NSP	NSP	NSP	53.06	18.12	NA	NSP	NSP	NSP
41	E41	PC	E41	NSP	NSP	NSP	178.52	72.59	NA	87.23	54.47	15.67
42	E42	CMP	E42	NSP	NSP	NSP	19.83	15.56	10.10	12.57	9.06	4.90
43	E43	CA	E43	NSP	NSP	NSP	24.12	18.64	13.05	14.85	10.70	7.39

No.	Clave	Tipo de caso	Clave del evento	Dispersión tóxica (m)			Radiación térmica (m)			Sobrepresión (m)		
				IDLH (Zona de alto riesgo)	TLV _{8h} (Zona de Amortiguamiento)	TLV _{15 min} (Zona de Amortiguamiento)	1.4 kW/m ² (Zona de amortiguamiento)	5 kW/m ² (Zona de alto riesgo)	37.5 kW/m ² (Zona de alto riesgo a equipos)	0.5 psi (Zona de amortiguamiento)	1.0 psi (Zona de alto riesgo)	10 psi (Zona de alto riesgo a equipos)
44	E44	PC	E44	NSP	NSP	NSP	116.27	82.10	52.43	78.05	56.69	31.39

NSP: No se presenta

NA: No Alcanza

Por último, se reitera que el objetivo del presente Estudio de Riesgo es identificar, evaluar y categorizar los riesgos potenciales asociados a la operación rutinaria y actividades críticas definidas en el alcance, desarrollado con base en la información proporcionada por el cliente y a la luz de las técnicas y procedimientos al uso, considerando criterios estrictamente técnicos y objetivos en la medida que el estado actual de la tecnología lo permite.