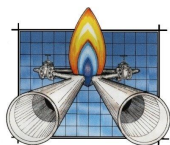
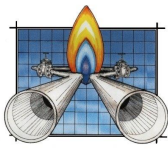


TABLA DE CONTENIDO

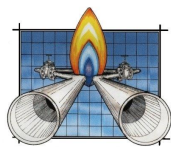
I. DATOS GENERALES.....	4
I.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA U ORGANISMO.....	4
I.2. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DE LA EMPRESA	4
I.3. NÚMERO DE REGISTRO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN EMPRESARIAL MEXICANO (SIEM).....	4
I.4. CÁMARA O ASOCIACIÓN A LA QUE PERTENECE, INDICANDO EL NÚMERO DE REGISTRO Y LA FECHA DE AFILIACIÓN	4
I.5. ACTIVIDAD PRODUCTIVA PRINCIPAL DEL ESTABLECIMIENTO	4
I.6. CLAVE DEL CATÁLOGO M A P	4
I.7. CÓDIGO AMBIENTAL.....	4
I.8. DOMICILIO DEL ESTABLECIMIENTO	4
I.9. DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES	5
I.10. FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN	5
I.11. NÚMERO DE TRABAJADORES EQUIVALENTE (OPCIONAL).....	5
I.12. TOTAL DE HORAS SEMANALES TRABAJADAS EN PLANTA (OPCIONAL)	5
I.13. NÚMERO DE TRABAJADORAS PROMEDIO, POR DÍA Y POR TURNO LABORADO.....	5
I.14. ¿ES MAQUILADORA DE RÉGIMEN DE IMPORTACIÓN TEMPORAL? (OPCIONAL)	5
I.15. ¿PERTENECE A ALGUNA CORPORACIÓN? (OPCIONAL)	5
I.16. PARTICIPACIÓN DE CAPITAL	5
I.17. NÚMERO DE EMPLEOS INDIRECTOS A GENERAR.....	6
I.18. INVERSIÓN ESTIMADA (M.N.).....	6
I.19. NOMBRE DEL GESTOR O PROMOVENTE.....	6
I.20. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL GESTOR O PROMOVENTE.....	6
I.21. DEPARTAMENTO PROPONENTE DEL ESTUDIO DE RIESGO	6
I.22. NOMBRE COMPLETO, FIRMA Y PUESTO DE LA PERSONA RESPONSABLE DE LA INSTALACIÓN (REPRESENTANTE LEGAL) 7	
I.23. NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA, BAJO PROTESTA DE DECIR LA VERDAD	7
I.24. NOMBRE DE LA COMPAÑÍA ENCARGADA DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO	7
I.25. DOMICILIO DE LA COMPAÑÍA ENCARGADA DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO.....	7
I.26. NOMBRE COMPLETO, PUESTO Y FIRMA DE LA PERSONA RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO	7
II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	8
II.1. NOMBRE DE LA INSTALACIÓN, HACIENDO UNA BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	8
II.1.1. Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización	8
II.1.2. Fecha de inicio de operaciones	8
II.1.3. Descripción de la instalación	8
II.1.4. Antigüedad y vida útil.....	13
II.2. UBICACIÓN DEL DUCTO EN OPERACIÓN.....	13
II.2.1. Mapa de la región, indicando trayectoria y ubicación del ducto, coordenadas y colindancias	14
II.2.2.1. Tabla indicativa de cruzamientos	16
II.2.3. Descripción de accesos	21
II.3. AUTORIZACIONES OFICIALES CON QUE CUENTA.....	26
III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO.....	27
III.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS O ÁREAS SELECCIONADAS PARA LA UBICACIÓN DEL DUCTO	27
III.1.1. Planos de la Región.....	27



III.1.1.1. Zonas vulnerables o puntos de interés.....	29
III.1.2. Medio Biótico	41
III.1.3. Medio Abiótico	65
III.2. Zonas susceptibles.....	75
III.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS ENTORNO A LA INSTALACIÓN.....	80
III.3.1. Clima	80
III.3.2. Temperatura.....	83
III.3.3. Dirección y velocidad del viento.....	87
III.3.4. Humedad relativa	87
III.3.5. Precipitación Pluvial.....	87
III.4. DETERIORO ESPERADO EN FLORA Y FAUNA POR LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE LA INSTALACIÓN	89
IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL	92
IV.1. Programa de Desarrollo Urbano Local	92
V. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	104
V.1. BASES DE DISEÑO Y NORMAS UTILIZADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DUCTO	104
V.2. INFRAESTRUCTURA REQUERIDA PARA LA OPERACIÓN DEL DUCTO	114
V.3. HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD (MSDS) DE LAS SUSTANCIAS Y/O MATERIALES PELIGROSOS	120
DATOS DE SEGURIDAD (MSDS) DE LAS SUSTANCIAS Y/O MATERIALES PELIGROSOS.....	120
V.4. CONDICIONES DE OPERACIÓN	127
V.4.1. Condiciones de operación del ducto.....	127
V.4.2. Características de la instrumentación y control	137
VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	178
VI.1. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES OCURRIDOS EN DUCTOS SIMILARES	178
VI.2. PUNTOS PROBABLES DE RIESGO.....	186
VI.2.1. Metodología para la identificación de los puntos de riesgo.....	186
VI.2.2 Análisis y evaluación de riesgos en una tubería de transporte o distribución de gas natural ..	189
VI.2.4. Identificación de riesgos en el estudio de campo	207
VI.2.5. Análisis Hazop aplicado al proyecto	219
VI.2.6 Determinación de las probabilidades de ocurrencia con FTA.....	247
VI.3. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	252
VI.3.1. Memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones.	252
VI.3.2. Radios potenciales de afectación determinados.	257
VI.4. UBICACIÓN (REPRESENTACIÓN) DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y AMORTIGUAMIENTO.....	268
VI.4.1. INTERACCIONES DE RIESGO.....	269
VI.5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE POSIBLES INTERACCIONES DE RIESGO CON OTRAS ÁREAS, EQUIPOS O INSTALACIONES PRÓXIMAS A LA INSTALACIÓN	291
VI.6. RECOMENDACIONES TÉCNICO OPERATIVAS RESULTANTES DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	291
VI.7. REPORTE DEL RESULTADO DE LA ÚLTIMA AUDITORÍA DE SEGURIDAD PRACTICADA A LAS INSTALACIONES QUE CONFORMAN EL DUCTO.....	293
VI.8. MEDIDAS, EQUIPOS, DISPOSITIVOS Y SISTEMAS DE SEGURIDAD CON QUE CONTARÁ LA INSTALACIÓN	293
VI.9. MEDIDAS PREVENTIVAS, INCLUIDOS LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN, ASÍ COMO LOS PROGRAMAS DE CONTINGENCIAS QUE SE APLICARÁN DURANTE LA OPERACIÓN NORMAL DE LA INSTALACIÓN, ...	294
VI.2.2 Operación y mantenimiento.....	300



VI.2.3 Verificaciones y/o auditorías de seguridad	301
VI.2.4 Recomendaciones técnico-operativas resultantes de la aplicación del análisis de identificación de riesgos.....	304
VI.2.5 Correlación de recomendaciones con los procedimientos de la empresa	305
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	309
VII.1. RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA LA INSTALACIÓN EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL ..	309
VII.1.1. Recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado.....	313
VII.2. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO.....	315
VIII. ANEXOS.....	319
VIII.1. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICAS.....	319
VIII.2. DOCUMENTOS LEGALES.....	320
VIII.3. DOCUMENTOS DEL RESPONSABLE Y LOS COLABORADORES DEL ESTUDIO.....	321
VIII.4. ARCHIVO FOTOGRÁFICO O VIDEO.....	322
VIII.5. PLANOS E IMÁGENES.....	323
VIII.6. MEMORIAS TÉCNICAS Y DESCRIPTIVAS	324
VIII.7. ESTUDIOS DE SIMULACIÓN DE RIESGOS.....	325
VIII.8. HOJAS DE SEGURIDAD	326
VIII.9. ÁRBOL DE FALLAS Y CHEKLIST	327
VIII.10. PLANOS DE PROYECTO.....	328



I. DATOS GENERALES

I.1. Nombre o razón social de la empresa u organismo

Gas Natural de del Noroeste, S. A. de C. V.

Se incluye copia simple del Acta Constitutiva de la Empresa (Anexo 1). |

I.2. Registro Federal de Contribuyentes de la empresa

Protección de datos LFTAIPG |

I.3. Número de registro del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM)

468420: Comercio al por menor. Distribución de Gas Natural. |

I.4. Cámara o asociación a la que pertenece, indicando el número de registro y la fecha de afiliación

No Aplica. |

I.5. Actividad productiva principal del establecimiento

Construcción, operación y mantenimiento de gasoductos. |

I.6. Clave del Catálogo M A P

| |

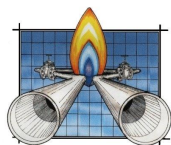
I.7. Código ambiental

Clave CMAP 2001 – 22022, Transporte por ductos de Gas Natural. |

I.8. Domicilio del establecimiento

[Redacted address information]

Domicilio del representante legal, Art. 116 primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP



I.9. Domicilio para oír y recibir notificaciones

[Redacted address information]

Domicilio del representante legal, Art. 116 primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP

I.10. Fecha de inicio de operación

Aún por definir. |

I.11. Número de trabajadores equivalente (opcional)

4 Personas

4 Personas / día x 8 h/día x 28 días/mes x 12 meses/año = 10,752 horas/año 10,752 / 2000 = 5.4

I.12. Total de horas semanales trabajadas en planta (opcional)

4 personas

4 personas / día x 8 h/día x 7 días/semana = 224 hrs

I.13. Número de trabajadoras promedio, por día y por turno laborado

4 personas por turno, por tres turnos = 12 personas |

I.14. ¿Es maquiladora de régimen de importación temporal? (opcional)

No. |

I.15. ¿Pertenece a alguna corporación? (opcional)

No |

I.16. Participación de capital

Protección de datos LFTAIPG |



I.17. Número de empleos indirectos a generar

100 durante la construcción.

I.18. Inversión estimada (M.N.)

La construcción de la segunda etapa de instalación de un gasoducto que se contempla en este Estudio de Riesgo Ambiental estima una inversión de **40'487,159.47**, (Cuarenta millones, cuatrocientos ochenta y siete mil ciento cincuenta y nueve 47/100 M.N.), IVA incluido, sobre una longitud de tubería de **14,739.00** m, cuyos costos se desglosan en la siguiente tabla:

Tabla 1.1. Inversión para la instalación del gasoducto ACUÍCOLA Hermosillo.

CONCEPTO	Costo Unitario \$/km	Km's de tubería	TOTAL
Lote de tuberías válvulas conexiones y accesorios.	\$382,054.76	14.739	\$ 5'631,104.67
Mano de obra civil, mecánica, tendido e instalación de tubería, válvulas y conexiones.	\$704,422.58	14.739	\$ 10'382,484.41
Derechos, permisos y trámites ante dependencias locales y federales.			\$ 16'641,660.27
Estudios y servicios, ingeniería, topografía, etc.			\$ 2'247,474.33
SUBTOTAL:			\$ 34'902,723.68
I.V.A. 16%:			\$ 5'584,435.79
TOTAL:			\$ 40'487,159.47

I.19. Nombre del gestor o promovente

Gas Natural del Noroeste, S. A. de C. V.

Se incluye copia simple del Acta Constitutiva de la Empresa (Anexo 1).

I.20. Registro Federal de Contribuyentes del gestor o promovente

Protección de datos LFTAIPG

I.21. Departamento proponente del estudio de riesgo

Departamento de Medio Ambiente.



I.22. Nombre completo, firma y puesto de la persona responsable de la instalación (Representante Legal)

Ing. José de Jesús Meza Muñiz, Gerencia General y Representante legal.
Subdirector de Operaciones

Hortensia Lizeth Moreno Aparicio, Representante Legal
Se anexa copia simple del poder legal (**Anexo 1**). |

I.23. Nombre completo y firma del representante legal de la empresa, bajo protesta de decir la verdad

Ing. José de Jesús Meza Muñiz, Subdirector de Operaciones y Representante legal.
Hortensia Lizeth Moreno Aparicio, Representante Legal
Se anexa copia simple del poder legal (**Anexo 1**). |

I.24. Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo

| CDH Consultores, S.A. de C.V. |

I.25. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo

Domicilio del responsable técnico, Art. 116 primer párrafo de la LGTAIP y 113 fracción I de la LFTAIP

I.26. Nombre completo, puesto y firma de la persona responsable de la elaboración del estudio

Ing. Carlos López Blumenkron

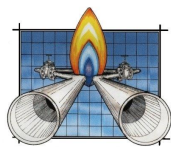
- Número de Cédula Profesional: 334638
- Correo Electrónico: clopez@cdhconsultores.com.mx

Biol. José de Jesús Valdivia García.

- Coordinador, revisor y editor, Investigador y asistente técnico.
- Número de Cédula Profesional: 2608576.

Biol. Jaime Baltazar Toriz.

- Investigación de campo, asistente técnico, redactor. |



II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

II.1. Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad

El presente proyecto ejecutivo, Ampliación de la red de Transporte de Gas natural en Hermosillo, Sonora, de la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, consiste en la instalación subterránea de un gasoducto de tubería de 10" y 2" de $\varnothing$ en Acero al Carbón (A.C.) API 5L X-42 Espesor 7/32 y 6" y 8" de $\varnothing$ de Polietileno de Alta densidad (PEAD), en el tramo carretero Hermosillo - Bahía de Kino, dentro del derecho de vía de las distintas jurisdicciones en la trayectoria del proyecto, con el objetivo de brindar el servicio de Gas Natural a empresas del ramo industrial en la zona, ubicada al poniente de la mancha urbana de la ciudad de Hermosillo, Sonora, las cuales recibirán los beneficios y ventajas que da el uso de este hidrocarburo.

II.1.1. Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización

No existen en este momento planes de crecimiento a futuro, hasta que se vea el buen funcionamiento de este ducto. En el momento que se vea la opción de planes de crecimiento, se realizarán los estudios y trámites pertinentes.

II.1.2. Fecha de inicio de operaciones

Aún por definir.

II.1.3. Descripción de la instalación

El proyecto en el municipio de Hermosillo, Sonora, se localizará en calles de la ciudad de Hermosillo y en el derecho de vía de la carretera Hermosillo- Bahía de Kino, iniciando en el punto donde se conectará con el gasoducto existente en las coordenadas: 29°05'59.38" N y 111°01'22.02" O., hasta llegar a las empresas BACHOCO, en el punto final norte del proyecto y ACUÍCOLA en el punto final sur.

MEMORIA DESCRIPTIVA DE INSTALACION SUBTERRANEA DE GASODUCTO ACERO AL CARBON API 5L X-42 ESPESOR 7/32 DE 10" $\varnothing$, POLIETILENO DE 8" Y 6" DE ALTA DENSIDAD EN EL TRAMO CARRETERO HERMOSILLO-BAHIA DE KINO

El proyecto consiste en la instalación de infraestructura para la distribución de Gas Natural, compuesta por tubería de Acero al Carbón con diámetros de 10" y 2", tubería de Polietileno de Alta Densidad con diámetros de 6" y 8" dentro del derecho de vía de las distintas jurisdicciones en la trayectoria del proyecto, cuya longitud total será:

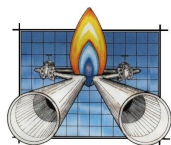


Tabla 2.1. Dimensiones, longitudes y presión máxima de operación de las tuberías a instalar.

Ducto	Longitud (m)	Presión Máxima de operación (Kg/cm ²)
Tubería de 10" de Ø de AC	8,036.00	21
Tubería de 2" de Ø de AC	140.00	21
Tubería de 8" de Ø de PEAD	6,540.00	7
Tubería de 6" de Ø de PEAD	23.00	7

Las tuberías con diámetro de 10 pulgadas lleva un recubrimiento tricapa y un espesor de pared de 7/32", API 5L X-42, cédula 40; Todos los accesorios a utilizar, serán soldables y de cédula 40 grado B.

La construcción del sistema se gas natural (Instalación subterránea), consiste en una línea compuesta de acero al carbón de 10" pulgadas de diámetro, cédula 40 API 5L X-42, espesor 7/32", con recubrimiento tricapa, localizada en parte de calles de la ciudad de Hermosillo y en derecho de vía carretera Hermosillo- Bahía de Kino. La instalación comprende una longitud de 954.25 ml (del CAD01 0+000 al 0+954.25) mediante excavaciones a cielo abierto (zanja) de 0.60 metros de ancho y 1.37 metros de profundidad, también se colocara una plantilla de arena fina de 0.10 m, para posteriormente colocar la tubería conductora de gas, continuando con el acostillado del tubo de 0.57 m de espesor, posteriormente se rellenan 0.80m de material producto de la excavación compactado en capas a un grado de compactación 95% mínimo, a los 0.40 m del relleno se colocara cinta de precaución a partir del nivel de terreno natural, la línea quedara instalada 1.00m aproximadamente de separación de la guarnición existente en la vialidad. Se contempla la instalación de postes concreto para la señalización sobre el trazo de la línea, con los emblemas no construir, no excavar y el kilometraje del ducto.

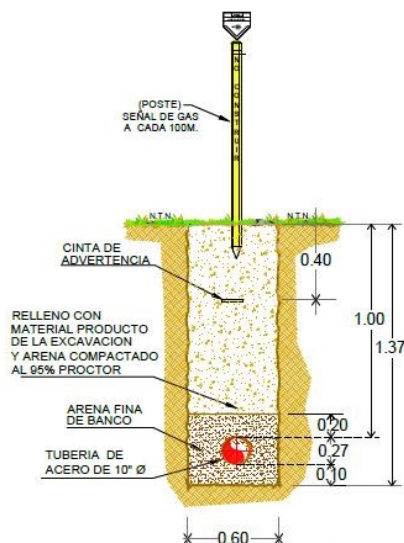
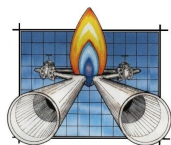


Figura 2.1. Detalle de instalación de tubería.

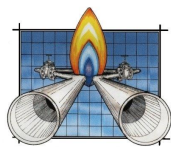


Continuando con la instalación del ducto se pretende realizar el cruce subterráneo de la vialidad Blvd. García Morales por el método de perforación direccional de 60.00 m (de CAD01 0+954.25 al 1+014.25) de longitud de la línea conductora de gas de 10" Ced. 40, estará protegida con camisa de tubería de acero de 14" Ced. 20, y será introducida con la colocación de centradores de polietileno para evitar dañar el recubrimiento de la tubería conductora, después se procede a la instalación de ventilas soldadas a la camisa con tubería de acero de 2" Ced. 40 de 2.20 m de longitud a partir del terreno existente. Se continúa la instalación de tubería por el método de perforación direccional junto al camellón central del Blvd. García Morales, se harán tiros de perforación direccional de aproximadamente 130.00 m (de CAD01 1+014.25 al 3+557), 2,542.75 m de longitud por este método constructivo, realizándose empates de tubería entre cada tiro de perforación, con uniones soldadas con personal calificado y posteriormente recubierto con material que evita corrosión, en el CAD 01 3+557 se construirá un registro de válvula de seccionamiento en área de camellón del Blvd. García Morales.

Se continua con la construcción del ducto, con una perforación direccional de 140.00 m (CAD01 3+557 al 3+697) de longitud de la línea conductora de gas de 10" Ced. 40, estará protegida con camisa de tubería de acero de 14" Ced. 20, y será introducida con la colocación de centradores de polietileno para evitar dañar el recubrimiento de la tubería conductora, después se procede a la instalación de ventilas soldadas a la camisa con tubería de acero de 2" Ced. 40 de 2.20 m de longitud a partir del terreno existente, concluyendo con dichos trabajos se procede a la instalación de los tapones tipo sello de neopreno tipo "S", en los extremos de la camisa, una vez terminados y concluyendo con los rellenos de los cajones de empates, se señala con postes de concreto indicativos de gas natural, color amarillo, grabados en las diferentes caras con información tales como, no construir, no perforar, estos con ubicados en cada extremo donde se realizó el cruzamiento subterráneo.

Después de dicha instalación se continuará con el proceso a cielo abierto en una zanja de 0.60 m de ancho y 1.37 m de profundidad, de 1,471.50 m (CAD01 3+697 al 5+168.50), en este punto se deriva una tubería de acero de 2" Ced. 40 API 5L, que se instalará por medio de trabajo a cielo abierto en una zanja de 0.50 m de ancho y profundidad de 1.37 m, de 140.00 m (CAD05 0+000 al 0+140) para llegar a la Estación de Medición y Regulación de un cliente.

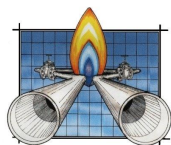
Continuando con la línea principal de acero de 10" Ced. 40, se construye a cielo abierto en zanja de 0.60 m de ancho y 1.37 m de profundidad, 721.20 m (CAD01 5+168.50 al 5+890), después de este punto se proyecta continuar con la instalación del gasoducto, mediante Perforación dirección de 100.00 ml (CAD 5+890 al 5+990), para un acceso de un parque industrial, continuando con la instalación del gasoducto mediante cielo abierto, 2,046 m (entre el cadenamiento CAD01 5+990 al 8+036), hasta llegar a una estación de regulación ubicada en este punto, después de esta se continua a cielo abierto la instalación de tubería de polietileno de 8" (CAD02 0+000 al 0+023), continuando con la instalación del gasoducto se realizara un perforación direccional cruzando la carretera Hermosillo-Bahía de Kino hacia el norte de 35.58 ml., con tubería de polietileno de 6" de alta densidad 3408.



Se continuará la instalación de tubería a cielo abierto en tubería de polietileno de alta densidad 6" en los tramos del CAD 02 del 0+000 al 1+500 y CAD 03 0+000 al 5+040, protegiendo la tubería en zanja con arena como acostillado y el relleno de la zanja con material producto de excavación.

El procedimiento constructivo: se lleva a cabo con varios frentes a la vez, tanto en obra civil como mecánica; La tubería del gasoducto es soldada con personal calificado y para mayor seguridad se realizan inspecciones radiográficas y pruebas de líquidos penetrantes a todas las juntas existentes, con el objetivo de asegurar la hermeticidad de la red; En conjunto con esta actividad, se realiza la obra civil, la cual se lleva a cabo de dos formas que a continuación se describen:

- Cielo Abierto: Este tipo de obra se llevará a cabo en zanjas a cielo abierto, en el área de terracería, su procedimiento consiste en trabajos preliminares de limpieza y trazo, posteriormente se realizan las excavaciones, colocación de tubería según normas, rellenos, y reposiciones de material existente en caso de que aplique.
- Perforación Direccional: Este tipo de obra se llevará a cabo en cruces carreteros y accesos a negocios, así como cruces de arroyos que conducen agua pluvial. Su procedimiento consiste en trabajos preliminares de limpieza y trazo, posteriormente se realiza la excavación de dos cajones, cajón de envío de 0.75 x 0.75 x 0.75 m (ancho, largo y profundidad), para anclar máquina perforadora al suelo, cajón de entrada de dimensiones de 1.50 x 1.50 x 1.30 m (para recepción de lodos que arrojará la perforación) y una vez estabilizada la máquina, se comienza la prueba piloto, que consiste en colocar unas barras en el cajón de entrada e ir direccionando la perforación del suelo con éstas, una vez terminada la perforación de la longitud proyectada, al final del tramo, se hace un tercer cajón para realizar el retro ensanchado (procedimiento con el cual se aumenta el diámetro de la trayectoria perforada, además de ayudar a estabilizar las paredes de la misma), y después se induce la tubería, una vez colocada, se procede a rellenar los cajones abiertos y a reponer el material existente.
- En el tramo que se pretende cruzar la carretera de sur a norte (km 14+424.18) del tramo de la carretera Hermosillo-Bahía de Kino, de 35.58 metros de longitud, esta será de Polietileno de alta densidad de 6" de diámetro, la cual será protegida con camisa de tubería de 10" ced 20, esta será soldada con personal calificado por tramos de 12 metros hasta completar la longitud deseada, a esta se le colocaran centradores a base de polietileno separados a una distancia de 2.50 metro, para con esto ser colocada dentro de una camisa de acero negro de 10" de diámetro, una vez colocada se procede a la instalación de las ventilas de gas a base de acero negro de 2" de diámetro, cédula 40, de longitud de 2.20 metros, a partir de del nivel de terreno existente, concluyendo con dichos trabajos se procede a la instalación de los tapones tipo sello de neopreno tipo "S", en los extremos de la camisa, una vez terminados y concluyendo con los rellenos de los cajones de empates, se señaliza con postes de concreto indicativos de gas natural, color amarillo, grabados en las diferentes caras con información tales como, no construir, no perforar, estos con ubicados en cada extremo donde se realizó el cruzamiento subterráneo.
- Terminados este tipo de obra, realizaremos la prueba de hermeticidad de la red, la cual consiste en meter presión a la tubería 1.5 veces su capacidad máxima de operación, esto



con la finalidad de garantizar la hermeticidad del ducto, eliminando así, cualquier posibilidad de contingencias.

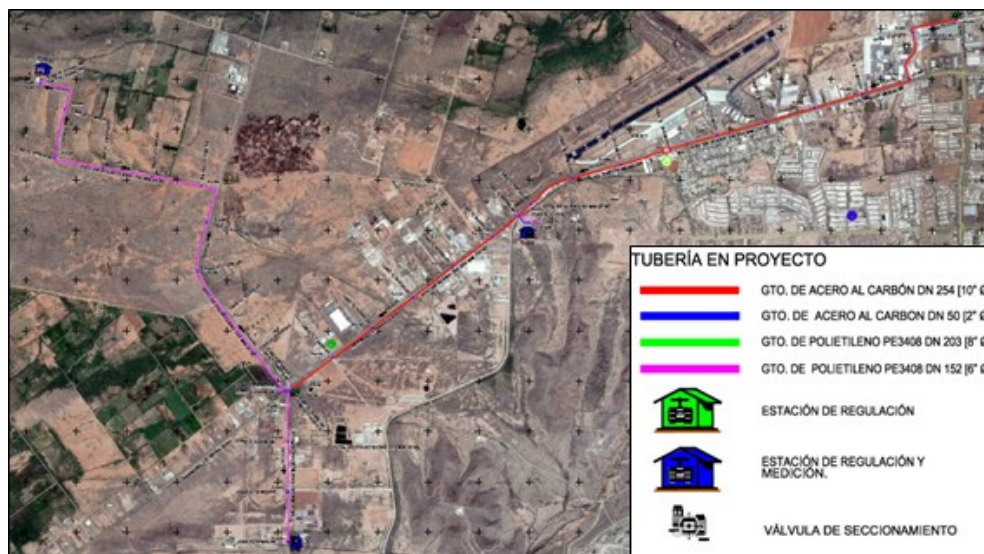


Figura 2.2. Ilustración de las diversas tuberías que integran el proyecto ACUÍCOLA Hermosillo.

Tabla 2.2. Matriz de actividades del proyecto.

ETAPAS DE DESARROLLO	ACTIVIDADES
Tipo de Obra	- Sistema de transporte de hidrocarburos.
Preparación de sitio	- Instalación de campamentos de obra. - Desmante de superficie requerida.
Construcción	- Apertura de zanja. - Perforaciones direccionales en cruces. - Transporte de tuberías a sitio de trabajo. - Tendido de tuberías. - Unión de tuberías por soldadura. - Depósito en zanja de tubería. - Instalación de Válvula de Seccionamiento, Estaciones de Regulación y Estaciones de Regulación y Medición. - Cubierta de zanja. - Instalación de señalamientos preventivos. - Prueba hidrostática.
Operación y mantenimiento	- Inspección y vigilancia de áreas de afectación. - Reparación y reposición de señalamientos requeridos. - Verificaciones periódicas ante la ASEA.



II.1.4. Antigüedad y vida útil

Es un gasoducto nuevo y su vida útil se estima en 30 años, y hasta 50 años con el mantenimiento adecuado y oportuno.

II.2. Ubicación del ducto

Hermosillo se encuentra ubicado en el paralelo 29° 05' de latitud Norte y el meridiano 110° 57' de longitud Oeste de Greenwich, a una altura de 282 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra al centro del estado y a 270 km de la frontera con Estados Unidos. Se puede tener acceso a la ciudad por aire, mediante el Aeropuerto Internacional General Ignacio Pesqueira, con conexiones a toda la república y el extranjero. Por tierra, desde el sur, se debe tomar la Carretera Internacional No. 15 Norte, y desde el norte seguir la carretera internacional No. 15 Sur antes de llegar a Guaymas. Desde California, se cruza la frontera por San Diego, luego se toma la carretera Tijuana-Santa Ana y desde ahí la carretera No. 15 hacia el sur.

El municipio de Hermosillo destaca por su magnitud demográfica, económica y características infraestructurales diferentes respecto del resto del estado. Cuenta con una extensión de 14,880.2 Km², presenta una densidad demográfica de 53 habitantes por Km², casi cuatro veces el promedio estatal.

Entre los factores más importantes que influyen en la economía del municipio y su futuro desarrollo están su ubicación geográfica estratégica, donde convergen las distintas regiones del estado, la región noroeste de México y del suroeste de Estados Unidos. Su proximidad con el mercado más grande del mundo es de 273 km; así mismo su cercanía con el mar es 116 km a la playa de Bahía de Kino y 136 km con el Puerto de Guaymas a través del cual tiene acceso al mercado asiático.

Hermosillo está comunicado a través de importantes redes carreteras, el eje carretero Federal no. 15 es un elemento integrador natural para el desarrollo regional, pues une a la mayoría de las ciudades principales del estado con los principales centros productivos y comerciales del país, de E. U. y Canadá. Se encuentra sobre la ruta CANAMEX, lo que facilita el comercio entre Canadá, Estados Unidos y México a través de ferrocarriles, carreteras, aeropuertos, así como instalaciones portuarias.

Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2013 – 2015. Planeación Estratégica Participativa.

El trazo del gasoducto inicia en la vialidad Av. José María Mendoza con dirección al oeste, girando hacia el sur en su cruce con el Blvd. Agustín G. del Campo, por el que continúa para luego girar al oeste y seguir por el Blvd. García Morales, que luego se convierte en la carretera Hermosillo – Bahía Kino, siendo esta última por la que corre el trazo, atravesando zona urbana y pasando frente a las instalaciones del aeropuerto de la ciudad, donde aproximadamente 1 km adelante se instalará un pequeño ramal para dar servicio a la empresa SELECTA. De ahí continúa el trazo hasta el punto donde se ubican una ER, y metros más adelante la bifurcación en la que un ramal toma rumbo sur hacia la empresa ACUÍCOLA, y otro rumbo norte hacia la empresa BACHOCO.



II.2.1. Mapa de la región, indicando trayectoria y ubicación del ducto, coordenadas y colindancias

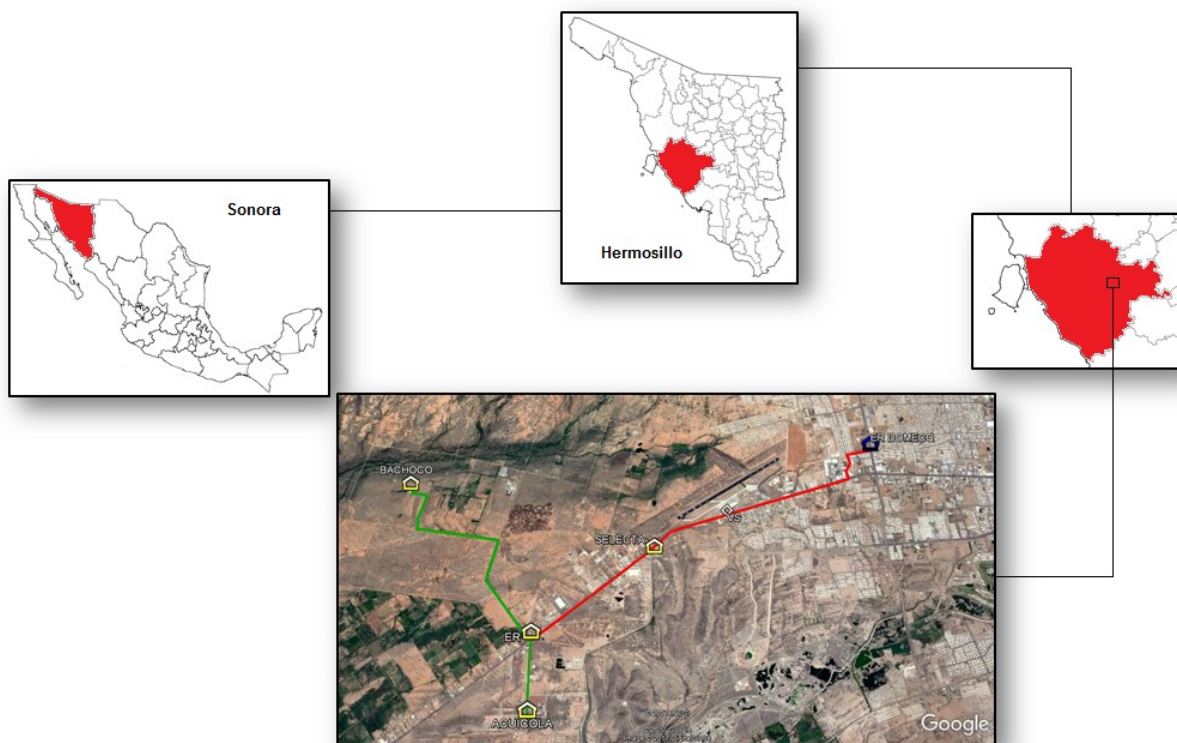


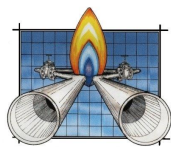
Figura 2.3. Localización del proyecto en la Ciudad de Hermosillo, en el Estado de Sonora.

El proyecto en el municipio de Hermosillo, Sonora, se localizará en calles de la ciudad de Hermosillo y en el derecho de vía de la carretera Hermosillo- Bahía de Kino, iniciando en el punto donde se conectará con el gasoducto existente en las coordenadas: 29°05'59.38" N y 111°01'22.02" O., hasta llegar a las empresas BACHOCO, en el punto final norte del proyecto, y ACUÍCOLA en el punto final sur.

II.2.2. Planos de trazo y perfil del ducto

El proyecto se delimita mediante 6 puntos principales, con las siguientes coordenadas:

- **Estación de Regulación (ER) DOMEQ e inicio del trazo del gasoducto** y tubería de salida de 10" de $\varnothing$ de Acero al Carbón (AC), en el punto de interconexión con el gasoducto existente, en las coordenadas: 29°05'59.38" N y 111°01'22.02" O.
- **Válvula de seccionamiento (VS) y tubería de salida de 10" de $\varnothing$ de AC**, en las coordenadas: 29°05'17.54" N y 111°03'11.74" O.



- **Estación de Regulación y Medición (ERM) SELECTA**, que recibirá gas natural del ducto principal por medio de una conexión con tubería de 2" de $\varnothing$ de Acero al Carbón (AC), en las coordenadas: 29°04'51.16" N y 111°04'04.72" O.
- **Estación de Regulación (ER)**, que recibirá tubería de 10" de $\varnothing$ de Acero al Carbón (AC) y dará salida a tubería de 8" de $\varnothing$ de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), para conectar con la tubería de 6" de $\varnothing$ de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) que constituye el ramal que dará servicio a BACHOCO y ACUÍCOLA, en las coordenadas: 29°03'58.96" N y 111°05'28.83" O.
- **Estación de Regulación y Medición (ERM) BACHOCO**, que recibirá tubería de 6" de $\varnothing$ de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), en las coordenadas: 29°05'39.06" N y 111°07'01.89" O.
- **Estación de Regulación y Medición (ERM) ACUÍCOLA**, que recibirá tubería de 6" de $\varnothing$ de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), en las coordenadas: 29°03'13.21" N y 111°05'28.84" O.

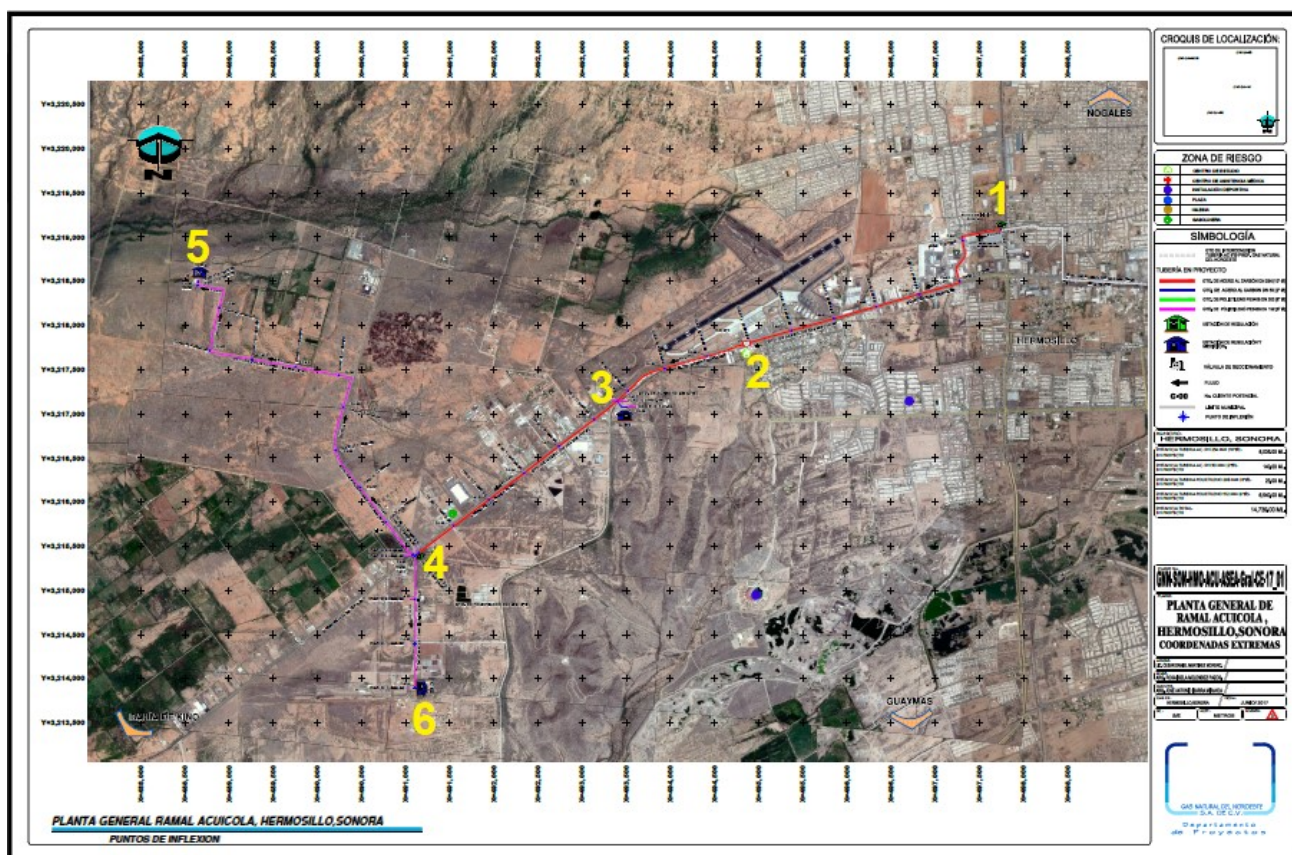


Figura 2.4. Plano general del proyecto en la Ciudad de Hermosillo, en el Estado de Sonora.



II.2.2.1. Tabla indicativa de cruzamientos

Según el análisis de campo realizado, son 12 los cruzamientos que se van a realizar a lo largo del trazo del gasoducto, 6 de los cuales son cruces carreteros y 6 cruces para cruzar corrientes de agua, pero se harán por medio de cruce direccional por lo que no habrá afectaciones al entorno, es una zona totalmente alterada por actividades antrópicas.

A continuación, se detalla su ubicación exacta en la siguiente tabla:

Tabla 2.3. Coordenadas de los cruces direccionales y de corrientes hídricas y carreteros.

No	Cruce	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	Cruce de arroyo 1	29°05'59.15"	111°01'33.30"
2	Cruce de arroyo 2	29°05'39.40"	111°01'44.10"
3	Cruce de arroyo 3	29°05'36.10"	111°01'57.00"
4	Cruce de arroyo 4	29°05'27.96"	111°02'29.48"
5	Cruce de arroyo 5	29°04'55.90"	111°04'04.20"
6	Cruce de arroyo 6	29°05'07.00"	111°06'12.80"
7	Cruce carretero 1	29°05'40.68"	111°01'41.05"
8	Cruce carretero 2	29°05'24.39"	111°02'44.03"
9	Cruce carretero 3	29°05'22.88"	111°02'49.79"
10	Cruce carretero 4	29°05'20.66"	111°02'58.46"
11	Cruce carretero 5	29°05'16.62"	111°03'16.91"
12	Cruce carretero 6	29°03'59.06"	111°05'29.89"

Imagen ilustrativa que muestra los puntos donde se ubican los cruces de corrientes de agua y carreteros por los que cruzará el gasoducto, que son 12 en total, 6 de cada uno:

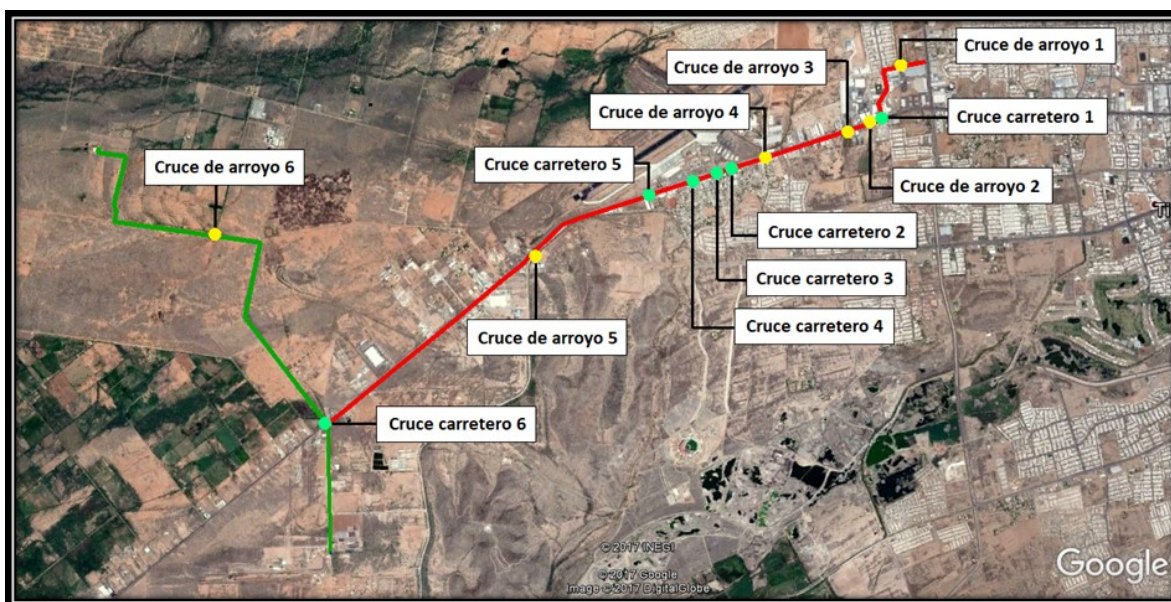
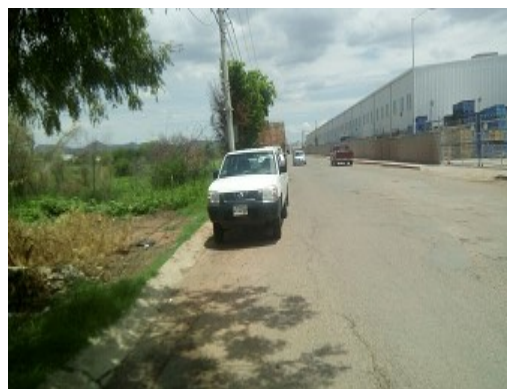


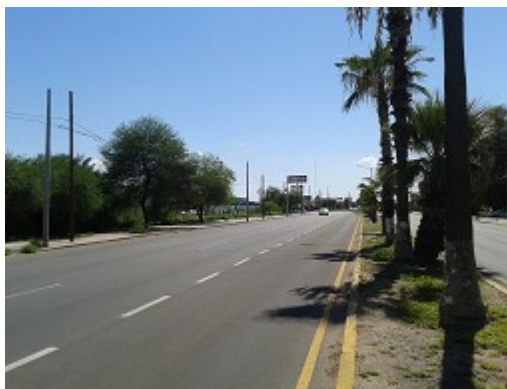
Figura 2.5. Ubicación de los 6 cruces de corrientes hídricas y los 6 cruces carreteros del proyecto.



Fotos ilustrativas del Arroyo 1.



Fotos ilustrativas del Arroyo 2. Cruce por debajo de la carretera Hermosillo- Bahía de Kino.



Fotos ilustrativas del Arroyo 3. Cruce por debajo de la carretera Hermosillo- Bahía de Kino.



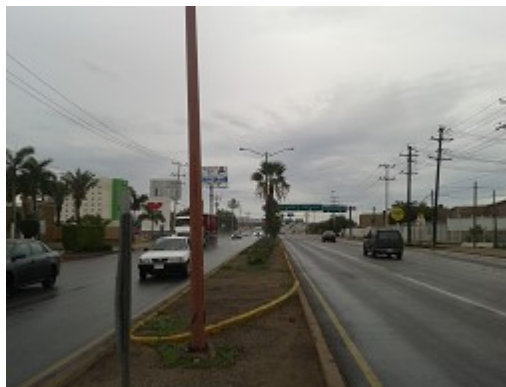
Fotos ilustrativas del Arroyo 4. Cruce del arroyo por debajo de la carretera Hermosillo-Bahía de Kino.



Fotos ilustrativas del Arroyo 5. Cruce por debajo de un puente sobre la carretera Hermosillo-Bahía de Kino.



Fotos ilustrativas del Arroyo de temporal 6.



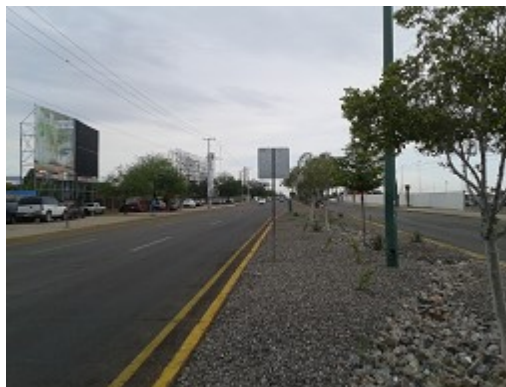
Fotos ilustrativas Cruce carretero 1. Av. José María Mendoza y carretera Hermosillo- Bahía de Kino.



Fotos ilustrativas de Cruce carretero 2 entre vialidad Hermosillo-Bahía de Kino y calle Aviación.



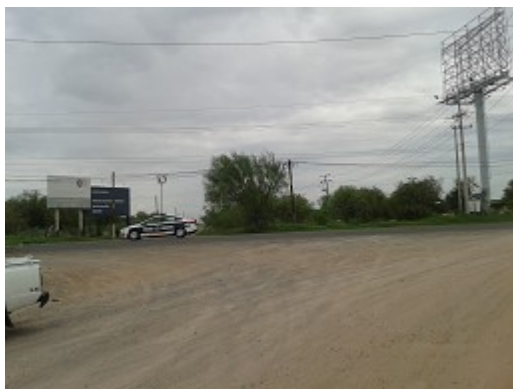
Fotos ilustrativas Cruce carretero 3. Entre vialidad Hermosillo- Bahía de Kino y calle Aeropuerto.



Fotos ilustrativas. Cruce carretero 4 entre vialidad Hermosillo – Bahía de Kino y calle Tercera.



Fotos ilustrativas. Cruce carretero 5. Es en la vialidad Hermosillo – Bahía Kino sobre los 2 carriles con sentido oeste – noreste, haciendo una ligera diagonal (frente a la PGR).



Fotos ilustrativas de Cruce carretero 6. Esto es en la intersección de los caminos que conducen hacia la empresa ACUÍCOLA (Foto izquierda) y hacia la empresa Bachoco (foto derecha).

II.2.3. Descripción de accesos

Gran parte de la zona por donde pasa el trazo del gasoducto se encuentra en un área completamente urbanizada, que sufre ya de alteraciones antropogénicas severas puesto que existen vialidades por cuyo derecho de vía corre el trazo de la tubería de la ampliación del gasoducto, e infraestructura que complementa el paisaje urbano, como lo son las vialidades Av. José María Mendoza, el Blvd. Agustín G. del Campo, el Blvd. García Morales, y la carretera Hermosillo – Bahía Kino, vialidades que son asfaltadas o pavimentadas, mientras que algunas otras cuentan con una urbanización parcial puesto que el camino de acceso aún es de terracería, como el camino que va a la empresa ACUICOLA, pero el entorno en general ya cuenta con servicios de infraestructura como líneas de energía eléctrica, telefonía, voz y datos, agua potable y drenaje para disposición de agua sanitaria y pluvial.

Las vías generales de acceso al sitio de proyecto son las siguientes:

RED VIAL REGIONAL

El sistema de vialidad regional principal del centro de población de Hermosillo se conforma por la carretera Federal No.15, la cual cruza el área urbana y comunica hacia el norte con el municipio de Nogales, frontera con EE.UU. y al sur con el puerto de Guaymas. Ambos ingresos son de carretera de 6 carriles, asfaltada en buen estado, como se ve en las siguientes fotos.

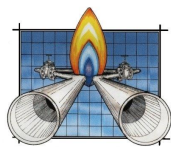


Foto 4. Ingreso a la Cd. de Hermosillo desde el Norte por la carretera federal 15.



Foto 5. Ingreso a la Cd. de Hermosillo desde el Sur por la carretera federal 15.

La carretera SON-100 comunica al oeste con los campos agrícolas de la Costa de Hermosillo, el Poblado Miguel Alemán y Bahía de Kino; es una carretera de 4 carriles, asfaltada en estado de bueno a regular, como se puede apreciar en la siguiente foto.



Foto 6. Ingreso a la Cd. de Hermosillo desde el Oeste por la carretera estatal 100.



Al sureste la carretera MEX-016 comunica con el municipio la Colorada y con el estado de Chihuahua; es una carretera de 4 carriles con su acotamiento amplio, asfaltada y en buenas condiciones, como se puede apreciar en la siguiente foto.



Foto 7. Ingreso a la Cd. de Hermosillo desde el Sureste por la carretera federal 16.

Al noreste del centro de población la carretera MEX-015 entronca con la carretera Federal MEX-014 que comunica a los municipios de la cuenca del río Sonora y de la zona serrana. Esta carretera es de 4 carriles con su acotamiento amplio, asfaltada y en buenas condiciones, como se puede apreciar en la siguiente foto.



Foto 8. Ingreso a la Cd. de Hermosillo desde el Noreste por la carretera federal 14.

Al sureste entronca en la carretera Federal MEX-016 la carretera SON-104, que comunica con Mazatán y otros municipios serranos; es una carretera de 4 carriles con su acotamiento amplio, asfaltada y en buenas condiciones, como se puede apreciar en la siguiente foto.



Foto 9. Ingreso a la Cd. de Hermosillo desde el Este por la carretera estatal 104.

La carretera SON-110 también al suroeste, paralela a la estatal 100, integra la zona costera del municipio con el centro de población cruzando la colonia Palo Verde. Esta es una carretera de 2 carriles, asfaltada, en buenas condiciones, y con acotamiento de terracería.



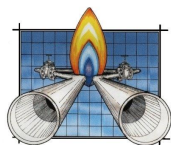
Foto 10. Ingreso a la Cd. de Hermosillo desde el Suroeste por la carretera estatal 110.

Esta red está conformada por las vialidades REGIONALES, su característica principal es desempeñar la función de carretera, cuya finalidad es enlazar las distintas localidades aledañas al centro de población e integrarse a la red vehicular nacional.

RED VIAL PRIMARIA

Esta red está conformada por las vialidades PRIMARIAS, que son las vialidades de mayor jerarquía en la estructura vial, de largo itinerario, comunican puntos extremos del mismo, permitiendo reducir tiempos al crear recorridos directos, y se han conformado en su mayoría por su prolongación, motivada por el crecimiento y desarrollo del centro de población, y prácticamente conducen a puntos de atracción y red de vialidad regional.

Hermosillo cuenta con una estructura vial primaria en su mayoría conformada por bulevares y pares viales, que ha sido rebasada por el volumen generado por el tráfico local, sobre todo por el aumento del parque vehicular inducido con vehículos extranjeros.



RED VIAL SECUNDARIA

Son vialidades de largo itinerario conformadas ocasionalmente por pares viales y con la característica principal de ser estas las que conducen hacia la vialidad primaria. Vialidades que pudiendo ser categorizada como primarias, debido a su capacidad de recorrido o sección, presentan características menores, por lo cual se conforman como pares viales, o bulevares de corta trayectoria, permitiendo el traslado de la población a mediana velocidad.



Figura 2.6. Sistema de vialidad y accesos a la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Fuente: Elaboración propia a partir del Programa de Desarrollo Urbano del centro de Población de Hermosillo, Sonora. Modificación 2014.

Acceso por vía aérea:

El Aeropuerto Internacional de Hermosillo **General Ignacio Pesqueira García** (IATA: HMO, la OACI: MMHO), está ubicado en Hermosillo, Sonora, México. El aeropuerto lleva el nombre de Ignacio Pesqueira, un general que ayudó al ejército mexicano a resistir a los franceses durante la invasión del siglo XIX. El aeropuerto recibe varios vuelos domésticos, así como los vuelos a las ciudades de EE.UU. de Los Ángeles y Phoenix. El aeropuerto es un punto importante para **Aeroméxico Connect**, quién maneja cerca de **50 vuelos comerciales diarios** a destinos dentro de México y Estados Unidos. El aeropuerto es también una base militar, denominada BAM-18, con vuelos de la Fuerza Aérea Mexicana.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

II.3. Autorizaciones oficiales con que cuenta

La Comisión Reguladora de energía otorga el permiso G/014/DIS/1997 a Gas Natural del Noroeste para la zona geográfica Hermosillo-Guaymas-Empalme mediante la resolución RES/053/1997. Se incluyen en Anexos.



III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

III.1. Descripción de los sitios o áreas seleccionadas para la ubicación del ducto

La trayectoria de instalación del ducto no requiere de ningún servicio municipal o de alguna otra empresa prestadora de apoyos.

Durante la fase de construcción, los requerimientos de servicios para todas las fases del proyecto serán proporcionados por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, que se encargará de estas actividades.

Las características físicas de la zona que rodea el paso del gasoducto son variadas, ya que se presentan ecosistemas desde el urbano hasta ecosistemas naturales (mayormente alterados por actividades antropogénicas) como lo son el Matorral micrófilo espinoso, el Mezquital y Pastizal inducido. Cabe destacar que los ductos van sobre el derecho de vía en calles y avenidas dentro del área urbana y en carreteras en el área suburbana de la Ciudad de Hermosillo, Sonora.

III.1.1. Planos de la Región

Se aprecia el trazo del gasoducto con su ramal principal de 10" de $\varnothing$ de AC y sus ramales secundarios de 2" de $\varnothing$ de AC y 8" y 6" de $\varnothing$ de PEAD, en la ciudad de Hermosillo, en el estado de Sonora.



Figura 3.1. Tubería principal del gasoducto ACUÍCOLA Hermosillo, de 10" de $\varnothing$ de Acero al Carbón.

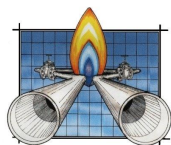


Figura 3.2. Tubería de 2" de Ø de Acero al Carbón.



Figura 3.3. Tubería de 8" de Ø de Polietileno de Alta Densidad.

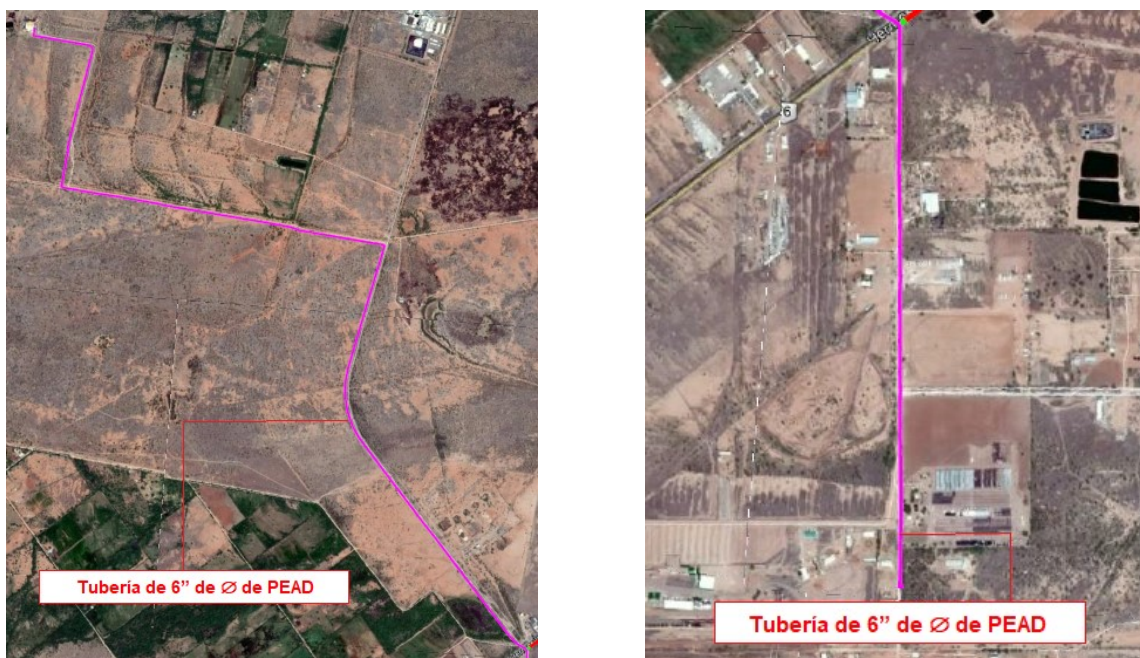


Figura 3.4. Tubería de 6" de Ø de Polietileno de Alta Densidad.

III.1.1.1. Zonas vulnerables o puntos de interés

ASENTAMIENTOS HUMANOS

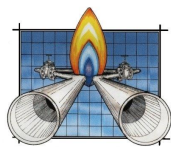
Población

Según los datos del Censo General de Población y Vivienda 2010, el municipio de Hermosillo tiene una población total de 784,342 habitantes, de los cuales 392,697 son hombres y 391,645 mujeres, observando una composición demográfica por sexo de 50% y 49%, respectivamente. Ésta se encuentra distribuida en las 1,005 localidades municipales; Hermosillo concentra el 29.4% de la población total estatal, siendo entonces el municipio más poblado de la Entidad (Plano 4.1. Distribución de población municipal). La densidad poblacional es 122.56 habitantes por kilómetro cuadrado, el índice de masculinidad es de 100.3, lo cual implica que por cada hombre hay una mujer residiendo. La población es su mayoría es joven, registrando una edad mediana de 26 años. La población indígena que tiene el municipio abarca el 9.6% del total de la población.

En el Municipio de Hermosillo se registra un total de 267,856 viviendas particulares, de éstas 78.5% están habitadas, 15.9% deshabitadas y un 5.4% son viviendas particulares de uso temporal. El promedio de habitantes por vivienda es de 3.6 personas.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

CONANP) administra actualmente 182 áreas naturales de carácter federal que representan más de 90'839,521.55 hectáreas. Y están divididas en Nueve Regiones en el país:



1. Península de Baja California y Pacífico Norte.
2. Noroeste y Alto Golfo de California.
3. Norte y Sierra Madre Occidental.
4. Norte y Sierra Madre Oriental.
5. Occidente y Pacífico Centro.
6. Centro y Eje Neovolcánico.
7. Planicie Costera y Golfo de México.
8. Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur.
9. Península de Yucatán y Caribe Mexicano.

El Estado de Sonora cuenta con 6 ANP de carácter Federal, 3 de carácter Estatal y 1 Municipal, como se puede apreciar en la siguiente figura.

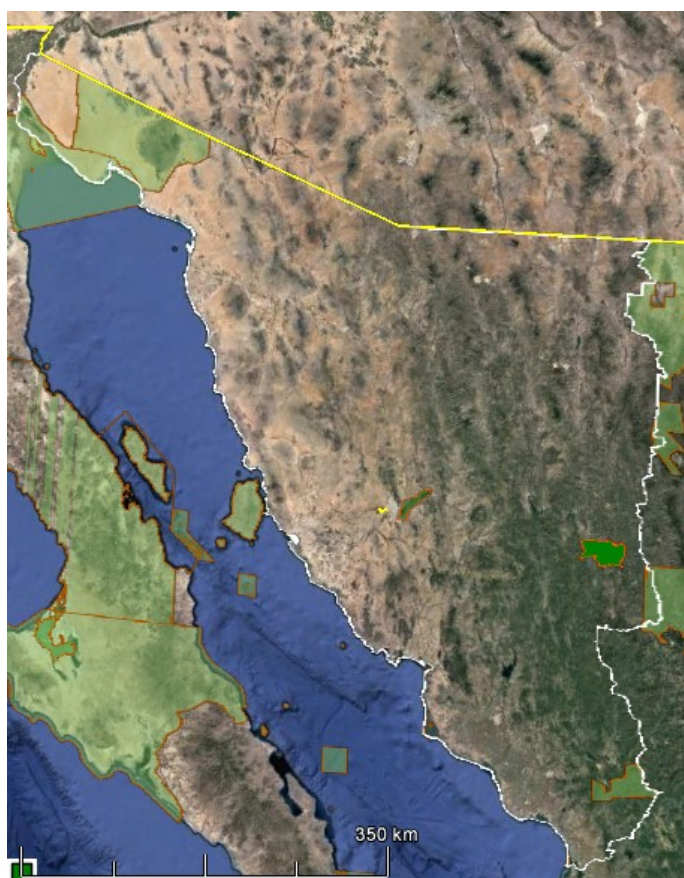


Figura 3.5. Ubicación de las ANP del Estado de Sonora.

Las ANP de carácter Federal en Sonora son las siguientes:



1. Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, en Guaymas, Sonora.
2. Reserva de la Biosfera Isla de San Pedro Mártir.
3. Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.
4. Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto del Altar.
5. Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Sierra de Ajos-Bavispe.
6. Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos Río Cuchujaqui.

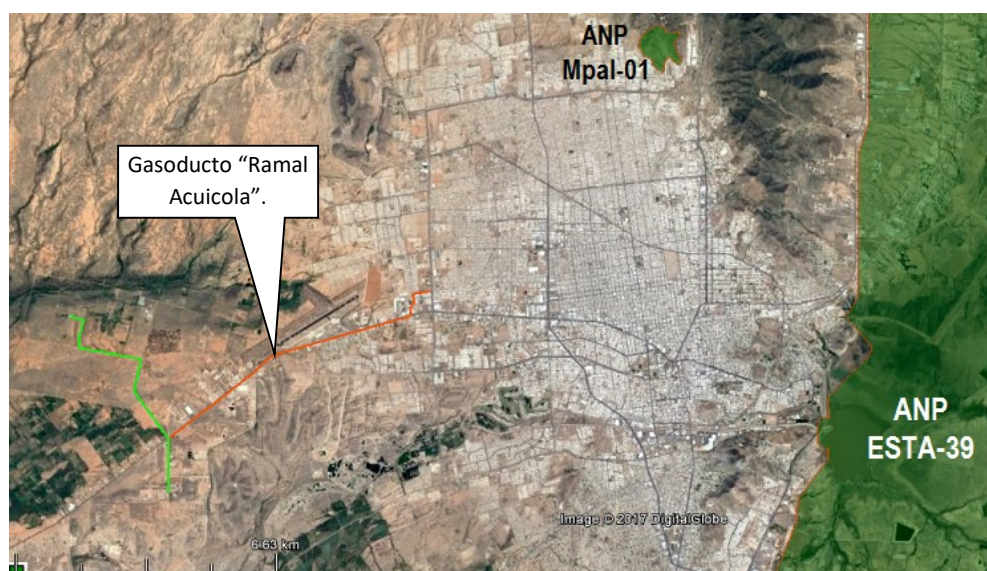
Las ANP de carácter *Estatas* en Sonora son las siguientes:

1. Sistema de presas Abelardo L. Rodríguez / Categoría: Zona Protectora Forestal de la Ciudad De Hermosillo.
2. Arivechi – Cerro las Conchas / Ubicación: Municipio de Arivechi / Categoría: Zona Sujeta a Conservación Ecológica.
3. Estero el Soldado / Ubicación: Municipio de Guaymas, Sonora / Categoría: Zona Sujeta a Conservación Ecológica.

Las ANP de carácter *Municipal* en Sonora son las siguientes:

1. Zona Natural Protegida denominada "Parque Central" (Cerro Johnson).

De estas ANP en el estado, en el área de estudio se ubican dos, una de tipo estatal (ANP-ESTA-39 Sistema de Presas Abelardo Rodríguez Luján - El Molinito) y una municipal (ANP Mpal-01 Parque Central Cerro Johnson), pero el gasoducto no se encuentra dentro de ninguna de ellas, como se puede apreciar en la siguiente figura.



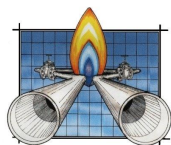


Figura 3.6. Ubicación de las ANP en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

CUERPOS DE AGUA

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Regiones hidrológico Administrativas

La Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste (RHA II Noroeste), se ubica en la porción Noroeste de la República Mexicana. Limita al norte con los Estados Unidos de América, al Noroeste con la RHA I Península de Baja California y el Golfo de California, al Sur con la RHA III Pacífico Norte y al Este con la RHA VI Río Bravo. Comprende las entidades federativas de Sonora y parte de Chihuahua, cubre una superficie de 197,586 km², que equivale a 10.5% de la superficie del país; 170,159 km² (86%) pertenecen al estado de Sonora y 25,660 km² (14%) al estado de Chihuahua. Cabe mencionar que la superficie indicada para ambos estados considera aproximadamente 1,700 km² que aportan las diversas islas e islotes ubicados dentro del límite marítimo en el Golfo de California, siendo así la segunda RHA más extensa después de la RHA VI Río Bravo, asimismo su frontera limítrofe con los Estados Unidos es de 5891 kilómetros.



Figura 3.7. Localización de la RHA II Noroeste.

Fuente: SEMARNAT. Programa Hídrico Regional. Visión 20130.
Región Hidrológico Administrativa II. Noroeste. 2012.

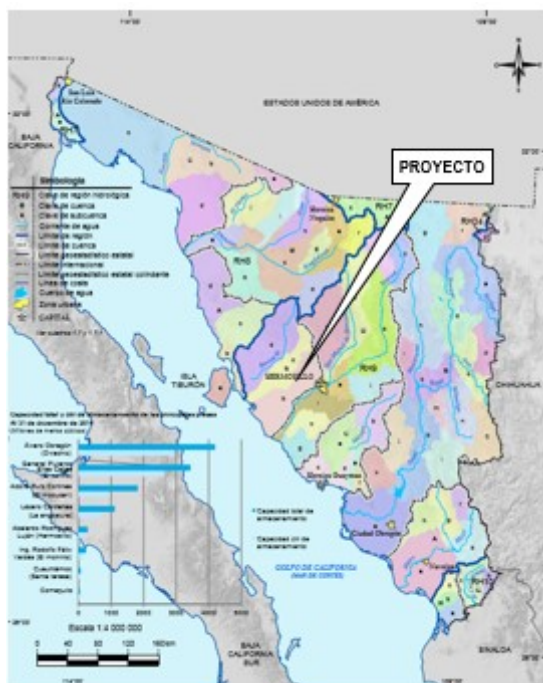


Figura 3.8. Hidrografía del Estado de Sonora.

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

Dentro de la RHA II Noroeste se ubican dos regiones hidrológicas principales, la Región 8 Sonora Norte que comprende aproximadamente 30% y la Región 9 Sonora Sur que representa alrededor de 70% de la superficie hidrológica total, que es a la que pertenece el sitio en donde se llevará a cabo el proyecto de este estudio.

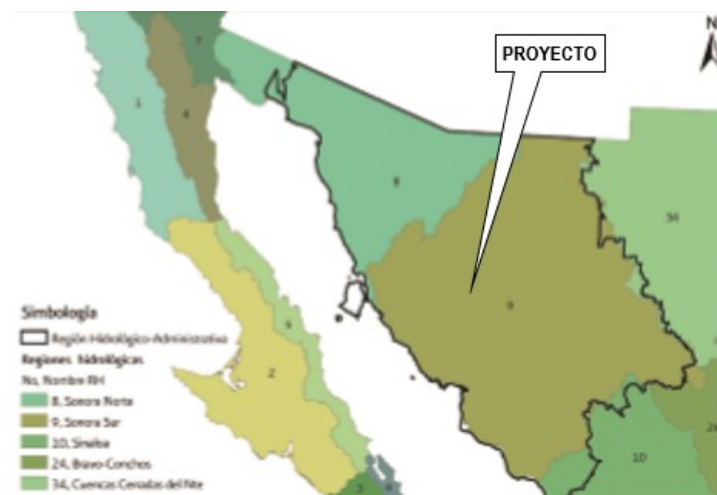


Figura 3.9. Regiones Hidrológicas de la RHA II Noroeste.

Fuente: SEMARNAT. Programa Hídrico Regional. Visión 20130. Región Hidrológico Administrativa II. Noroeste. 2012.



Subregiones hidrológicas

Por otro lado, estas regiones hidrológicas 8 y 9 se subdividen en 12 subregiones hidrológicas, destacando por su extensión territorial las subregiones 9A y 9B Sonora Sur que en su conjunto ocupan casi 58% de la superficie total, y en ellas se asientan los centros de población más importantes y productivos de la Región, tales como la capital **Hermosillo** en Sonora, así como las localidades urbanas de Puerto Peñasco, Sonoyta, Puerto Libertad, Caborca, Guaymas, Empalme, Ciudad Obregón, Navojoa, Nogales, Naco Agua Prieta, Altar, Cananea, Imuris, Magdalena de Kino, Nacozari de García, Santa Ana y Bahía de Kino, entre otros centros productivos de la RHA II Noroeste.

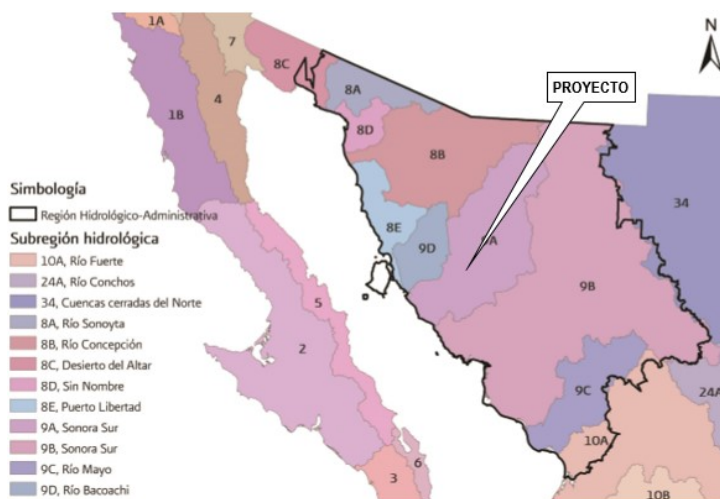


Figura 3.10. Subregiones hidrológicas de la RHA II Noroeste.

Fuente: SEMARNAT. Programa Hídrico Regional. Visión 20130. Región Hidrológico Administrativa II. Noroeste. 2012.

Cuencas hidrológicas

La Región está hidrológicamente integrada por 21 cuencas hidrológicas, cuyas superficies suman un total de 175,955 km², sin considerar las islas en zona marítima y la porción del Desierto del Altar. Las principales corrientes en la RHA II Noroeste son el Río Sonora, Río San Miguel, Río Mátape, Río Bavispe, Río Yaqui, Arroyo Cocoraque, Río Mayo, Arroyo Quiriego, Río Sonoyta, Arroyo Cocospera, Río Magdalena y Río Concepción.

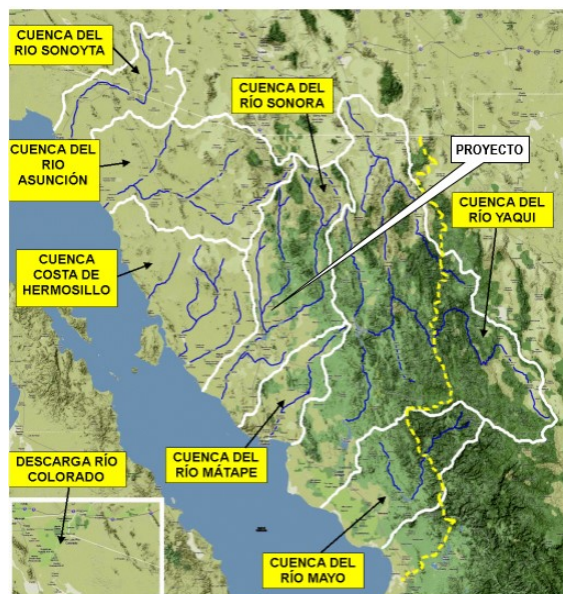
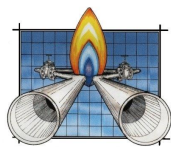


Figura 3.11. Cuencas Hidrológicas de Sonora.

Fuente: Universidad de Sonora. Las Cuencas Hidrológicas de Sonora.

Cuenca del Río Sonora



Figura 3.12. Cuenca del Río Sonora.

Fuente: Universidad de Sonora. Las Cuencas Hidrológicas de Sonora.

El Río Sonora comienza integrando los escurrimientos de la Sierra "La Elenita", montaña en que se asienta el Municipio de Cananea y al complejo minero: junto con el afluente "Bacanuchi" que se



une en algún punto cercano a Arizpe, inicia el flujo hidráulico de este gran canal natural tocando varios poblados en un movimiento general de Norte a Sur.

La corriente cruza después por Bámori, Sinoquipe, Banamichi, Huépac, Ranchito de Huépac, San Felipe de Jesús, Aconchi, La Estancia, San José de Baviácora, Baviácora, La Aurora y Mazocahui, lugar donde precisamente el río gira hacia el suroeste para arribar al importante Valle de Ures.

El Río Sonora se adentra en la Sierra de "El Gavilán", desembocando sus aguas a la Presa "Rodolfo Félix Valdés" también llamada "El Molinito", no sin antes cruzar por San José de Gracia y Topahue donde recibe las aportaciones del arroyo "San Francisco".

La Presa "El Molinito" inició sus operaciones en el año de 1992, construida a base de enrocamiento con corazón central de arcilla; es capaz de contener 150 millones de metros cúbicos y es utilizada como control de avenidas, además de suministrar ciertos volúmenes para abastecer a la Ciudad de Hermosillo y algunas hectáreas para uso agrícola aledañas. Los desfuegos pasan después al antiguo cauce del Río Sonora para acumularse en la Presa Abelardo L. Rodríguez.

El Río Sonora cuenta con un tributario mayor, el "Río San Miguel de Horcasitas". Esta corriente nace al pie de la Sierra "La Madera" en su costado oriente con un arroyo denominado "Las Rastras", viajando de Norte a Sur hasta llegar al poblado de Cucurpe, lugar donde se integra el tributario "Saracachi" que baña al poblado del mismo o nombre ubicado en la conjunción de los arroyos menores "El Valle" y "Santo Domingo".

El "río San Miguel" sigue su curso Norte-Sur tocando los pueblos de Tuape, Meresichic, Opodepe y Rayón hasta un punto denominado "Ranchito de Aguilar", donde gira hacia el Suroeste para llegar a San Miguel de Horcasitas. #0 Km adelante, se incorpora un tributario de importancia denominado arroyo "El Zanjón" a la altura del poblado de Zamora, incrementando la captación de la corriente hasta que llega a la Presa A.L. Rodríguez.

El arroyo "El Zanjón" inicia por el Poniente de la Sierra de Cucurpe a través del arroyo "Los Otates", mismo que se desplaza con rumbo Suroeste hasta que arriba al poblado de Querobabi. Continúa en sentido Norte- Sur cruzando por Carbó y Pesqueira aunque unos kilómetros antes se integra un ramal de importancia denominado "El Pinto", mismo que baja las aguas de las serranías ubicadas a la margen izquierda.

El "Río San Miguel" continúa hacia el Sur cruzando por las localidades de San Pedro, El Saucito, El Tasajal y La Victoria, desembocando en la Presa Abelardo L. Rodríguez, embalse inaugurado en abril de 1984 con 250 millones de metros cúbicos de capacidad en su diseño original; actualmente se estiman unos 130 millones de metros cúbicos debido a los sedimentos depositados a través del tiempo.

Cuenca del río Bacoachi

Se extiende al Oeste del Estado y de la Región Hidrológica 9, Sonora Sur, en un área de 12,733 Km².

El Río Bacoachi, principal escurrimiento de la cuenca es originado en el flanco Sur de la Sierra Jojoval, donde cubre una distancia de 112 Km hasta que su cauce desaparece poco antes de llegar



a la costa, en un lugar denominado Playa San Bartolo. En su trayectoria mantiene una pendiente media de 0.71% y una orientación preferencial Norte-Sur con cambios al Suroeste en la parte final de su trayectoria; sus tributarios son arroyos de menor importancia con régimen intermitente.

Fuente: INEGI, Estudio Hidrológico del Estado de Sonora.

El centro de población de Hermosillo se ubica en las subcuencas La Poza (i), río San Miguel (e), río Sonora-Hermosillo (a), y la subcuenca La Manga (b), pertenecientes a la cuenca hidrológica río Sonora, la cual corresponde a la región hidrológica Sonora Sur (RH9).

En el municipio de Hermosillo existen las presas Abelardo L. Rodríguez, ubicada al oriente del centro de población, y con el mismo rumbo la presa Rodolfo Félix Valdez (El Molinito). La capacidad de almacenamiento de estas obras es de 394 y 150 millones de m³ respectivamente. Así mismo, se cuenta con la estación hidrométrica El Orégano II, ubicada aguas arriba del vaso de la presa El Molinito, y dos estaciones climatológicas, todas operadas por la Comisión Nacional del Agua.

Con la construcción de la presa Rodolfo Félix Valdez, la hidrología superficial de la cuenca del Río Sonora fue modificada; el Río Sonora y el arroyo La Junta descargan sus aguas en la presa Rodolfo Félix Valdez, cuya función es de control de avenidas, riego agrícola y primordialmente de suministro a la población; mientras que el Río San Miguel y Zanjón desemboca en la presa Abelardo L. Rodríguez. Entre ambas obras se ubica la zona de preservación ecológica denominada "Sistema de Presas Abelardo L. Rodríguez-El Molinito", considerada dentro de la categoría de área natural protegida estatal.

Aguas abajo de la cortina de la presa Abelardo L. Rodríguez, el cauce del río divide el centro de población de este a oeste, lo que comúnmente se ha llamado "el vado del río". Por el cauce del río, desde el vertedor de la Presa hasta la vialidad Blvd. Dr. Antonio Quiroga, se ha construido un canal revestido de concreto en una longitud de 10 Km., desde donde continúa el cauce natural hacia la costa de Hermosillo.

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

La escasez del agua superficial en la Región ha propiciado la explotación de Agua Subterránea, a fin de proveer principalmente a las actividades agrícolas. En la Región Noroeste se consideran 63 zonas geohidrológicas con un área de recarga de 199,627 km². Los acuíferos de mayor importancia por sus grandes volúmenes de extracción son los que se ubican en las zonas geohidrológicas de Caborca, Costa de Hermosillo, Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Río Sonora; juntos representan 50% del total de las extracciones en la Región. Los principales acuíferos localizados en la Región son de tipos costeros y libres, siendo común encontrar un conjunto de dos acuíferos, uno superior y otro inferior, con la combinación de tipo libre y semiconfinado. De los 60 acuíferos, 15 se encuentran en estado de sobreexplotación, 5 en equilibrio y 40 con disponibilidad. Los acuíferos sobreexplotados se ubican principalmente en la zona costera centro y sur de la Región. La sobreexplotación total en este conjunto de acuíferos es de 59%, con rangos desde 110% hasta 585%.

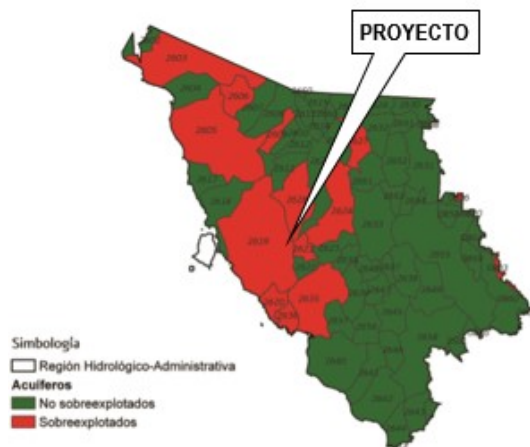


Figura 3.13. Disponibilidad de aguas subterráneas.

Fuente: SEMARNAT. Programa Hídrico Regional. Visión 20130. Región Hidrológico Administrativa II. Noroeste. 2012.

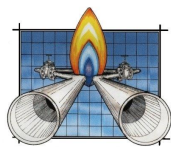
Manantiales

Respecto a los manantiales, éstos se localizan principalmente hacia la porción oriental del Estado, la calidad del agua que poseen varía de dulce a salada y aunque sus gastos son reducidos, se utilizan para subsanar necesidades domésticas, pecuarias, recreativas y en menor proporción para el riego y la industria.

Fuente: INEGI, Estudio Hidrológico del Estado de Sonora.

El municipio de Hermosillo está ubicado en una zona desértica, y aunado a esto, se enfrenta a una fuerte sequía desde hace alrededor de 15 años, ligeramente atemperada durante 2006. Los problemas asociados al recurso agua en Hermosillo radican básicamente en los aspectos de disponibilidad del recurso para su aprovechamiento en las diversas actividades, así como en el desalojo de las aguas residuales por la obsolescencia de una parte muy importante de la red de drenaje; así como problemas de contaminación por el escaso tratamiento de las aguas residuales generadas.

En cuanto a disponibilidad de agua, esta depende principalmente de fuentes subterráneas (pozos) ubicados en los acuíferos Mesa del Seri-La Victoria, San Miguel, La Poza y Costa de Hermosillo (Los Bagotes), del acueducto Independencia y de manera eventual de agua superficial de las presas Abelardo L. Rodríguez y El Molinito a través de plantas potabilizadoras. Debido a la sequía presentada en los últimos años, la presa Abelardo L. Rodríguez no ha recibido aportaciones y por lo consiguiente las plantas potabilizadoras han dejado de operar. Y se debe tener control de los pozos para evitar el abatimiento de los mismos debido a que en algunos puntos están sobreexplotados. Además, se cuenta con el acueducto Independencia que conduce agua de la presa Plutarco Elías Calles a dos plantas potabilizadoras en Hermosillo una ubicada en el sur en operación y otra en el norte en construcción.



Con relación a la condición del acuífero, el "Estudio de piezometría y evolución de niveles, en la cuenca media y alta del río Sonora, y río Bacoachi", realizado por la Comisión Estatal del Agua en el año 2005, reporta que la recarga del acuífero es de solo 36.25 millones de metros cúbicos al año del total del volumen captado y que la extracción es del orden de los 64 millones de metros cúbicos; lo anterior nos muestra una condición hidrológica de fuerte desequilibrio.

El centro de población cuenta con una serie de canales cuya función principal actualmente es la de encauzar las aguas pluviales, sin embargo, en ciertos sectores se presenta inundación puntual en época de lluvias. También existen zonas de inundación principalmente hacia el norte y noreste de la Presa Abelardo L. Rodríguez y en los márgenes del Río Sonora al poniente, que se presentarían en caso de avenidas extraordinarias.

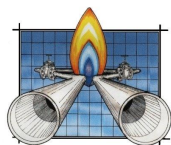
La alimentación del manto acuífero proviene de la infiltración de los escurrimientos superficiales, principalmente del río Sonora y es del orden de los 156.6 millones de m³ anuales, cifra que comparada con la extracción media anual nos permite visualizar una condición hidrológica equilibrada.

En general, la calidad del agua cumple con la normatividad sin embargo la concentración de sólidos totales disueltos está entre 400 y 800 mg/l. La relación del Ph revela la existencia de aguas agresivas e incrustantes, predominando la familia cálcica, sódica, magnésica-bicarbonatada, sulfatada, según el método de Chase Palmer. El flujo subterráneo general es de norte a sur, con una inflexión hacia el suroeste en la parte sur de la zona. El agua subterránea en esta región se emplea primordialmente para actividades agrícolas, domésticas, pecuarias y en menor cantidad industrial y recreativa.

Actualmente se cuenta con un suministro adicional de agua proveniente de la presa Plutarco Elías Calles, trasladada mediante el acueducto Independencia, que abastece al centro de población de Hermosillo, con una mejor calidad de agua para consumo humano en relación a las características existentes en la localidad.

Con la creación del Instituto Municipal de Planeación Urbana se realizó por primera ocasión la elaboración de un Plan Estratégico de Drenaje Pluvial para el Centro de Población de Hermosillo, mismo que fue incorporado en la actualización del Programa Municipal de Desarrollo Urbano 2003. En este Programa se realizó un diagnóstico en materia de drenaje pluvial para lo cual se definieron las principales cuencas hidrológicas dentro de las cuales queda comprendida la mancha urbana, se identificaron y relacionaron los principales conductos pluviales que conforman la red de drenaje y se elaboró un catálogo de las alcantarillas, puentes y otras estructuras existentes para la captación y cruce de arroyos.

El sistema de drenaje natural del centro de población de Hermosillo converge hacia el Río Sonora, el cual la divide en dos grandes zonas situadas hacia el Norte y hacia el Sur del mismo. Esta tendencia se ha ido alterando con la urbanización y las obras hidráulicas construidas con el paso de los años, cambiando el curso de los escurrimientos hacia nuevos destinos, de tal forma que actualmente se puede hacer una partición hidrológica de la ciudad de acuerdo al punto donde descargan. Esta partición se ha incrementado con respecto a la actualización del programa realizada en 2006, pasando de 6 zonas hidrológicas a 10.



Fuente: Programa de Desarrollo Urbano del centro de Población de Hermosillo, Sonora. Modificación 2014.

El agua subterránea y superficial en esta región se emplea primordialmente para actividades agrícolas, destacando el Distrito de Riego 051- Costa de Hermosillo, seguido por el doméstico, industrial, pecuario y recreativo.

Las zonas resultantes han sido identificadas de acuerdo a su ubicación geográfica, quedando de la siguiente forma:

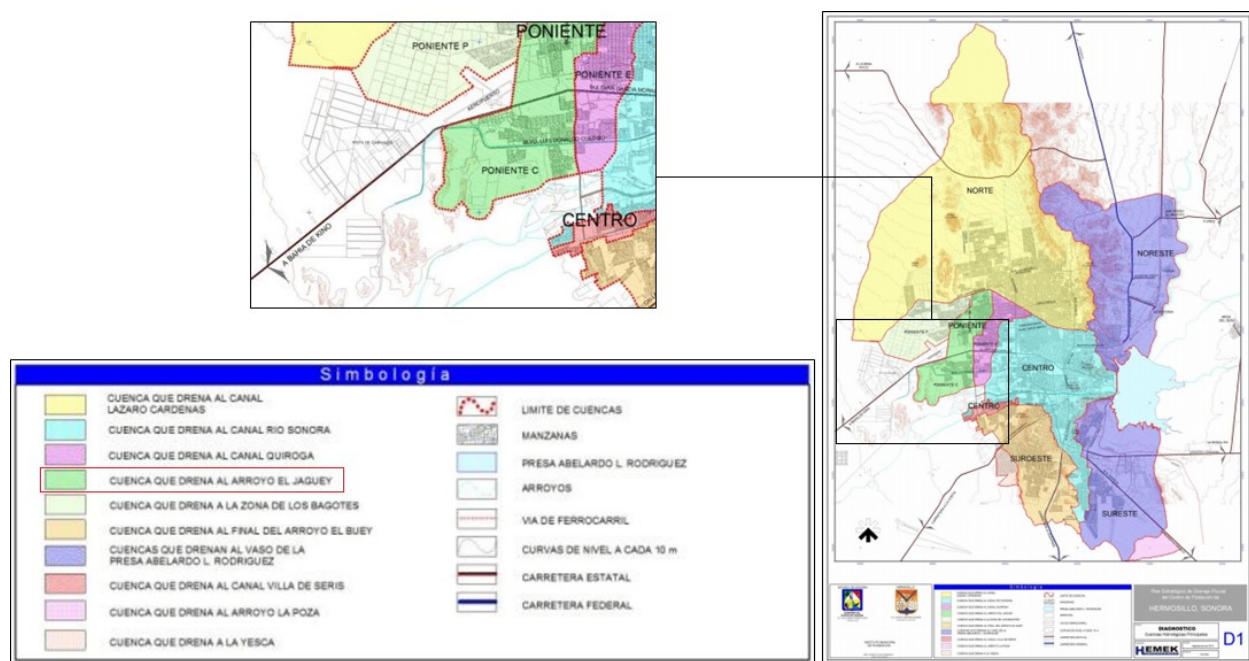


Figura 3.14. Demarcación de Cuencas generales según el Plan Estratégico de Drenaje Pluvial del Centro de Población de Hermosillo.

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico de Drenaje Pluvial del Centro de Población de Hermosillo 2010.

Vinculación

El trazo de la tubería a instalar sobre el derecho de vía de las vialidades existentes no tiene conflicto con el entorno natural, ya que el primer tercio del proyecto pasa por zona urbana completamente alterada por actividades antropogénicas y aunque el segundo tercio presente a ambos lados de la vialidad Hermosillo – Bahía Kino grandes predios con Matorral espinoso típico de la región como: mezquite, palo verde, palo fierro (*Olneya tesota*), (el cual se encuentra protegido según la NOM-059-ECOL-2001, por lo que será necesario establecer las medidas correspondientes para su protección y conservación), vagote, guaje, guamúchil, guayacán y lysaloma., esta zona ya está alterada por la construcción de la vialidad y todos los trabajos que se realicen se harán sobre ella, de modo que la vegetación natural circundante no será afectada, por



lo que las molestias serán para los conductores de vehículos que transiten por estas vialidades, pero serán en pequeños tramos de avance de 250 a 500 metros por un tiempo de máximo 48 hrs, para luego continuar con el siguiente tramo. Sin embargo, se tendrán todos los cuidados necesarios durante las jornadas de trabajo para que si algún individuo de fauna llegara a aparecer, se le respete y no se le dañe. Se procederá a alejarlo y si es necesarios, a capturarlo y posteriormente a liberarlo en el área natural del entorno, todo a cargo de la Residencia ambiental, misma que se encargará de la capacitación a todo el personal de obra en las acciones de respeto sobre la fauna.

III.1.2. Medio Biótico

Flora:

Diversidad biológica de México

Cerca de dos terceras partes de la biodiversidad mundial se localiza en un poco más de una docena de países conocidos como megadiversos; México ocupa la cuarta posición entre ellos en donde se combina una alta diversidad biológica con una gran riqueza cultural.

En el territorio mexicano concurren dos grandes zonas biogeográficas: la Neártica- de afinidad norteamericana- que contribuye con una gran representación de las especies de las zonas templadas del mundo y, y la Neotropical – de afinidad sudamericana-, que aporta muchos elementos de la zona tropical, provenientes de la Cuenca Amazónica. En México se presentan casi todos los climas del planeta, lo que aunado a su accidentada topografía y compleja geología permite que se desarrollen prácticamente todos los ecosistemas terrestres presentes en el mundo, concentrados en un poco más de dos billones de kilómetros cuadrados.

Con más de 11,000 km de costas y un mar territorial que se estima en 231,813 km². México posee también una extraordinaria diversidad marina como ningún otro país en el mundo, tiene un mar exclusivo, que es el Golfo de California, de gran diversidad biológica y alta productividad marina.

Fuente: Sarukhán, J., et al. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Provincias Biogeográficas

Esta regionalización es el resultado de los datos basados en la distribución de plantas, anfibios y reptiles, mamíferos y basados en la flora, y rasgos morfoestructurales expresados por varios autores. La zona de estudio se localiza en la Región Neotropical, la cual se extiende desde el límite norte de Patagonia, pasando por los Andes, las cuencas del Amazonas y el Orinoco, el Caribe y Mesoamérica. Sin embargo, muchos grupos típicamente neotropicales tienen una distribución que se extiende hasta el suroeste de EUA y sur de Florida. Entre los grupos predominantes están los mezquites (*Prosopis*, género pantropical con especies de tres secciones estrictamente americanas), cuya distribución se extiende ampliamente en todo el medio árido, subhúmedo y húmedo del Neotrópico, desde el norte de Argentina hasta Arizona; los cuajotes y copales (*Bursera*), que se distribuyen alrededor de todo el Caribe y por la vertiente del Pacífico desde Baja



California y suroeste de EUA hasta el Golfo de Guayaquil en Ecuador, y los pochotes (**Ceiba**). Diversas epífitas del género **Tillandsia** (Bromeliaceae) se distribuyen en las montañas de Mesoamérica y Sudamérica.

Provincia de Sonora

Esta provincia está constituida por una extensa llanura costera de Sonora y Sinaloa desde el Río Piaxtla hacia el Norte. Está dominada por selvas bajas espinosas y por diversos matorrales xerófilos que se extienden por toda la llanura costera de Sonora hasta los desiertos del suroeste de Arizona (delta del Río Colorado y cuencas del Gila y del Yuma). Los tipos de vegetación dominante son matorrales xerófilos (62%), selvas bajas caducifolias (18%) y espinosas (10%). Esta provincia contiene cerca de 20 géneros endémicos (junto con los desiertos de Yuma y Gila, en Arizona) y más de 650 especies endémicas, entre las que se encuentran **Bursera fragilis** (cuajote), **Coryphantha gracilis**, **C. pseudoechinus**, **C. sulcata** (cactáceas), **Prosopis velutina** (mezquite), entre otras. Sin embargo, la especie más característica de esta provincia, tanto en la fisonomía de su vegetación, como en su identidad biogeográfica es el sahuaro, **Carnegiea gigantea** (la cactácea columnar más típica del área).

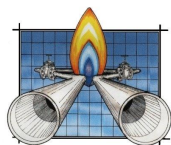


Figura 3.15. Provincias biogeográficas de México. CONABIO.

Fuente: Espinosa, D., S. Ocegueda et al. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio.

Vegetación del Estado de Sonora

En lo que respecta a la vegetación, cerca del 70 % del territorio del estado está cubierto de vegetación desértica con una superficie aproximada de 13 500,000 de hectáreas; por bosques: 1 200,000 hectáreas; de pastizales 2 230,000; de selva: 301,859 hectáreas y 1088,541 de terrenos agrícolas.

En la información descrita en la Síntesis Geográfica del Estado de Sonora, del INEGI, se mencionan los siguientes tipos de vegetación:

*Bosques: de Pino, de Encino, de Pino – Encino y de Tásate.

*Selvas: Baja Caducifolia.



*Matorrales: Subtropical, Sarcocaul, Crasicaule, Sarcocrasicaule y Desértico micrófilo.

*Mezquital

*Vegetación halófila

*Vegetación de desiertos arenosos.

En Sonora la distribución de los tipos de vegetación está estrechamente vinculada a las condiciones climáticas. Así, en gran parte del Desierto Sonorense dominan diferentes tipos de matorrales xerófilos, ya que los climas imperantes son muy secos y secos. En esta región, la diversidad de formas de vida de las especies es alta, predominan efímeras, arbustos, suculentas, etc., que les dan distintas fisonomías a las comunidades; además, la composición florística y la densidad vegetal son variables. Sin embargo, sólo algunas especies se desarrollan por toda esta zona, como son: palo fierro (*Olneya tesota*), gobernadora (*Larrea tridentata*), y jojoba (*Simmondsia chinensis*), al igual que los géneros (*Ambrosia*), (*Cercidium*) y (*Fouquieria*).

En parte de la vertiente oeste de la Sierra Madre Occidental los climas son más húmedos y sus temperaturas menos extremas con respecto al caso anterior, esto permite la congregación de mayor número de especies, las cuales constituyen al matorral subtropical y la selva baja caducifolia, comunidades muy semejantes entre sí y que difieren del resto de los tipos de vegetación localizados en el estado. Estas comunidades ocupan un lugar intermedio entre la zona de vegetación propiamente desértica y la templada.

Por último, en la porción restante de la Sierra Madre Occidental y en las Sierras y Llanuras del Norte, en condiciones climáticas semisecas y templadas, se distribuyen los pastizales naturales y los bosques de encino y de coníferas.

Vastas extensiones de estas comunidades se encuentran en estado de disturbio, provocado por la actividad humana, siendo más visible en los matorrales xerófilos y en las zonas cercanas a poblados y caminos.

La explotación de estos recursos en la entidad es importante; una de las especies más utilizadas es el mezquite (*Prosopis spp.*), cuyo volumen de madera para la elaboración de carbón vegetal representa una valiosa fuente de ingreso, aportada en gran medida por los municipios de Caborca y La Colorada. Otras especies aprovechadas a nivel local son: jojoba, palo fierro (para uso artesanal) y una gran variedad de árboles y arbustos utilizados en la construcción y como combustible, además de muchas plantas con partes alimenticias para el hombre. De los bosques sobresale la extracción de madera de pino (*Pinus spp.*), que corresponde 39% de la producción estatal de maderables, cantidad obtenida principalmente en el municipio de Yécora y en Nacori Chico. Asimismo, gran cantidad de los terrenos con vegetación están empleados como agostaderos, pero numerosas especies vegetales son afectadas debido a la sobreexplotación.

Fuente: INEGI. Síntesis de información geográfica del Estado de Sonora.

A continuación se describen las características de los ecosistemas que se encuentran en la zona de estudio principalmente y además se enlistan en tablas las especies predominantes en cada uno de ellos, mencionando si se encuentran en algunas categoría de protección en la Noma-059.



Matorral Sarcocaula

Está formado por arbustos de tallos carnosos o jugosos, algunos con corteza papirácea. Se distribuye en forma de manchones, principalmente en las sierras de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses y en las llanuras de la subprovincia Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, desde el nivel del mar hasta 1 100 m de altitud. En el noroeste está en contacto con el matorral desértico micrófilo, en la parte central con el mezquital y en el noreste y este con matorral subtropical, selva baja caducifolia y selva baja espinosa con los cuales se mezcla, lo que influye, entre otros factores, en la gran diversidad de su composición florística.

Este matorral se desarrolla en climas muy secos y secos cálidos y semicálidos, y semisecos semicálidos, con temperaturas medias anuales entre 18 y 24°C y precipitación total anual inferior a 400 mm. Sobre diferentes tipos de suelo, como son: litosoles, regosoles, yermosoles y xerosoles, de los cuales, algunos presentan fase lítica o gravosa.

Las especies que caracterizan este tipo de vegetación son torotes o copales (*Bursera spp.*) y sangregados (*Jatropha spp.*), aunque a veces son rebasadas en número por: palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium floridum*), ocotillo (*Fouquieria splendens*) y mezquite (*Prosopis glandulosa var. torreyana*). Dichas especies codominan con *Bursera microphylla*, *Jatropha cinérea*, *Jatropha cuneata* y *Opuntia bigelovii* en la parte norte de la zona de distribución, como es en las planicies y bajadas ubicadas desde Puerto Libertad hasta Isla Tiburón; lo mismo que en las sierras localizadas en el noroeste de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses. Tales elementos arbustivos se agrupan en el estrato superior de la comunidad, que va de 1 a 2 metros; otros estratos que integran este matorral son: el medio, con arbustos de aproximadamente 0.70 metros y el inferior herbáceo de 0.15 m.

En la zona comprendida entre Puerto Libertad y Punta Chueca hay comunidades de matorral sarcocaula con la siguiente composición: *Jatropha cuneata*, *Larrea tridentata*, *Bursera microphylla* y *Opuntia bigelovii* en el estrato superior; en el medio, *Encelia californica*, *Ambrosia dumosa*, *Aristida adscensionis*, *Plantago insularis* y *Dalea parryi*, entre otras. En esta misma zona, Felger reporta extensas áreas dominadas por arbustos y arbolitos con variadas formas de vida, que comprenden tipos locales de comunidades cuyos elementos más representativos son: *Bursera microphylla*, *Cercidium microphyllum*, *Citharexylum flabellifolium*, *Colubrina viridis*, *Desmanthus fruticosus*, *Jatropha cuneata*, *Lippia palmeri*, *Pithecellobium confine*, *Ruellia californica* y *Viscainoa geniculata*.

En las faldas de la Sierra Libre se presentan especies de condiciones menos áridas, como *Aloysia sp.*, *Croton sp.*, *Dasyllirion sp.*, *Haematoxylon brasiletto*, *Lysiloma divaricata* y *Zexmenia sp.*

En el resto de los terrenos con matorral sarcocaula, otros elementos sustituyen a las especies codominantes, dando lugar a otras comunidades, las cuales se desarrollan principalmente sobre cerros y lomeríos con suelos someros.

Cerca de Guaymas se reportan como dominantes *Bursera microphylla*, *Prosopis glandulosa var. torreyana* y *Acacia willardiana*, acompañadas por diferentes arbustos, tal es el caso de



Coursetia glandulosa*, *Acacia farnesiana*, *Caesalpinia pumila y por cactáceas columnares que sobresalen como eminencias, entre ellas ***Stenocereus sp.*** y ***Pachycereus sp.***

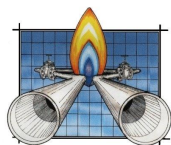
En el municipio de Hermosillo son citadas, además: ocotillo (***Fouquieria splendens***), choyas (***Opuntia fulgida*, *O. spinosiot***), navajita anual (***Bouteiouda barbata***) y toboso (***Cenchrus myosuroides***).

En la porción sur del estado, sobre las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y los terrenos de la Llanura Costera del Pacífico, se manifiestan variaciones tanto en la composición florística como en la altura de este matorral. Aquí se encuentran: ***Jatropha cordata*, *J. cuneata*, *J. cinérea*, *Bursera laxiflora*, *B. odorata*, *B. fagaroides*, *Acacia cymbispina*, *Cercidium spp.* y *Fouquieria spp.***, que forman el estrato superior, cuya altura varía de 2 a 3 m, aunque en algunos lugares sobresalen ***Lysiloma divaricata*, *Haematoxylon brasiletto*, *Guaiaacum coulteri* y *Cordia sp.*** En el estrato medio, de 1 a 2 metros, son reportadas: tasajillo (***Opuntia leptocaulis***), ***Pithecellobium sonorae*, *Jatropha spp.*, *Randia thurberi*, *Ziziphus sonorensis*, *Condalia coulteri*, *Phaulothamnus spinescens**, *Desmanthus covillei**, *Atamisquea emarginata**, *Rathbunia alamosensis**, *Caesalpinia platylloba*, *Ipomoea arborescens* y *Eysenhardtia polystachya***, entre otras. En el estrato inferior, de 0.15 a 0.70 metros, hay diferentes especies de ***Opuntia*, *Croton flavescens*, *Lycium berlandieri*, *Pereskiaopsis porteri***, entre las gramíneas, los géneros ***Aristida*, *Bouteiouda*, *Cathestecum*, *Muhlenbergia* y *Setaria***.

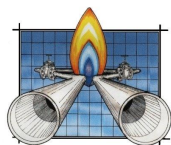
NOTA (*) Especies encontradas con mayor frecuencia en zonas de disturbio.

Tabla 3.1. Especies predominantes en el Matorral Sarcocaula en el Estado de Sonora.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	
Ocotillo	<i>Fouquieria splendens</i>	
Incienso	<i>Encelia farinosa</i>	
Senita	<i>Lophocereus schottii</i>	Endémica, Pr
Sangregado	<i>Jatropha cordata</i>	
Rote o copal	<i>Bursera spp.</i>	
Palo fierro	<i>Olneya tesota</i>	Endémica, Pr
Palo verde	<i>Cercidium floridum</i>	
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>	
Cuajote /Torote colorado	<i>Bursera microphylla</i>	
Sangregado	<i>Jatropha cinerea</i>	
Haat (Seri)	<i>Jatropha cuneata</i>	
Coote (Seri) Choya güera	<i>Opuntia bigelovii</i>	
Margarita	<i>Encelia californica</i>	
Hierba del burro	<i>Ambrosia dumosa</i>	
Zacate tres barbas	<i>Aristida adscensionis</i>	
Pastora	<i>Plantago insularis</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Popotillo	<i>Dalea parryi</i>	
Palo verde amarillo	<i>Cercidium microphyllum</i>	
Pelo rojo	<i>Colubrina viridis</i>	
Hehe casa (Seri)	<i>Desmanthus fruticosus</i>	
Orégano	<i>Lippia palmeri</i>	
Palo fierro	<i>Pithecellobium confine</i>	
Chuparrosa	<i>Ruellia californica</i>	
Chuparrosa	<i>Viscainoa geniculata</i>	
Guichachaco	<i>Haematoxylon brasiletto</i>	
Palo blanco	<i>Lysiloma divaricata</i>	
Palo blanco	<i>Acacia willardiana</i>	
Piojito	<i>Caesalpinia pumila</i>	
Sámota	<i>Coursetia glandulosa</i>	
Huizacha	<i>Acacia farnesiana</i>	
Pitayo	<i>Stenocereus spp.</i>	
Cardón	<i>Pachycereus spp.</i>	
Choya	<i>Opuntia spinosiot</i>	
Choya	<i>Opuntia fulgida</i>	
Navajita anual	<i>Bouteloua barbata</i>	
Toboso	<i>Cenchrus myosuroides</i>	
Torote papelito	<i>Bursera laxiflora</i>	
Copal blanco	<i>Bursera odorata</i>	
Palo xixote	<i>Bursera fagaroides</i>	
Huizache	<i>Acacia cymbispina</i>	
Guayacán	<i>Guaiaecum coulteri</i>	Endémica, A
Tasajillo	<i>Opuntia leptocaulis</i>	
Guamúchil	<i>Pithecellobium sonorae</i>	
Vara de cruz	<i>Randia thurberi</i>	
Amolillo, limoncillo	<i>Ziziphus sonorensis</i>	
Ojos de serpientes	<i>Phaulothamnus spinescens</i>	
Atamisquea	<i>Atamisquea emarginata</i>	
Naciso, sina, tasajo	<i>Rathbunia alamosensis</i>	
Palo colorado	<i>Caesalpinia platyloba</i>	
Cazahuate blanco	<i>Ipomoea arborescens</i>	
Vara dulce	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	
Varas blancas	<i>Croton flavescens</i>	
Tomatillo	<i>Lycium berlandieri</i>	
Cactus arbusto alcájer	<i>Pereskiaopsis porteri</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA PROTECCIÓN
Gramínea	<i>Cathestecum spp.</i>	
Gramínea	<i>Muhlenbergia spp.</i>	
Gramínea	<i>Setaria spp.</i>	
Cuajote	<i>Bursera fragilis</i>	
Biznaga partida delgada	<i>Coryphantha gracilis</i>	Endémica, P
Biznaga partida de falsas espinas	<i>Coryphantha pseudoechinus</i>	Endémica, Pr
Biznaga partida elegante	<i>Coryphantha sulcata</i>	A
Sahuaro	<i>Carnegiea gigantea</i>	A

Fuente: INEGI: Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.
Fuente: Espinosa, D.S. Ocegueda, et al. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. Pp 33-65.

Matorral Desértico Micrófilo

Comunidad formada de arbustos cuyas hojas o folíolos son pequeños, ocupa con la vegetación de desiertos arenosos, las zonas más áridas de México. En Sonora tiene una amplia distribución sobre los terrenos de las provincias Desierto Sonorense y Sierras y Llanuras del Norte. Se encuentra en terrenos con una altitud entre 0 y 1 200 m, en climas muy secos semicálidos y cálidos con temperaturas medias anuales entre 20 y 24°C y precipitación total anual por abajo de 400 mm y en climas secos semicálidos y semisecos semicálidos y templados con temperaturas medias anuales entre 17 y 21 grados centígrados y precipitación total anual entre 300 y 500 mm. Los suelos que lo sustentan son yermosoles, regosoles, litosoles, feozems y fluvisoles.

Este matorral ocupa grandes extensiones, pero en algunas zonas forma mosaicos con el matorral sarcocaulé, el mezquite y el pastizal natural. Presenta principalmente tres fisonomías: la más común es la de matorral subinermé, en la que alrededor de 70% de las plantas no tienen espinas y cerca de 30% son espinosas; le sigue el **matorral espinoso**, donde más de 70% de las especies son espinosas; y por último, el matorral inermé, en el cual más de 70% de las especies carecen de espinas. Lo integran diversas asociaciones vegetales que varían en composición florística y en el lugar de ubicación de acuerdo con factores físicos y bióticos, de tal manera que sólo algunas especies características tienen una amplia distribución y a la vez llegan a dominar, tal es el caso de gobernadora o hediondilla (*Larrea tridentata*), palo verde (*Cercidium microphyllum*, *Cercidium floridum*), palo fierro (*Oinaya tesota*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), gato (*Acacia spp.*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), chamizo (*Ambrosia chenopodiifolia*), hierba del burro (*Ambrosia dumosa*) y rama blanca o hierba del vaso (*Encetia farinosa*).

Estas comunidades están compuestas de tres estratos: en el de 2 a 3 metros hay especies de palo verde (*Cercidium microphyllum*, *C. praecox*), ocotillo, palo fierro, mezquite, sahuaro (*Carnegiea gigantea*), ciña (*Lophocereus schottii*), gato o mezquitillo (*Acacia spp.*), torote (*Bursera microphylla*), sangregado (*Jatropha sp.*) y (*Fouquieria sp.*); en este mismo estrato se presentan los géneros *Lycium* y *Eysenhardtia*, además en las zonas cercanas al pastizal natural se encuentran (*Quercus sp.*) y táscates (*Juniperus monosperma*, *Juniperus sp.*) y en las próximas



a la vegetación de galería hay especies como el guayacán (*Guaiacum coulteri*) o tepeguaje (*Lysiloma divaricata*). En el estrato de 1 a 1.5 m, que junto con el anterior contiene las especies dominantes, se encuentran principalmente: *Larrea tridentata*, *Acacia vernicosa*, *A. greggii*, *sangregados* (*Jatropha cardiophylla*, *J. cuneata*, *J. cinérea*, *J. cordata*), vinorama o granada (*spp.*), cholla (*Opuntia cholla*) y tasajillo (*O. leptocaulis*); pero en los terrenos menos secos o en las zonas de escurrimiento se presentan (*Prosopis glandulosa*) y *Cercidium spp.*, al igual que (*Mimosa spp.*), jojoba (*Simmondsia chinensis*), *Eysenhardtia orthocarpa*, piojito (*Caesalpinia pumila*), *Lophocereus sp.*, *Condalia warnockii*, *Condalia lycioides*, *Lysiloma watsonii*, granjeno (*Celtis pallida*), *Tecoma stans* y *Dodonaea viscosa*.

En el estrato más bajo (0.5 metros) dominan las compuestas, entre ellas hierba del vaso y hierba del burro (*Encelia californica*) leguminosas, como (*Calliandra eriophylla*), (*Cassia covesii*), (*Mimosa spp.*) y (*Dalea spp.*); gramíneas, tal es el caso de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), (*Bouteloua spp.*), (*Aristida adscensionis*) y (*Cathastecum erectum*), quenopodiáceas, como el chamizo (*Atriplex canescens*) y saladita (*Suaeda spp.*); y varias especies de *Jatropha*.

En la parte central de Sonora se reporta una comunidad, también subinerme como la anterior, dominada por (*Encelia farinosa*) y (*Larrea tridentata*), con eminencias de (*Cercidium sonorae*), (*Fouquieria macdougalli*), (*Olneya tesota*) y (*Prosopis spp.*), en la cual, al extenderse hacia el sur los árboles predominan sobre los arbustos llegando a formar selvas espinosas.

Las pocas zonas con matorral inerme se localizan en el Desierto de Altar, sobre las faldas de las sierras El Pinacate y Los Alacranes, cerca del poblado Golfo de Santa Clara y en algunos terrenos del noreste de Cabo Tepoca y Puerto Libertad. Su composición es más sencilla que la del subinerme, está dominado por (*Ambrosia dumosa*), (*Ambrosia chenopodiifolia*), (*Cercidium microphyllum*) y (*Encelia farinosa*), entre otras.

Este tipo de matorral se desarrolla también en llanuras de suelo profundo, en la parte baja de abanicos aluviales y en ocasiones sobre laderas; su cobertura varía de 3% en zonas con menos de 100 mm anuales de precipitación, a un 20% en lugares más húmedos.

En las zonas planas generalmente se encuentran (*Larrea*) y (*Ambrosia*), mientras que en lugares con mayor pendiente, (*Acacia spp.*), (*Lycium spp.*), (*Olneya tesota*), (*Opuntia spp.*), (*Prosopis spp.*) y otras especies formando una comunidad espinosa principalmente.

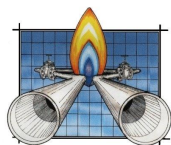
El matorral espinoso se distribuye en los lomeríos situados en los alrededores del río San Miguel de Horcasitas y sus afluentes, lo mismo que entre los poblados Bacanuchi, Arizpe y al norte de Ures. En él predominan mezquite, ocotillo, gato y palo verde.

Estas comunidades se usan principalmente en la alimentación del ganado bovino, actividad que las ha afectado en gran medida, de tal manera que en muchos sitios presentan disturbio, observable en la baja cobertura y diversidad de especies propias de este tipo de vegetación, y en la erosión.



Tabla 3.2. Especies predominantes en el Matorral Desértico Micrófilo en el Estado de Sonora.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	
Palo verde	<i>Cercidium microphyllum</i>	
Palo verde o retama	<i>Cercidium floridum</i>	
Palo fierro	<i>Olneya tesota</i>	Endémica, Pr
Ocotillo	<i>Fouquieria splendens</i>	
Gato	<i>Acacia spp.</i>	
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>	
Chamizo	<i>Ambrosia chenopodiifolia</i>	
Hierba del burro	<i>Ambrosia dumosa</i>	
Rama blanca	<i>Encetia farinosa</i>	
Palo brea / palo verde	<i>Cercidium praecox</i>	
<u>Sahuaro</u>	<i>Carnegiea gigantea</i>	A
Ciña	<i>Lophocereus schottii</i>	Endémica, Pr
Torote	<i>Bursera microphylla</i>	
Sangregado	<i>Jatropha cardiophylla</i>	
Vinorama o granada	<i>Lycium spp.</i>	
Palo dulce	<i>Eysenhardtia orthocarpa</i>	
Encino	<i>Quercus spp.</i>	
Táscate	<i>Juniperus monosperma</i>	
Guayacán	<i>Guaiacum coulteri</i>	Endémico, A
Tepeguaje	<i>Lysiloma divaricata</i>	
Chaparro prieto	<i>Acacia vernicosa</i>	
Tesota	<i>Acacia greggii</i>	
Sangregado	<i>Jatropha cuneata,</i>	
Sangregado	<i>Jatropha cinerea</i>	
Copalillo	<i>Jatropha cordata</i>	
Cholla	<i>Opuntia cholla</i>	
Tasajillo	<i>Opuntia leptocaulis</i>	
Jojoba	<i>Simmondsia chinensis</i>	
Piojito	<i>Caesalpinia pumila</i>	
Crucillo	<i>Condalia warnockii</i>	
	<i>Condalia lycioides</i>	
	<i>Lysiloma watsonii</i>	
Granjeno	<i>Celtis pallida</i>	
Retama	<i>Tecoma stans</i>	
Chapulixtle	<i>Dodonaea viscosa</i>	
Hierba del vaso / del burro	<i>Dodonaea viscosa</i>	



Leguminosa	<i>Calliandra eriophylla</i>	
Zacate banderita	<i>Bouteloua curtipendula</i>	
Gramínea	<i>Aristida adscensionis</i>	
Gramínea	<i>Cathetecum erectum</i>	
Chamizo	<i>Atriplex canescens</i>	
Saladita	<i>Suaeda spp.</i>	
Flor de rocío	<i>Encelia farinosa</i>	
Palo verde, amarillo	<i>Cercidium sonora</i>	
Ocotillo macho	<i>Fouquieria macdougalii</i>	
Franseria	<i>Ambrosia dumosa</i>	
Huizapol	<i>Ambrosia chenopodiifolia</i>	

Fuente: INEGI: Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.
Fuente: Espinosa, D.S. Ocegueda, et al. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. Pp 33-65.

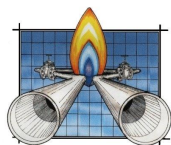
Mezquital

Se encuentra desde el nivel del mar hasta 1 200 m de altitud. En climas muy secos, secos y semisecos; con temperaturas medias anuales de 18 a 24 grados centígrados y lluvia total anual de 180 a 400 mm.

Este tipo de vegetación se caracteriza por la dominancia de diferentes especies de ***Prosopis*** (principalmente ***P. glandulosa***, ***P. glandulosa var. torreyana*** y ***P. velutina***), acompañadas por otros arbustos espinosos e inermes que también se encuentran en los matorrales adyacentes, ya sea micrófilo o sarcocaulé. Su altura varía de 3 a 5 metros, los elementos que lo constituyen están agrupados en dos o tres estratos. Ocupa gran parte de los terrenos pertenecientes a la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses, y una pequeña zona de los de la Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa. Se localiza en suelos profundos de los valles, en zonas de escurrimiento o en bajadas; sobre yermosoles, regosoles, fluvisoles o xerosoles.

*En la parte norte, por Trincheras, Benjamín Hill y El Este rito, entre otras poblaciones, las especies acompañantes son: **Acacia spp.**, **Ambrosia sp.**, **Carnegiea gigantea**, **Celtis sp.**, **Cercidium floridum**, **Condalia sp.**, **Encelia sp.**, **Euphorbia sp.**, **Larrea tridentata**, **Lophocereus schottii**, **Lycium sp.**, **Mimosa laxiflora**, **Olneya tesota**, **Opuntia bigelovii**, **Rocella sp.***

En la porción central del estado, Shreve cita la dominancia de ***Prosopis velutina*** y ***Acacia cymbispina***, presentándose al norte de Ures con una cobertura de 20 a 60% y abundantes gramíneas; y más al sur, entre ese mismo poblado y Tecoripa, con una mayor densidad sobre llanuras y cerros bajos, acompañadas por ***Cercidium sonora***, ***Haematoxylon brasiletto***, ***Caesalpinia pumila***, ***Karwinskia humboldtiana***. Otros autores 1920, mencionan en el área de bajadas asociadas con lomeríos - tramo Guaymas, Hermosillo, Santa Ana y alrededores- un matorral abierto de ***Cercidium microphyllum***, ***Olneya tesota*** y ***Encelia farinosa***, asociados con cactáceas como ***Stenocereus thurberi***, ***Lophocereus schottii***, ***Opuntia cholla*** y, en algunos casos, con especies de condiciones más húmedas, como ***Caesalpinia pumila***, ***Calliandra eriophylla***, ***Cassia covesii***, ***Fíandia thurberi*** y otras encontradas en el valle de Guaymas, al este



de Sierra Libre, y en los valles situados alrededor de la sierra El Bacatete, formando matorrales subinermes que, en varios casos, por encontrarse en sitios típicos de mezquital es probable que se deriven de este tipo de vegetación. En el **municipio de Hermosillo** se reporta una comunidad similar acompañada por ocotillo macho (*Fouquieria splendens*), torotes, Sanjuanico (*Jacquinia pungens*), palo chino (*Pithecellobium mexicanum*), gatuña (*Mimosa laxiflora*) y zacates, entre ellos, aceitilla, liebrero, grama china, zacate araña (*Aristida ternipes*) y cola de zorra (*Polypogon monspeliensis*).

En las llanuras deltáicas situadas al sur de Vicam, *Prosopis glandulosa* se asocia con cuavari (*Lycium spp.*), *Forestiera spp.*, *Vallesia glabra*, *Condalia spp.*, *Atriplex spp.* y *Suaeda spp.*; pero en los lugares con mayor influencia de sales, por ejemplo, los de la costa suroeste del municipio de Hermosillo, aumentan en número las especies de chamizo blanco (*Atriplex canescens*), chamizo salado (*Suaeda fruticosa*) y (*Allenrolfea occidentalis*).

Gran parte de las especies que constituyen estas comunidades se utilizan en la ganadería extensiva, en algunas localidades con mayor intensidad que en otras, aprovechándose tanto gramíneas forrajeras como elementos arbustivos. Además, del mezquite se elaboran carbón y postes para cercas, lo que ha provocado su sobreexplotación en algunas zonas. El uso no planificado de este recurso ha alterado dichas comunidades, las cuales han sido invadidas por choyas, gatuños, sangregados, hierba del vaso y otras de menor valor forrajero; asimismo, ha propiciado la erosión de los terrenos.

Tabla 3.3. Especies predominantes en el Mezquital en el Estado de Sonora.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>	
Mezquite	<i>Prosopis velutina</i>	
Sahuaro	<i>Carnegiea gigantea</i>	A
Margarita	<i>Celtis spp.</i>	
Palo verde o retama	<i>Cercidium floridum</i>	
Condalia, yuna	<i>Condalia spp.</i>	
Flor de rocío	<i>Encella farinosa</i>	
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	
Sinita, burrona	<i>Lophocereus schottii</i>	Endémica, Pr
Chivil	<i>Lycium spp.</i>	
Gatuña	<i>Mimosa laxiflora</i>	
Palo fierro	<i>Olneya tesota</i>	Pr
Choya güera	<i>Opuntia bigelovii</i>	
Huizache	<i>Acacia cymbispina</i>	
Palo verde, palo amarillo	<i>Cercidium sonorae</i>	
Guichachaco	<i>Haematoxylon brasiletto</i>	
Pelo de ángel	<i>Calliandra eriophylla</i>	
Ocotillo macho	<i>Fouquieria splendens</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Torotes	<i>Bursera microphylla</i>	
San juanico	<i>Jacquinia pungens</i>	
Palo chino	<i>Pithecellobium mexicanum</i>	
Zacate aceitilla	<i>Bidens odorata</i>	
Zacate liebrero	<i>Bouteloua rothrockii</i>	
Gramma china	<i>Cynodon dactylon</i>	
Zacate araña	<i>Aristida ternipes</i>	
Cola de zorra	<i>Polypogon monspeliensis</i>	
Palo verde	<i>Cercidium microphyllum</i>	
Pitayo	<i>Stenocereus thurberi</i>	
Cholla	<i>Opuntia cholla</i>	
Huevoito	<i>Vallesia glabra</i>	
Chamizo blanco	<i>Atriplex canescens</i>	
Chamizo salado	<i>Suaeda fruticosa</i>	
Chamizo	<i>Allenrolfea occidentalis</i>	

Fuente: INEGI: Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.
Fuente: Espinosa, D.S. Ocegueda, et al. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. Pp 33-65.

Pastizal

Es una comunidad dominada por especies de gramíneas, en ocasiones acompañadas por herbáceas y arbustos de diferentes familias, como son: compuestas, leguminosas, etc. Se encuentra en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y la zona de bosques, en el noreste del estado, sobre valles y sierras de las provincias Sierras y Llanuras del Norte y Sierra Madre Occidental, en altitudes que van de los 1 000 a los 1 600 m, principalmente dentro de climas semisecos templados y semicálidos, a los cuales corresponden temperaturas medias anuales entre 16 y 20 grados centígrados, y precipitaciones totales anuales de 400 a 500 mm. Se desarrolla sobre regosoles, litosoles, algunos feozems y xerosóles.

En su composición son frecuentes las asociaciones de **Bouteloua**. En el noreste, White reporta principalmente **B. rothrockii**, mientras que otros autores citan como más frecuentes a **Bouteloua curtipendula**, **B. gracilis**. Otras gramíneas reportadas en esta zona son: **B. chondrosioides**, **B. filiformis**, **B. hirsuta**, **Aristida spp.**, **Andropogon sp.**, **Erioneuron sp.**, **Heteropogon contortus**, **Hilaria sp.**, **Muhlenbergia sp.** y **Sporobolus sp.**

Los componentes arbustivos que se encuentran entre las gramíneas, de manera natural o por disturbio, y que forman parte de las comunidades adyacentes son: **Acacia spp.**, **Calliandra eriophylla**, **Croton spp.**, **Fouquieria splendens**, **Ipomoea spp.**, **Krameria spp.**, **Lycium spp.**, **Mimosa dysocarpa**, **Notina spp.** y **Opuntia spp.**



En estas comunidades la principal actividad que se realiza es la pecuaria, algunas de ellas, debido al sobrepastoreo y ramoneo, han sido invadidas por arbustos como: **Acacia vernicosa**, **Calliandra sp.**, **Celtis sp.**, **Condalia sp.** y **Prosopis sp.**; o bien, las gramíneas han sido sustituidas por otras, como **Aristida** y **Erioneuron**.

Tabla 3.4. Especies predominantes en el Pastizal en el Estado de Sonora.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Navajita	<i>Bouteloua spp.</i>	
Buffel	<i>Pennisetum ciliare</i>	
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	
Zacate uña	<i>Microchloa spp.</i>	
Zacate tres barbas	<i>Aristida spp.</i>	
Gramínea	<i>Erioneuron</i>	
Mezquite	<i>Proposis spp.</i>	
Condalia	<i>Condalia spp.</i>	
Granjeno	<i>Celtis pallida</i>	
Viejo, greñuda	<i>Calliandra eriorphylla</i>	
Ocotillo	<i>Fouquieria splendens</i>	
Mimosa	<i>Mimosa dysocarpa</i>	
Huizache	<i>Acacia spp.</i>	
Nopal	<i>Opuntia spp.</i>	
Zacate colorado	<i>Heteropogon contortus</i>	

A= Amenazada, P= Peligro de extinción, Pr= Protección especial, E= probablemente extinta en medio silvestre. **Endémica.**

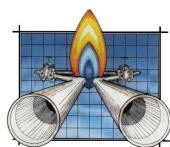
Fuente: INEGI: Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

Fuente: INEGI: Síntesis de información geográfica del Estado de Sonora.

Flora de Hermosillo

Tabla 3.5. Flora reportada para el Municipio de Hermosillo, Sonora.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Ocotillo	<i>Fouquieria splendens</i>	
Choya	<i>Opuntia fulgida</i>	
Choya	<i>Opuntia spinosior</i>	
Navajita anual	<i>Bouteloua barbata</i>	
Toboso	<i>Cenchrus myosuroides</i>	
Sanjuanico	<i>Jacquinia pungens</i>	
Palo chino	<i>Pithecellobium mexicanum</i>	
Gatuña	<i>Mimosa laxiflora</i>	
Zacate araña	<i>Aristida ternipes</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Cola de zorra	<i>Polypogon monspeliensis</i>	
Chamizo blanco	<i>Atriplex canescens</i>	
Chamizo salado	<i>Suaeda fruticosa</i>	
Chamizo	<i>Allenrolfea occidentalis</i>	
Palo fierro	<i>Olneya tesota</i>	Pr
Sahuaro	<i>Crnegiea gigantea</i>	A

A= Amenazada, **P=** Peligro de extinción, **Pr=** Protección especial, **E=** probablemente extinta en medio silvestre. **Endémica.**

A continuación, se presentan las especies de flora encontradas en el sitio de estudio durante el recorrido de campo en el derecho de vía de las vialidades sobre las que va el trazo de la tubería.

Tabla 3.6. Flora observada durante el recorrido de campo en la zona de estudio.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Árbol de Neem	<i>Azadirachta indica</i>	
Biznaga barril del desierto de Sonora	<i>Ferocactus emoryi</i>	
Brea	<i>Cercidium praecox</i>	
Bugambilia	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	
Eucalipto	<i>Eucalyptus glóbulos</i>	
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	
Guamuchil	<i>Pithecellobium dulce</i>	
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	
Limón	<i>Citrus Citrus × aurantifolia</i>	
Maguey	<i>Agave americana</i>	
Maguey	<i>Agave tequilana</i>	
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>	
Palma abanico	<i>Sabal palmetto</i>	
Palma de California abanico	<i>Washingtonia filifera</i>	
Palo fierro	<i>Olneya tesota</i>	Pr
Palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>	
Pasto	<i>Cenchrus echinatus</i>	
Sahuaro o Cardón	<i>Carnegiea gigantea</i>	A

A= Amenazada, **P=** Peligro de extinción, **Pr=** Protección especial, **E=** probablemente extinta en medio silvestre. **Endémica.**

Fuente: Elaboración propia.

Agricultura



Tabla 3.7. Especies de cultivos reportadas para la zona de estudio.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORIA PROTECCIÓN
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	
Vid	<i>Vitis vinifera</i>	
Nogal	<i>Carya spp.</i>	
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>	
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	

Fuente: INEGI: Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

Vinculación

De las especies reportadas para los tipos de ecosistema descritos anteriormente y después de la revisión de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se encontraron 14 especies con alguna categoría de protección y 9 de ellas con el estatus de endémica dentro del SA, pero en la zona del trazo de la tubería del gasoducto no se localiza ninguna.

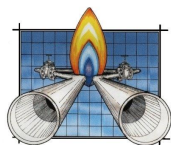
El trazo de la tubería a instalar sobre el derecho de vía de las vialidades ya existentes no tiene conflicto con el entorno natural, ya que el primer tramo del proyecto pasa por zona urbana completamente alterada por actividades antropogénicas y el segundo tramo, presenta a ambos lados de la vialidad Hermosillo – Bahía Kino, grandes predios con Matorral espinoso típico de la región, pero ya alterado el ecosistema natural por la construcción de la vialidad misma. Todos los trabajos que se realicen se harán sobre ella, de modo que **la vegetación natural circundante no será afectada**, por lo que las molestias serán para los conductores de vehículos que transiten por estas vialidades, pero se construirá en pequeños tramos de avance de 250 a 500 metros por un tiempo de máximo 48 hrs, para luego continuar con el siguiente tramo para disminuir en lo más posible estas afectaciones.

A lo largo del trayecto por donde está el trazo del proyecto, solo en algunos tramos al final del trazo de proyecto, en la vegetación natural a los costados de la vialidad, se encuentran especies como el mezquite, palo verde, vagote, guaje, guamúchil, guayacán, lysiloma y palo fierro (*Olneya tesota*), pero que no se afectarán. Esta última especie, es la única de las encontradas en el recorrido del trazo y que se constató durante el recorrido de campo realizado en la zona de estudio, que se encuentra con alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el caso de zona urbana, se observaron algunos individuos de sahuaro o cardón como vegetación ornamental, plantada por la gente en jardineras de alguna empresa o en camellón, pero que de igual forma no serán afectadas por las actividades del proyecto.

Fauna

El Estado de Sonora ocupa el 4° lugar a nivel nacional en cuanto a biodiversidad de fauna silvestre. En esta entidad está representada el 48% de la avifauna que habita en México; el 35% de las especies de mamíferos marinos, el 29% de los mamíferos voladores y el 28% de los mamíferos terrestres presentes en el territorio nacional.



El inventario de fauna silvestre de la entidad consta de 1127 especies distribuidas así: 161 especies de mamíferos, 533 de aves, 37 de anfibios, 154 reptiles y 242 de peces. De las especies que presentan algún estatus de conservación ya sea por estar probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, hay: 57 mamíferos, 11 anfibios, 53 reptiles y 76 aves.

A continuación, se presenta una tabla de especies representativas del Estado de Sonora incluyendo las especies más representativas del Municipio de Hermosillo, Sonora.

Tabla 3.8. Mamíferos del Estado de Sonora.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Coyote	<i>Canis latrans</i>	
Lince americano	<i>Lynx rufus</i>	
Zorro gris	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	
Ratón saltamontes nortero	<i>Onychomys leucogaster</i>	
Perrito llanero	<i>Cynomys ludovicianus</i>	A
Oso negro	<i>Ursus americanus</i>	P
Jaguar	<i>Panthera onca</i>	P
Ardillón cola redonda	<i>Xerospermophilus tereticaudus</i>	
Conejo del desierto	<i>Sylvilagus audubonii</i>	
Ardilla de risco	<i>Tamias dorsalis</i>	
Castor americano	<i>Castor canadensis</i>	P
Murciélago de charreteras	<i>Genus sturnira</i>	
Rata canguro de Merriam	<i>Dipodomys merriami</i>	Endémica, A
Murciélago trompudo	<i>Choeronycteris mexicana</i>	A
Rata cambalachera sonorensis	<i>Neotoma phenax</i>	Endémica, Pr
Miotis pata larga	<i>Myotis volans</i>	
Murciélago mula Allen	<i>Idionycteris phyllotis</i>	
Borrego cimarrón	<i>Ovis canadensis</i>	Pr
Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	
Berrendo	<i>Antilocarpa americana</i>	P
Puma	<i>Puma concolor</i>	
Armadillo	<i>Cabassous centralis</i>	P
Ardillón de roca	<i>Otospermophilus variegatus</i>	
Liebre antilope	<i>Lepus alleni</i>	Endémica, Pr
Mapache	<i>Procyon lotor</i>	
Lince americano	<i>Lynx rufus</i>	
Ardilla antilope de Sonora	<i>Ammospermophilus harrisii</i>	
Murciélago magueyero menor	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	
Ratón de Merriam	<i>Peromyscus merriami</i>	



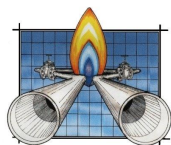
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Murciélago desértico norteño	<i>Antrozous pallidus</i>	
Murciélago orejón californiano	<i>Macrotus californicus</i>	
Ratón de abazones desértico	<i>Chaetodipus penicillatus</i>	Endémica, A
Ratón de abazones de Arizona	<i>Perognathus amplus</i>	Pr

A= Amenazada, P= Peligro de extinción, Pr= Protección especial, E= probablemente extinta en medio silvestre. **Endémica.**

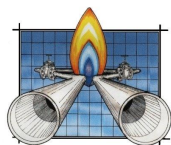
Fuente: Naturalista, Hermosillo. <http://www.naturalista.mx/places/hermosillo>

Tabla 3.9. Aves del Estado de Sonora.

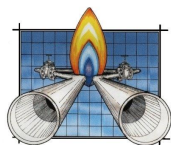
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Pelícano cefé	<i>Pelecanus occidentalis</i>	A
Ostrero americano	<i>Haematopus palliatus</i>	P
Carpintero del desierto	<i>Melanerpes uropygialis</i>	
Bobo pata azul	<i>Sula nebouxii</i>	Pr
Fragata magnífica	<i>Fregata magnificens</i>	
Centzontle norteño	<i>Mimus polyglottos</i>	
Colibrí cabeza violeta	<i>Klais guimeti</i>	
Bolsero encapuchado	<i>Icterus cucullatus</i>	
Codorniz chiquiri	<i>Callipepla gambelli</i>	
Colorín morado	<i>Passerina versicolor</i>	
Gaviota reidora	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	
Zumbador cola ancha	<i>Selasphorus platycercus</i>	
Carbonero embridado	<i>Baeolophus wollweberi</i>	
Rabijunco pico rojo	<i>Phaethon aethereus</i>	A
Chipe amarillo	<i>Dendroica chrysoparia</i>	P
Pato boludo menor	<i>Aythya affinis</i>	
Pico gordo azul	<i>Passerina caerulea</i>	
Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>	A
Colimbo menor	<i>Gavia stellata</i>	
Pijije alablanca	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	
Águila pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	
Pinzón mexicano	<i>Haemorhous mexicanus</i>	
Paloma ala blanca	<i>Zenaida asiática</i>	
Colibrí pico ancho	<i>Cyananthus latorostris</i>	
Baloncillo	<i>Auriparus flaviceps</i>	
Garceta pie dorado	<i>Egretta thula</i>	
Capulinerio negro	<i>Phainopepla nitens</i>	
Pedrete corona clara	<i>Nyctanassa violacea</i>	Endémica, A
Gaviota ploma	<i>Larus heermanni</i>	Pr



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Cardenal pardo	<i>Cardinalis sinuatus</i>	
Zopilote aura	<i>Cathartes aura</i>	
Correcaminos norteño	<i>Geococcyx californianus</i>	
Gaviota pata amarilla	<i>Larus livens</i>	Pr
Zanate mayor	<i>Quiscalus mexicanus</i>	
Papamoscas cardenalito	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	
Paloma de collar turca	<i>Streptopela decaocto</i>	
Tórtola cola larga	<i>Columbina inca</i>	
Tecolote llanero	<i>Athene canicularia</i>	
Garceta rojiza	<i>Egretta rufescens</i>	Pr
Gorrión casero	<i>Passer domesticus</i>	
Cardenal rojo	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Endémica, Pr
Perico monje	<i>Myiopsitta monachus</i>	
Tordo ojo rojo	<i>Molothrus aeneus</i>	
Tirano pálido	<i>Tyrannus verticalis</i>	
Toquí pardo	<i>Melospiza fusca</i>	
Cuillacoche pico curvo	<i>Toxostoma curvirostre</i>	
Caracara quebrantahuesos	<i>Caracara cheriway</i>	
Playero pihuiuí	<i>Tringa semipalmata</i>	
Ibis blanco	<i>Eudocimus albus</i>	
Gorrión arlequín	<i>Eudocimus albus</i>	
Zacatonero ala rufa	<i>Peucaea carpalis</i>	
Chipe rabadilla amarilla	<i>Setophaga coronata</i>	
Gaviota pico anillado	<i>Larus delawarensis</i>	
Chorlo tildío	<i>Charadrius vociferus</i>	
Cernícalo americano	<i>Falco sparverius</i>	
Zopilote común	<i>Caragyps atratus</i>	
Candelerero americano	<i>Himantopus mexicanus</i>	
Zambullidor orejudo	<i>Podiceps nigricollis</i>	
Golondrina azulnegra	<i>Progne subis</i>	
Papamoscas cenizo	<i>Myiarchus cinerascens</i>	
Matraca del desierto	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	
Tordo cabeza amarilla	<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	
Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	Endémica, Pr
Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	
Paloma huilota	<i>Columba livia</i>	
Playero alzacolita	<i>Actitis macularius</i>	
Mergo copetón	<i>Mergus serrator</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Garceta tricolor	<i>Egretta tricolor</i>	
Cormorán oliváceo	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	
Picopando canelo	<i>Limosa fedoa</i>	
Fragata magnífica	<i>Fregata magnificens</i>	
Piranga capucha roja	<i>Piranga ludoviciana</i>	
Ganso de collar	<i>Branta bernicla</i>	A
Aguililla rojinegra	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Pr
Charrán elegante	<i>Thalasseus elegans</i>	
Perlita del desierto	<i>Poliophtila melanura</i>	
Cuitlacoche pico corto	<i>Toxostoma bendirei</i>	
Aguililla cola roja	<i>Buteo jamaicensis</i>	Endémica, Pr
Pedrete corona negra	<i>Nyctocorax nycticorax</i>	
Gorrión corona blanca	<i>Zonotrichia leucophrys</i>	
Mosquero negro	<i>Sayornis nigricans</i>	
Pato cuchara	<i>Spatula clypeata</i>	
Martín pescador nortño	<i>Megaceryle alcyon</i>	
Chipe amarillo	<i>Setophaga pepuchia</i>	
Cerceta ala verde	<i>Anas crecca</i>	
Perlita azulgris	<i>Poliophtila caerulea</i>	
Chivirín saltapared	<i>Troglodytes aedon</i>	Pr
Colimbo mayor	<i>Gavia immer</i>	
Alcaudón verdugo	<i>Lanius ludovicianus</i>	
Charrán caspia	<i>Hydroprogne caspia</i>	
Papamoscas llanero	<i>Sayornis saya</i>	
Vuelvepiedras rojizo	<i>Arenaria interpres</i>	
Colorín sietecolores	<i>Passerina ciris</i>	Pr
Golondrina aserrada	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	
Zarapito trinador	<i>Numenius phaeopus</i>	
Halcón esmerejón	<i>Falco columbarius</i>	
Carpintero mexicano	<i>Picoides scalaris</i>	
Patamarilla menor	<i>Tringa flavipes</i>	
Vireo gorjeador	<i>Vireo gilvus</i>	Endémica, Pr
Garrapatero pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Endémica, E
Playero solitario	<i>Tringa solitaria</i>	
Lechuza de campanario	<i>Tyto alba</i>	
Rayador americano	<i>Rynchops niger</i>	
Zacatonero garganta negra	<i>Amphispiza bilineata</i>	A
Chorlo nevado	<i>Charadrius nivosus</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Costurero pico largo	<i>Limnodroms scolopaceus</i>	
Loro frente blanca	<i>Amazona albifrons</i>	Pr
Chipe de Tolmie	<i>Geothlypis tolmiei</i>	
Chrorlo pico grueso	<i>Charadrius wilsonia</i>	
Golondrina manglera	<i>Tachycineta albilinea</i>	
Tecolote occidental	<i>Megascops kennicottii</i>	
Gorrión ala blanca	<i>Calamospiza melanocorys</i>	

A= Amenazada, P= Peligro de extinción, Pr= Protección especial, E= probablemente extinta en medio silvestre. **Endémica.**

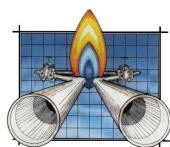
Fuente: Naturalista, Hermosillo. <http://www.naturalista.mx/places/hermosillo>

Tabla 3.10. Anfibios y Reptiles del Estado de Sonora.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
ANFIBIOS		
Rana de árbol de tierras bajas	<i>Smilisca fodiens</i>	
Sapo del desierto de Sonora	<i>Incilius alvarius</i>	
Rana tarahumara	<i>Rana tarahumarae</i>	
Salamandra	<i>Ambystoma spp.</i>	
Ajolote del altiplano	<i>Ambystoma velasci</i>	
Sapo verde sonorensis	<i>Bufo retiformis</i>	Pr
Sapo toro	<i>Lithobates catesbeianus</i>	
Sapo cavador	<i>Scaphiopus couchii</i>	
Sapito pinto de Mazatlan	<i>Incilius mazatlanensis</i>	
Sapo boca angosta de Mazatlán	<i>Gastrophryne mazatlanensis</i>	
Sapito mexicano	<i>Anaxyrus kelloggi</i>	
Sapo de espuelas	<i>Anaxyrus cagnatus</i>	
Ranita hojarasca	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	
REPTILES		
Lagartija cachora	<i>Callisaurus draconoides</i>	A
Cascabel cornuda del noroeste	<i>Crotalus cerastes</i>	
Gecko de bandas del noroeste	<i>Coleonyx fasciatus</i>	
Iguana del desierto	<i>Dipsasaurus dorsalis</i>	
Chacahuala del noroeste	<i>Sauromalus ater</i>	
Tortuga del desierto de Sonora	<i>Gopherus morafkai</i>	
Culebra real sonorensis	<i>Lampropeltis pyromelana</i>	A
Camaleón de Sonora		
Iguana cola espinosa sonorensis	<i>Ctenosaura macrolopha</i>	
Lagartija manchada	<i>Liolaemus multimaculatus</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Culebra chirriadora sonorese	<i>Coluber bilineatus</i>	
Lagartija de collar	<i>Crotaphytus collaris</i>	A
Eslizón de la Gran Planicie	<i>Plestiodon obsoletus</i>	
Coralillo sonorese	<i>Micruroides euryxanthus</i>	A
Víbora de cascabel	<i>Crotalus durissus</i>	Pr
Víbora sorda	<i>Crotalus catalinensis</i>	
Camaleón real	<i>Phrynosoma solare</i>	
Lagartija de árbol norteña	<i>Urosaurus ornatus</i>	
Lagartija de mancha lateral norteña	<i>Uta stansburiana</i>	Endémica, A
Huico tigre del noroeste	<i>Aspidoscelis tigris</i>	
Lagartija espinosa del noroeste	<i>Sceloporus clarkii</i>	
Cascabel cornuda del noroeste	<i>Crotalus cerastes</i>	Pr
Iguana de la isla de San Esteban	<i>Ctenosaura conspicuosa</i>	
Cascabel de diamantes	<i>Crotalus atrox</i>	Pr
Chirrión roja	<i>Coluber felagellum</i>	
Víbora cascabel tigre sonorese	<i>Crotalus tigris</i>	Pr
Geco casero del Mediterráneo	<i>Hemidactylus turcicus</i>	
Lagarto de Gila	<i>Heloderma suspectum</i>	A
Culebra lineada de bosque	<i>Tamnophis cyrtopsis</i>	
Lagartija sin orejas elegante	<i>Holbrookia elegas</i>	
Gecko bandeado del noroeste	<i>Coleonyx variegatus</i>	
Lagartija de collar de Isla Tiburón	<i>Crotaphytus dickersonae</i>	
Lagartija leopardo narigona	<i>Gambelia wislizenii</i>	Pr
Salamanquesa insular	<i>Phyllodactylus nocticolus</i>	Endémica, Pr
Tortuga prieta	<i>Chelonia mydas</i>	P
Mazacuata	<i>Boa constrictor</i>	A
Tortuga golfina	<i>Lepidochelys olivacea</i>	P
Serpiente ciega tropical	<i>Ramphotyphlops braminus</i>	
Mazacuata	<i>Boa imperator</i>	
Boa solocuate	<i>Lichanura trivirgata</i>	A
Huico manchado gigante	<i>Aspodoscelis stictogramma</i>	
Casquito de Sonora	<i>Kinosternon arozonense</i>	
Salamanquesa sonorese	<i>Phyllodactylus homolepidurus</i>	Endémica, Pr
Culebra de nariz larga	<i>Rhinocheilus lecontei</i>	
Chacahuala del noroeste	<i>Sauromalus ater</i>	Pr
Lagartija escamosa del desierto	<i>Sceloporus mnagister</i>	
Culebra nocturna del desierto	<i>Hypsiglena chlorophaea</i>	



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE PROTECCIÓN
Lagartija espinosa de panza azul	<i>Sceloporus nelsoni</i>	
Culebrilla ciega de occidente	<i>Rena humilis</i>	
Lagartija de árbol del Pacífico	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	

A= Amenazada, **P=** Peligro de extinción, **Pr=** Protección especial, **E=** probablemente extinta en medio silvestre. **Endémica.**

Fuente: Naturalista, Hermosillo. <http://www.naturalista.mx/places/hermosillo>

A continuación, se presentan las especies de fauna encontradas en el sitio de estudio durante el recorrido de campo:

Tabla 3.11. Especies observadas durante el recorrido de campo en la zona de estudio.

Familia	Nombre común	Nombre científico	Categoría Protección	Registro
Accipitridae	Gavilán de Cooper	<i>Accipiter cooperii</i>	Pr	Od, Fb
Ardeidae	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>		Od, Fb
Cathartidae	Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>		Od, Fb
Colubridae	Culebra cola corta mexicana	<i>Sympholis lippiens</i>		Od
Columbidae	Paloma torcaza	<i>Columba palumbus</i>		Od, Fb
Hylidae	Ranita de las rocas	<i>Hyla arenicolor</i>		Od, Fb
Icteridae	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>		Od, Fb
Leporidae	Liebre antílope	<i>Lepus alleni</i>	Endémica, Pr	Od, Fb
Phrynosomatidae	Cachora guico	<i>Urosaurus graciosus</i>		Od, Fb
Sciuridae	Perrito de la pradera Mexicano	<i>Cynomys ludovicianus</i>	A	Od, Fb

A= Amenazada, **P=** Peligro de extinción, **Pr=** Protección especial, **E=** probablemente extinta en medio silvestre. **Endémica.**

Registro: **Od:** Observación directa, **Oi=** Observación indirecta, **Fb=** Fuente bibliográfica, **Ep=** Entrevista pobladores.

Fuente: Elaboración propia.

Vinculación

De las categorías taxonómicas enlistadas con respecto a la fauna del SA, resultaron 52 de esas especies reportadas con alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo 13 de ellas reportadas como endémicas.

Cabe destacar que durante el recorrido de campo realizado por la zona de estudio y en el Sistema Ambiental (SA) propuesto, se realizó observación directa de 10 especies en los tramos del gasoducto, en los predios contiguos a las vialidades por las que pasa el trazo del gasoducto, de las cuales solo tres presentan una categoría de protección: el Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), la liebre antílope (*Lepus alleni*), y el Perrito de la pradera mexicana (*Cynomys mexicanus*).



Imágenes ilustrativas 49 y 50. Ejemplar de Liebre avistado, que es muy abundante en la zona.



Imágenes ilustrativas 51 y 52. Ejemplar de Perrito de la Pradera avistado.

El trazo de la tubería a instalar sobre el derecho de vía de las vialidades existentes no tiene conflicto con el entorno natural, ya que el primer tercio del proyecto pasa por zona urbana completamente alterada por actividades antropogénicas y el segundo tercio presenta a ambos lados de la vialidad Hermosillo – Bahía Kino grandes predios con Matorral espinoso típico de la región. Sin embargo, se tendrán todos los cuidados necesarios durante las jornadas de trabajo para que, si algún individuo de fauna llegara a aparecer, se le respete y no se le dañe. Se procederá a alejarlo y si es necesarios, a capturarlo y posteriormente a liberarlo en el área natural del entorno, todo a cargo de la Residencia ambiental, misma que se encargará de la capacitación a todo el personal de obra en las acciones de respeto sobre la fauna.

Para esta acción, se cuenta con un Plan de Manejo de Fauna, donde se detallan todas las acciones a implementar para prevenir el daño, sobre todo a las especies reportadas en la zona de estudio dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2017. Como por ejemplo, el avance en las actividades de excavación de la zanja en la última zona de proyecto, el ramal secundario que va a la empresa Bachoco, al norte, por la posibilidad de encontrar ductos en el derecho de vía de la vialidad existente de las madrigueras de estos animales, como el caso del perrito de la prader, será con previa acción del residente ambiental que haga el espantamiento de la fauna, y si existiera algún ejemplar que quedara atrapado en algún punto, se hará su captura y manejo, según el plan de



manejo de fauna contemplado en este estudio. De todo esto se llevará control mediante reporte evidencial en la bitácora ambiental.

III.1.3. Medio Abiótico

Medio Abiótico

Relieve, Clima, Geología, Suelos de la Zona del proyecto

En la porción sur se encuentran aflorando unas montañas volcánicas metaestables a inestables y unos lomeríos de pendientes medias compuestos de rocas volcánicas y plutónicas, la diferencia altitudinal decrece en dirección sur-sureste hacia el centro-oeste hasta llegar a la línea de la costa de Hermosillo.

Relieve

Municipio de Hermosillo

El extremo este del municipio de está conformado por lomeríos estables de rocas volcánicas ácidas a intermedias, calizas y conglomerados polimícticos ocasionalmente intercalados con basaltos, delimitados por sus taludes de escombros conglomeráticos que dan paso a una amplia planicie aluvial divergente superior, cuya estabilidad topográfica se observa truncada por una montaña baja de litología plutónica y pendiente media, conocida como Sierra El Bachoco. Además de unos cuerpos de orientación noroeste-sureste, que corresponden a unas montañas con laderas metaestables hasta abruptas de caliza-arenisca y lomeríos de baja a mediana inclinación constituidos por rocas volcánicas y conglomeráticas.

La planicie antrópica urbana de la localidad de Hermosillo se localiza en la planicie aluvial del Río Sonora, actualmente empleada como planicie antrópica cultivada.

En la región norte-noroeste se distribuyen lomeríos y montañas de composición conglomerática, calcárea y volcánica con inclinaciones generales de estables a abruptas, cuyos piedemonte contienen clastos variados de los altos topográficos más predominantes; conforme disminuye la altura relativa hacia el centro del área de estudio, se clasifica la diferenciación de las planicies aluviales, divergentes superiores e inferiores y las zonas cultivadas, hasta llegar al nivel del mar en la denominada planicie costera activa.

En la porción sur se encuentran aflorando unas montañas volcánicas metaestables a inestables y unos lomeríos de pendientes medias compuestos de rocas volcánicas y plutónicas, la diferencia altitudinal decrece en dirección sur-sureste hacia el centro-oeste hasta llegar a la línea de la costa de Hermosillo.



Simbología	Unidad geomorfológica
[Red]	Ladera montañosa alta abrupta de granodiorita
[Brown]	Lomerío bajo estable de granodiorita
[Light Brown]	Lomerío bajo estable de volcánica y arenisca
[Dark Brown]	Lomerío bajo estable urbanizado
[Olive]	Lomerío bajo metaestable de caliza
[Greenish Brown]	Lomerío bajo metaestable de granito
[Yellowish Green]	Lomerío bajo metaestable de granodiorita
[Light Green]	Lomerío bajo metaestable de metavolcánica
[Light Yellow]	Lomerío bajo metaestable de volcánica
[Orange]	Lomerío medio inestable de caliza
[Dark Orange]	Lomerío medio metaestable de granito
[Brownish Orange]	Lomerío medio metaestable de volcánica
[Dark Brown]	Lomerío alto abrupto de volcánica
[Yellow]	Piedemonte metaestable urbanizado
[Light Yellow]	Piedemonte estable urbanizado
[Orange]	Piedemonte estable de conglomerado polimítico y arenas
[Dark Orange]	Piedemonte metaestable de conglomerado polimítico y arenas
[Yellow]	Planicie aluvial
[Green]	Planicie aluvial de inundación máxima
[Light Green]	Planicie aluvial de inundación estacional
[Dark Green]	Arroyo tributario
[Light Green]	Planicie aluvial divergente superior
[Green]	Planicie aluvial divergente inferior
[Dark Green]	Cauce fluvial principal
[Dark Green]	Planicie antrópica cultivada de inundación máxima
[Dark Green]	Planicie antrópica urbana
[Dark Green]	Planicie antrópica cultivada
[Dark Green]	Planicie antrópica urbana de inundación estacional
[Dark Green]	Planicie antrópica urbana de inundación máxima
[Dark Green]	Cuerpos de agua

Tabla 3.17. Unidades geomorfológicas para la Ciudad de Hermosillo, Sonora.

Fisiografía

Estado de Sonora

Nuestro país se divide en quince provincias fisiográficas; cada provincia tiene sus propias características geológicas y morfológicas.

El territorio del estado de Sonora comprende áreas que corresponden a cuatro provincias o regiones fisiográficas del país: Llanura Sonorense, en el noroeste y oeste; Sierra Madre Occidental, en la parte oriental; Sierras y Llanuras del Norte, en la porción boreal; y Llanura Costera del Pacífico, en el sur.

La Llanura Sonorense abarca el 52.61% de la superficie estatal, cubriendo el centro oeste y noroeste de la entidad. Las subprovincias que la conforman dentro del estado de Sonora y la porción del territorio estatal que cobijan son: Sierras y Llanuras Sonorense (45.33%), Desierto de Altar (6.54%) y Sierra del Pinacate (0.74%).

La zona de estudio se ubica en la provincia Llanura Sonorense y en la subprovincia Sierras y Llanuras sonorenses.

Provincia Llanura Sonorense

Esta provincia es compartida con el estado de Arizona, E.U.A., dentro de Sonora adopta la forma de una cuña orientada hacia el sur; colinda en el extremo noroeste con la Península de Baja



California, hacia el oriente con la Sierra Madre Occidental y en su extremo sur con la Llanura Costera del Pacífico.

Gran parte de su extensión consta de sierras bajas paralelas de bloques fallados, orientadas burdamente nornoroeste-sursureste, y separadas unas de otras por llanuras cada vez más amplias y bajas hacia el Golfo de California. Los climas imperantes en la provincia son los muy secos semicálidos, como en el Desierto de Altar; y los muy secos cálidos, hacia el sur de Hermosillo. En el Desierto de Altar domina la vegetación de desiertos arenosos, en el resto de la región se encuentran matorrales de tipo sarcocaula, así como matorral desértico micrófilo y mezquiteal.

La provincia está dividida en dos subprovincias y una discontinuidad, las cuales son: Sierras y Llanuras Sonorenses, Desierto de Altar y Sierra del Pinacate.

Subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses

Comprende un área de 81 661.40 Km², abarca completamente los municipios de Caborca, Altar, Sáric, Tubutama, Atil, Oquitoa, Pitiquito, Trincheras, Benjamín Hill, **Hermosillo**, Carbó, San Miguel de Horcasitas, Empalme y Mazatán; asimismo incluye parte de los de San Luis Río Colorado, Puerto Peñasco, General Plutarco Elías Calles, Nogales, Magdalena, Santa Ana, Opodepe, Quiriego, Ures, Villa Pesqueira, La Colorada, Guaymas, Suaqui Grande y Cajeme.

Está formada de sierras bajas separadas por llanuras. Tales sierras son más elevadas (700 a 1 400 msnm) y más estrechas (rara vez más de 6 km de ancho) en el oriente; y más bajas (de 700 msnm o menos) y más amplias (de 13 a 24 km) en el occidente.

Casi en todos los casos las sierras son más angostas que las llanuras y su espaciamiento es tal, que nunca quedan fuera de la vista. En ellas predominan rocas ígneas intrusivas ácidas, aunque también son importantes, particularmente en la parte central de la subprovincia, rocas lávicas, metamórficas, calizas antiguas y conglomerados del Terciario. La isla Tiburón forma parte de este sistema de sierras, cuyas cimas son bajas y muy uniformes. Las pendientes son bastante abruptas, siendo frecuentes las mayores de 45 grados, especialmente en las rocas intrusivas, lávicas y metamórficas; en tanto que las menores a 20 grados son raras. En general, las cimas son almenadas, es decir, dentadas. Los arroyos que drenan esta región efectúan una fuerte erosión produciendo espolones laterales que se proyectan en las llanuras.

Las llanuras representan alrededor de 80% de la subprovincia. Están cubiertas en la mayor parte o en toda su extensión de amplios abanicos aluviales (bajadas) que descienden con pendientes suaves desde las sierras colindantes. La llanura aluvial de Hermosillo (200 msnm) baja hacia la costa ensanchándose en sentido noreste-suroeste, tiene 125 km de largo y 60 km de ancho en la costa.

El río más grande de esta porción es el Sonora, que nace en Cananea, en la provincia Sierra Madre Occidental, donde fluye hacia el sur. A la altura de Hermosillo se une con el San Miguel de Horcasitas, también procedente de esa provincia, y con El Zanjón, que se origina en esta subprovincia.

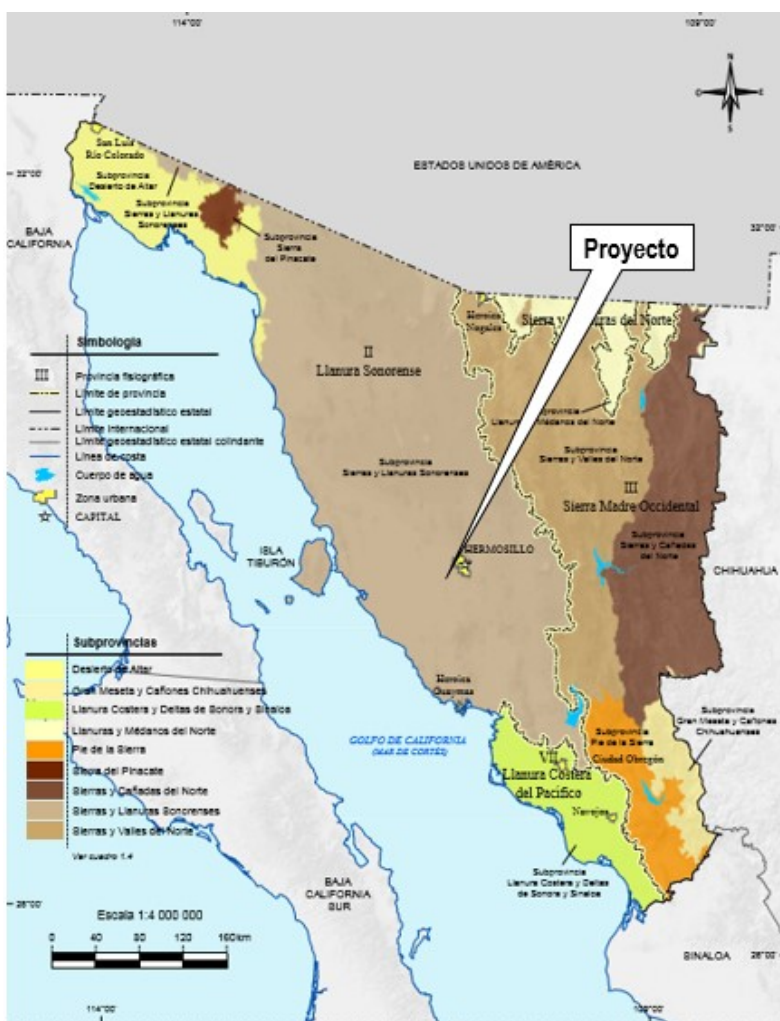
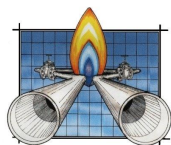


Figura 3.18. Fisiografía del Estado de Sonora.

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y geográfico de Sonora, 2015.

Municipio de Hermosillo

El municipio de Hermosillo está comprendido dentro de las provincias fisiográficas Llanura Sonorense y en la Subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses, cuyas características climáticas y geológicas definen en gran medida el tipo de suelo y la vegetación que sustentan.



Figura 3.19. Fisiografía del Municipio de Hermosillo, Sonora.

Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Hermosillo, 2014.

Geología

Estado de Sonora

El territorio sonorense tiene una historia geológica bastante compleja. En él acontecieron varios eventos geológicos que dieron lugar a una diversidad de unidades litológicas, las cuales, por medio de los fenómenos endógenos (tectonismo y vulcanismo) y exógenos (erosión y depósito) sucedidos a través del tiempo, han transformado su estructura original y modelado el paisaje.

En la entidad afloran rocas de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, cuyas edades de formación comprenden desde el Precámbrico al Cuaternario, aunque algunos períodos sólo están representados en forma parcial.

La porción occidental corresponde a las Llanuras Sonorenses, que se caracteriza por la alternancia de sierras, bajadas y llanuras. En esta zona las sierras se formaron por procesos tectónicos, tienen una orientación noroeste- sureste, están próximas unas de otras en el oriente y más separadas en el poniente. Su composición litológica es variada, dominan las rocas anteriores al Terciario, las cuales en el este están cubiertas por efusiones volcánicas del Cenozoico. Las llanuras son más amplias en el oeste, lugar donde se acumularon grandes cantidades de material de tipo eólico y aluvial. En esta provincia, desde el sur de Caborca hasta el noroeste del estado, afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias del Precámbrico. El Paleozoico por lo general está representado por calizas, ortocuarcitas y dolomías metamorizadas. El Mesozoico por calizas y rocas detríticas de ambientes marino y continental; además de volcánicas (con predominio de composición andesítica) e ígneas intrusivas (granitos y granodioritas) que son las de mayor distribución en la Llanura Sonorense. Del Cenozoico se encuentran rocas volcánicas, entre las que predominan las de composición ácida. Los afloramientos de conglomerados del Terciario tienen también una amplia distribución; sin embargo, la mayor parte de esta provincia se encuentra cubierta por depósitos sin consolidar del Cuaternario, localizados en las llanuras y bajadas.

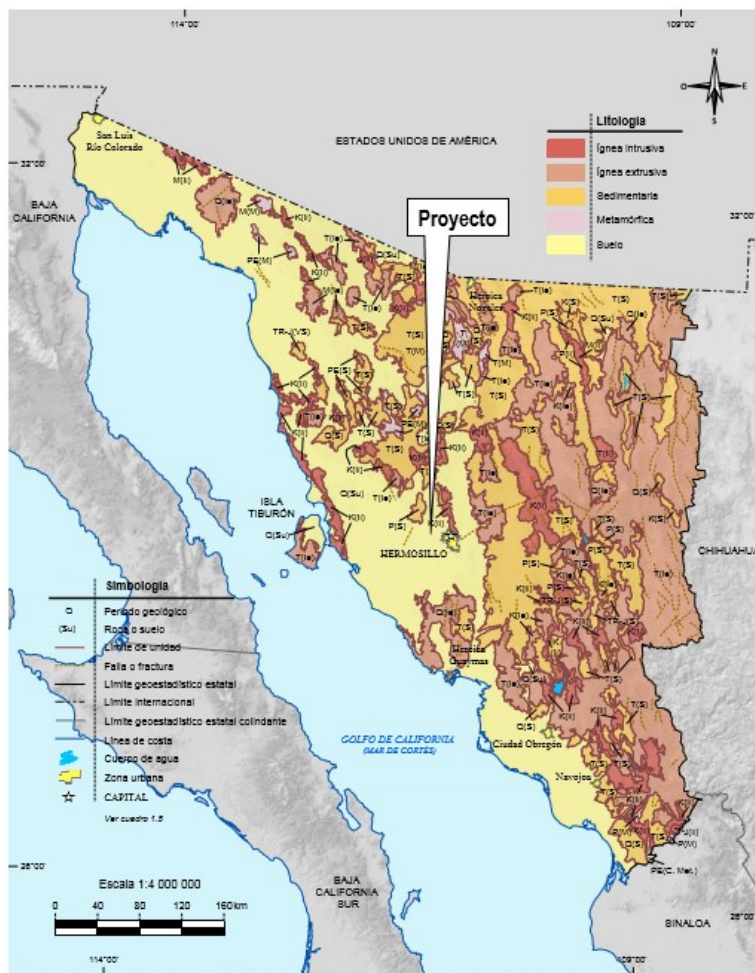
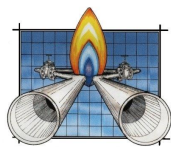


Figura 3.20. Geología del Estado de Sonora.

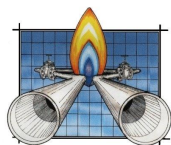
Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y geográfico de Sonora, 2015.

Municipio de Hermosillo

Hermosillo está ubicado en una planicie de sedimentos cuaternarios; gravas, arenas, limos y arcillas. Dicha planicie se encuentra enmarcada por diversos afloramientos cuyas edades varían desde el paleozoico al reciente.

En el centro y sureste de Hermosillo se pueden observar a grandes rasgos, variados afloramientos paleozoicos; calizas y diversos tipos de mármoles. Así mismo al noroeste de la zona, en las cercanías del Aeropuerto se observan paquetes de riolitas, esferulíticas y fluidales además de paquetes de tobas, estos mismos paquetes cuya edad se les asigna al Terciario también se pueden localizar al suroeste del mismo aeropuerto.

La parte norte y este de Hermosillo (Cerro del Bachoco, Coloso y Mariachi) de manera general están representadas por cuerpos intrusivos granodiorítico con una textura fanerítica, los cuales se ven afectados por diversos diques de composición pegmatita y aplítica. En su mayor parte el



intrusivo se encuentra muy alterado y con un intenso fracturamiento. Los principales rasgos geológico-estructurales que se manifiestan en la zona de estudio están directamente relacionados a procesos ocurridos regionalmente.

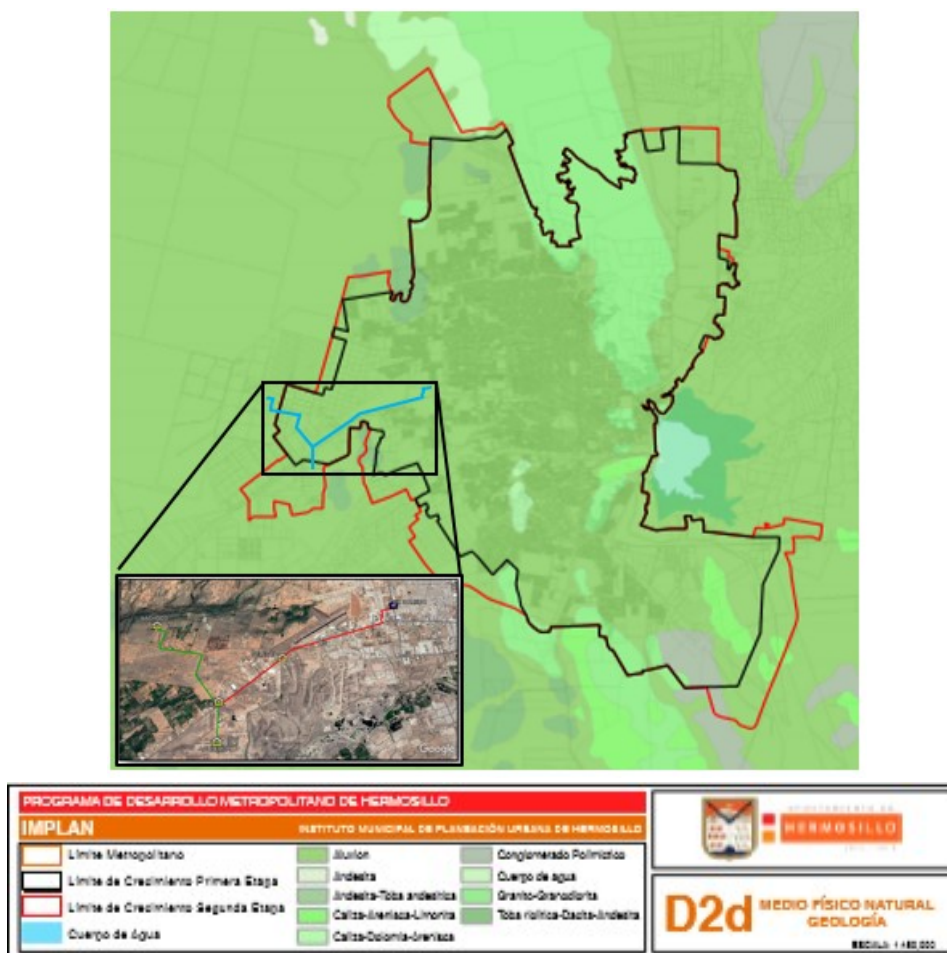


Figura 3.21. Geología del Municipio de Hermosillo, Sonora.

Fuente: Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo, 2016.

Edafología Estado de Sonora

En el Estado de Sonora existe una gran variedad de tipos de suelos y los más frecuentes son los de tipo Yermosol y Castañozem, los cuales ocupan aproximadamente un 73% de la superficie total estatal.

Los suelos Yermosoles son suelos claros con buena retención de agua, con drenaje adaptable a las actividades agrícolas, aunque en ocasiones son necesarias algunas obras de conservación. Esto generalmente sucede en casos de pendientes muy pronunciadas. En este tipo de suelos en donde se realiza la mayor parte de la actividad agrícola del estado.



Los suelos Castañozem se encuentran en la parte Este y Central de Norte a Sur del estado y abarcan el 33% de la superficie del mismo. Son ricos en materia orgánica, preferentemente dedicados a la actividad pecuaria y no a las agrícolas por causa de sus pendientes.

Por su parte los suelos de tipo Litosol, Luvisol y xerosol cubren aproximadamente el 16% de la superficie total del estado de Sonora.

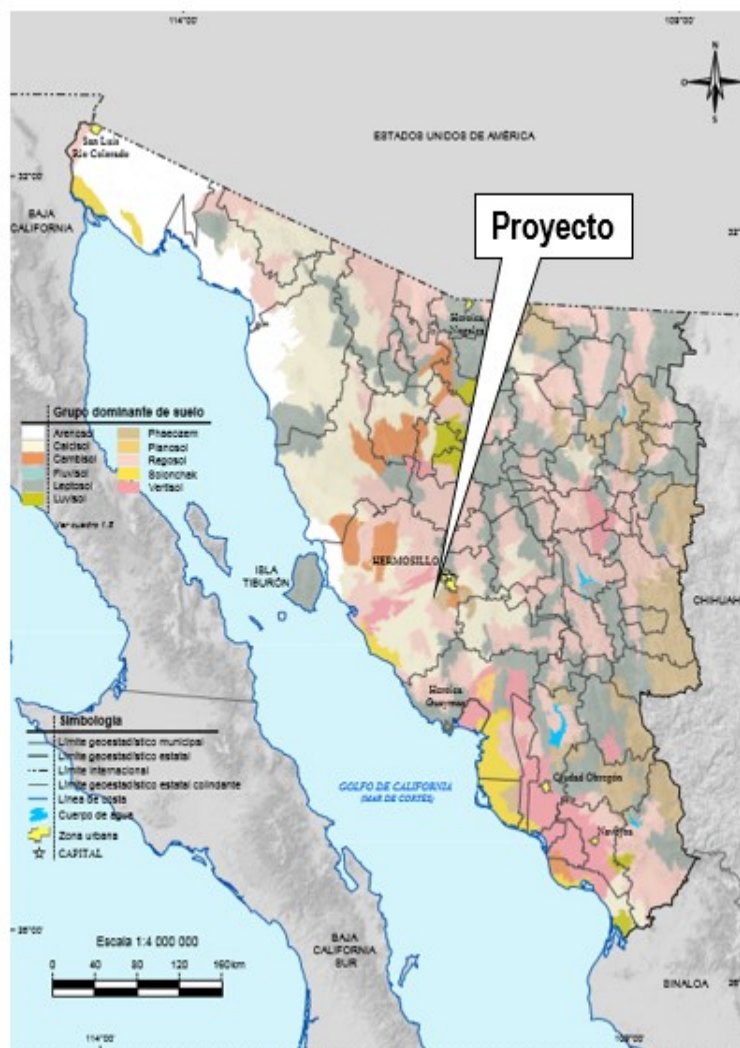


Figura 3.22. Tipos de Suelos dominantes en el Estado de Sonora.

Fuente: Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

Municipio de Hermosillo

En Hermosillo, podemos identificar ocho tipos de suelo, conocidos como: Vertisol, Xerosol, Litosol, Feozem, Yermosol, Regosol, cuerpos de agua y zona urbana.



Vertisol: Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización. Este tipo de suelo cubre un área de 5,667.85 ha teniendo así el 4.44% del área total.

- **Xerosol:** Se caracterizan por ser suelos de regiones secas, tienen generalmente una capa superficial clara y delgada, con cantidades muy variables de materia orgánica según el tipo de textura que tengan. Se encuentra en la zona norte y sur abarcando un área de 41,836.18 ha con un 32.76% del área total.

- **Litosol:** Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales. Abarca un área de 14,209.05 ha y el 11.13% del área total.

- **Feozem:** se caracterizan por ser suelos de capa superficial oscura, algo gruesa, rica en materias orgánicas y nutrientes. Con un área de 20,806.55 ha y un 16.29% del área total.

- **Yermosol:** Se encuentra en el centro oeste en la zona agrícola de la Costa de Hermosillo, en la parte noroeste y sur del Municipio y hacia la parte sur de Hermosillo. Son suelos de regiones desérticas. Su vegetación natural es de matorrales o pastizal, generalmente tienen una capa superficial delgada, con cantidades muy variables de Materia Orgánica según el tipo de textura que tengan. Presentan semejanza de los Xerosoles, con una capa superficial clara y un subsuelo rico en arcilla o similar a la capa superficial, Con un área de 9,258.93 ha y un 7.25% del total.

- **Regosol:** Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. Se localizan en la parte norte, oeste y noroeste de Hermosillo con un área de 32,534.83 ha y abarca un 25.48% del área total. A parte de los tipos de suelos mencionados en la Zona Metropolitana de Hermosillo se encuentran también cuerpos de agua que abarcan un área de 730.97 ha con el 0.57% de área total y la zona urbana con 2,647.98 ha de área y un 2.07% del área total.

Fuente: Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo, 2016.

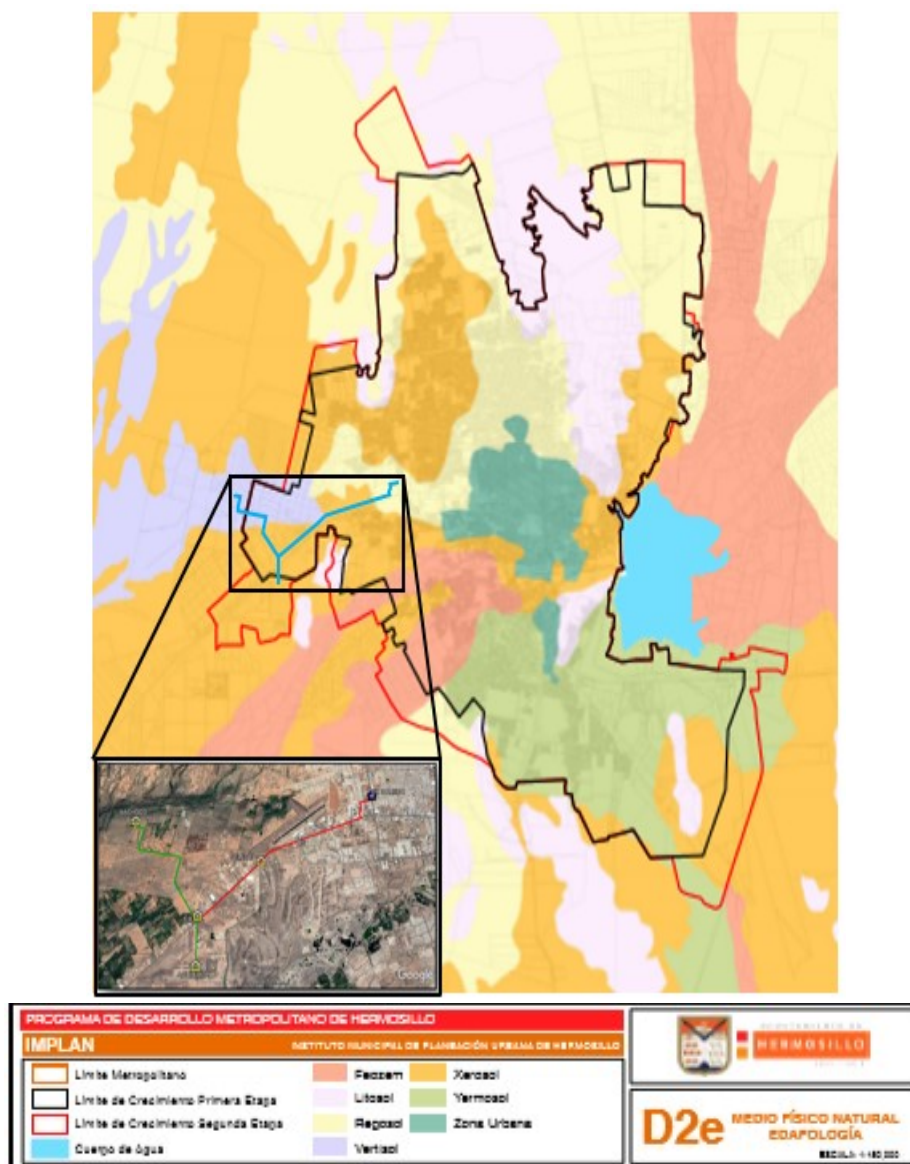
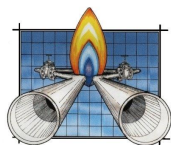


Figura 3.23. Edafología del Municipio de Hermosillo, Sonora.

Fuente: Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo, 2016.

III.2. Zonas susceptibles

Los sitios o áreas que conforman la trayectoria del ducto se encuentran en zonas susceptibles a:

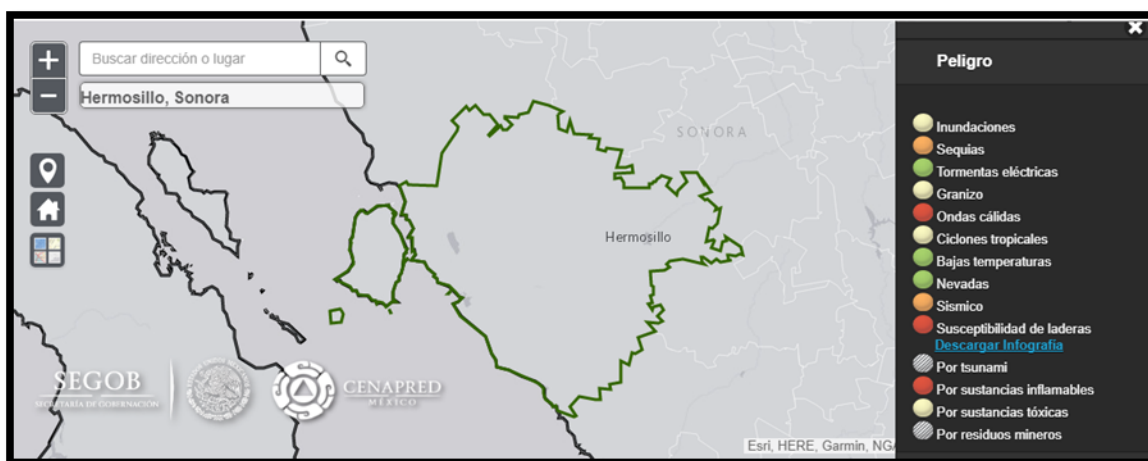


Figura 3.24. Indicadores de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad en el municipio de Hermosillo, Sonora.



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos. CENAPRED/SEGOB. Actualización 17/Oct/2017.

- (X) Terremotos (sismicidad).
- (X) Corrimientos de tierra.
- (X) Derrumbamientos o hundimientos.
- (X) Inundaciones (historial de 10 años).
- () Pérdidas de suelo debido a la erosión.
- () Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión.
- (X) Riesgos radiológicos.
- () Huracanes.



Aunque no existe un registro confiable de la sismicidad reciente de Sonora, en los últimos 150 años se han notado centenares de sismos, la mayoría de los detectados fueron de baja intensidad, sin embargo, algunos han excedido de magnitud 5 en la escala de Richter, esto sugiere que Sonora es un estado moderadamente activo y que, en el futuro, sismos importantes pueden ocurrir. El 13/Abr/2012 se presentó el sismo más fuerte de los últimos 37 años con una intensidad de 6.9 en la escala de Richter, sin embargo, no suelen producir afectaciones importantes.





Corrimientos de tierra

En el área por la que pasa el trazo del gasoducto, no existen reportes de daños por "corrimientos de tierra" puesto que se trata de zona urbana y suburbana, por lo que no se presenta este tipo de riesgo, sin embargo, el patrón geológico-estructural de Sonora consiste de fallas y fracturas de considerable longitud con orientaciones NW-SE, N-S, E-W y NE-SW. La falla de Hermosillo, con rumbo N 45° E, es interesante e importante desde el punto de vista de los asentamientos humanos. Atraviesa la porción sur de la ciudad, a la altura de la colonia Villa de Seris, y se localiza a menos de 1 km. al sur de la cortina de la presa Abelardo L. Rodríguez. Una posible ruptura de la corteza terrestre en Hermosillo, aunque no pasa por la zona del proyecto, puede causar daño y destrucción con efectos adversos como derrumbes, resbalamientos de suelo y roca, inundaciones e incendios.

De acuerdo a los datos del INEGI y como se aprecia en las siguientes figuras, dentro de la zona del proyecto no se localizan fallas geológicas de ninguna índole, por lo que la integridad física del gasoducto no se verá afectada por el movimiento telúrico de placas tectónicas; aunado a lo anterior, de acuerdo a los datos consultados en el Servicio Sismológico Nacional (SSN) de la UNAM, no se cuenta con registros de sismos que se hayan presentado en el área de influencia del proyecto.

Fuente: Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI)

Servicio Sismológico Nacional (SSN)

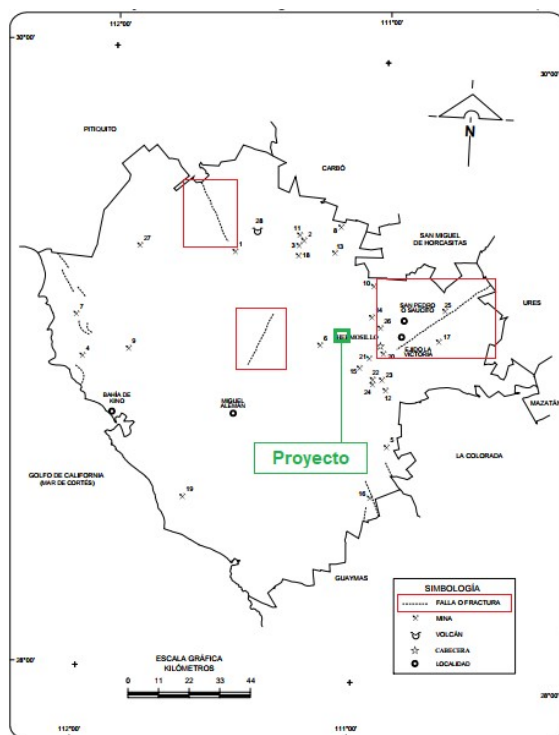
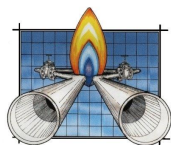


Figura 3.26. Fallas y fracturas en el municipio de Hermosillo y el área del proyecto.

Fuente: Conjunto de datos Geográficos de la Carta Geológica 1: 1 000 000.



Inundaciones (historial de 10 años)

Cuando el agua cubre una zona del terreno durante un cierto tiempo se forma una inundación. Cuanto más tiempo permanece el agua y más grande es el espesor del volumen de agua, causa mayores daños. Las inundaciones pueden ocurrir por lluvias en la región, por desbordamiento de ríos, ascenso del nivel medio del mar, por la rotura de bordos, diques y presas, o bien, por las descargas de agua de los embalses. Las inundaciones dañan a las propiedades, provocan la muerte de personas, causan la erosión del suelo y depósito de sedimentos. También afectan a los cultivos y a la fauna. Como suele presentarse en extensas zonas de terreno, son uno de los fenómenos naturales que provoca mayores pérdidas de vidas humanas y económicas. Las inundaciones ocurren cuando el suelo y la vegetación no pueden absorber toda el agua que llega al lugar y escurre sobre el terreno muy lentamente; casi siempre tiene una capa de más de 25 cm de espesor, pero algunas veces alcanzan varios metros.

Entre los factores importantes que condicionan a las inundaciones están la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos.

Este evento podrá producirse en la temporada de lluvia a intervalos anuales y tiene una magnitud de flujo según el área de las cuencas hidrológicas del río "Sonora" y de la "Costa de Hermosillo". Puede ser un evento probable, pero de escasa generación de riesgo. En la zona del proyecto no hay presencia de ríos.

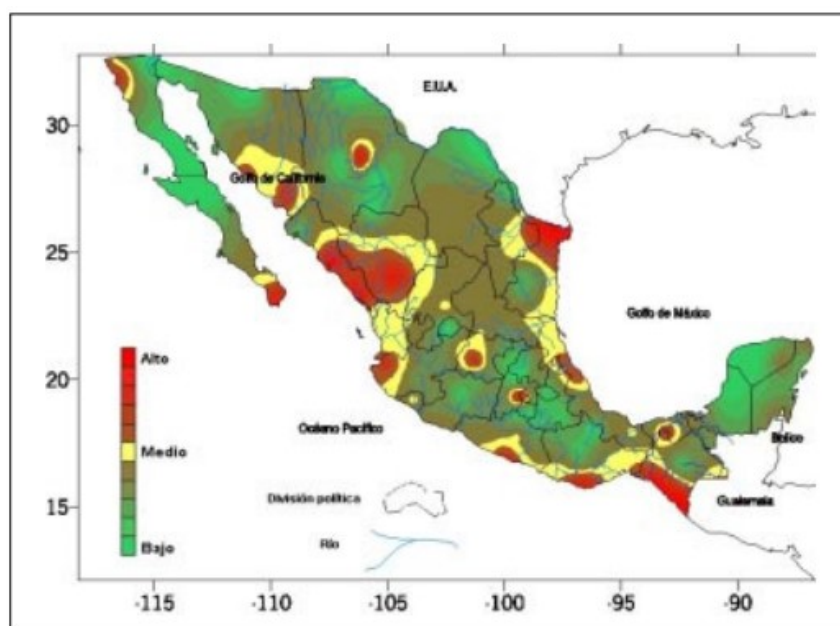


Figura 3.27. Ciudades con mayor riesgo de inundaciones en México.

Fuente: CENAPRED. Diagnóstico de peligros e Identificación de riesgo de Desastres en México. Versión Electrónica, 2014.



Como se aprecia en la imagen anterior, el municipio de Hermosillo, particularmente el área del proyecto, se encuentran ubicados en una zona susceptible a inundación, con categoría de riesgo medio - bajo.

Riesgos radiológicos

Un informe elaborado por Greentech Media señala que el Estado de Sonora tiene una gran oportunidad para el desarrollo de la energía solar, al contar con varias de las ciudades más soleadas del país, como Hermosillo, Ciudad Obregón y Guaymas. De acuerdo con el informe de la empresa señalada, entidades como Sonora, Baja California y Chihuahua tienen un elevado promedio de irradiación solar diario, en un rango de 5 a 6 puntos en la escala de irradiación horizontal global.

III.3. Características climáticas entorno a la instalación

III.3.1. Clima

Clima

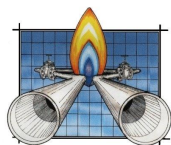
Estado de Sonora

En el 5% del territorio estatal de Sonora, los tipos de climas que se presentan son: templados, Semifríos, Semicálidos y Cálidos. Mientras que en el 95% del territorio sonorense restante, los climas son muy secos, secos y semisecos, los cuales se caracterizan por su alta temperatura y escasa precipitación. Esto se debe a la ubicación del estado dentro de la faja subtropical de alta presión, donde se originan las calmas tropicales, que consisten en vientos descendentes frescos y secos los cuales no producen condensación en su seno. Como consecuencia de lo anterior, es aquí donde se localiza la zona más árida del país: el Desierto de Altar. Por su parte, la influencia altitudinal de la Sierra Madre Occidental, ubicada en el oriente de la entidad, se manifiesta en las temperaturas menos extremas y en las lluvias más abundantes con respecto a las de las zonas muy secas, secas y semisecas.

Tabla 3.12. Superficie estatal por tipo de clima (Porcentaje).

Tipo o subtipo	Símbolo	Total
		100.00
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	A(w)	0.24
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	ACw	1.45
Templado Subhúmedo con lluvias en verano	C(w)	3.89
Semiseco muy cálido y cálido	BS1(h')	3.19
Semiseco semicálido	BS1h	11.80
Semiseco templado	BS1k	12.52
Seco muy cálido y cálido	BS0(h')	7.00
Seco semicálido	BSh	11.45
Seco templado	BSk	1.77
Muy seco muy cálido y cálido	BW(h')	12.52
Muy seco semicálido	BWh	34.17

Fuente: Anuario Estadístico y geográfico de Sonora, 2015.



Se describen los tipos de clima con mayor relevancia en el Estado y a los cuales pertenece la zona en donde se desarrollará el proyecto que nos ocupa.

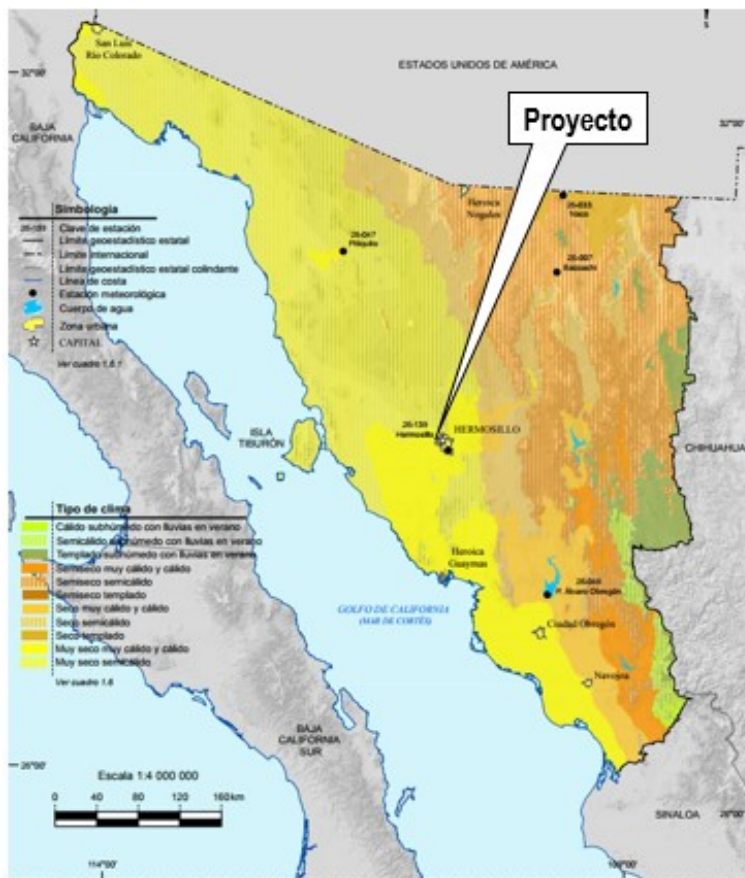


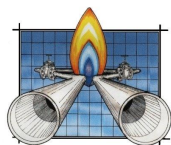
Figura 3.28. Climas prevalecientes en el Estado de Sonora.

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

Las características distintivas de los tipos de clima con mayor relevancia en el Estado y a los cuales pertenece la zona en donde se desarrollará el proyecto que nos ocupa, son:

Climas muy secos

Estos tipos de clima, también llamados desérticos, abarcan acerca de 46% de la superficie de Sonora, y se caracterizan por su precipitación inferior a los 400 mm al año y su temperatura media anual de 18 a 26° C; son considerados muy extremosos, ya que su oscilación térmica, es decir, la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío, es mayor a 14 °C. Se distribuyen en una extensa franja del terreno paralela a la costa, que va desde el límite con Sinaloa, ensanchándose en el Norte, hasta la porción noroccidental, en la frontera con los Estados Unidos de América. Esta zona tiene una altitud variable, que comprende del nivel del mar hasta 800 m en las estribaciones de la Sierra Madre; pero en general la constituyen terrenos planos con



algunas prominencias., como la Sierra La Gloria al Norte de Caborca. Los climas en esta región, con base en su temperatura, van de los cálidos en el sur, a los semicálidos en el noroeste.

Climas secos

Los climas secos influyen en los terrenos situados al este de los que presentan climas muy secos, ocupan cerca de 20% de la entidad y se extienden en una franja orientada noroeste-sureste, con prolongaciones hacia las zonas montañosas. También comprenden las tierras localizadas entre Agua Prieta, Villa Hidalgo y Bavispe. La altitud de estas áreas varía de 600 a 1 400 m, pero dominan las menores a 1 000 m; entre ellas cabe destacar los valles y cañones de los ríos San Miguel de Horcasitas, Moctezuma y Yaqui, lo mismo que los sitios donde se ubican las presas Plutarco Elias Calles, Alvaro Obregón y La Angostura. Con respecto a su temperatura media anual, se dividen en: cálidos (con valores de 22.0°C en adelante), los cuales se distribuyen del centro hacia el sur del estado; semicálidos (entre 18.0° y 22.0°C), del centro hacia el norte; y templados (entre 12.0° y 18.0°C), en el noreste.

Climas semisecos

En amplias áreas del norte y centro-este de la entidad (aproximadamente en 28%) los climas son de este tipo, pero se prolongan también hacia el sur, más allá de la colindancia con Sinaloa. Sus temperaturas medias anuales van de 12.0° a más de 22.0°C y su precipitación total al año es del orden de 400 a 700 mm. Son considerados climas de transición entre los secos y los templados, y en función de su temperatura media anual se dividen en: cálidos, semicálidos y templados.

HERMOSILLO

Bajo la clasificación de Köppen, Hermosillo presenta tres tipos de clima en su delimitación metropolitana los cuales son variaciones de clima desértico (BW). En la tabla siguiente se presenta una descripción de los tipos de clima así como su área y proporción en el polígono metropolitano.

Tabla 3.13. Tipos de Climas en Hermosillo, Sonora.

Tipo Clima	Descripción	Ha	%
BW(h')hw(x')	Muy seco. Régimen de lluvias en verano. Porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2%. Subtipo Cálido. Temperatura media anual superior a los 22°C. Temperatura del mes más frío por encima de los 18°C.	112,746.11	88.3
BWhw(x')	Muy seco. Con régimen de lluvias en verano. Porcentaje de lluvia invernal superior al 10.2%. Subtipo Semicálido con invierno fresco. Temperatura media anual superior a los 18°C. Temperatura del mes más frío por debajo de los 18°C.	14,551.14	11.4
BWhw	Muy seco. Régimen de lluvias en verano. Porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2%. Subtipo Semicálido con invierno fresco. Temperatura media anual superior a los 18°C	395.14	0.31
Totales		127,692.39	100

Fuente: Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo, 2016.

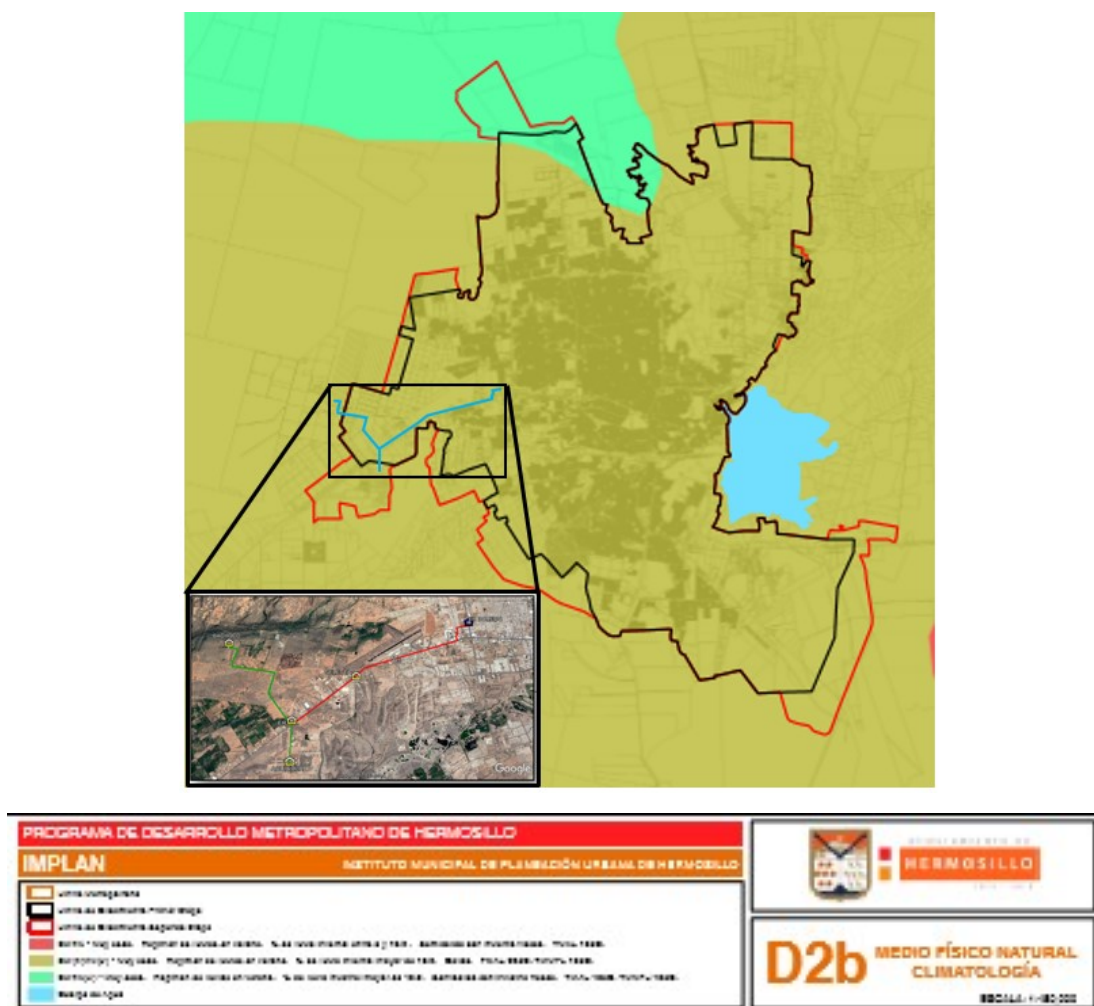
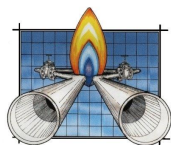


Figura 3.29. Climas prevalecientes en la ciudad de Hermosillo.

Fuente: Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo, 2016.

De acuerdo con los datos anteriormente expresados, de los climas presentes en la Cd. de Hermosillo y como puede observarse en la figura, en la zona en donde se desarrollará el proyecto existe un tipo de clima BW (h') hw (x'), descrito en la primera parte de la tabla.

III.3.2. Temperatura

Temperatura

Las regiones con las temperaturas más altas son las que comprenden los municipios de Navojoa y Cajeme en el extremo sur de la entidad. Las regiones con las temperaturas más bajas son las que cobijan los sistemas montañosos de la Sierra Madre occidental al noreste del Estado.

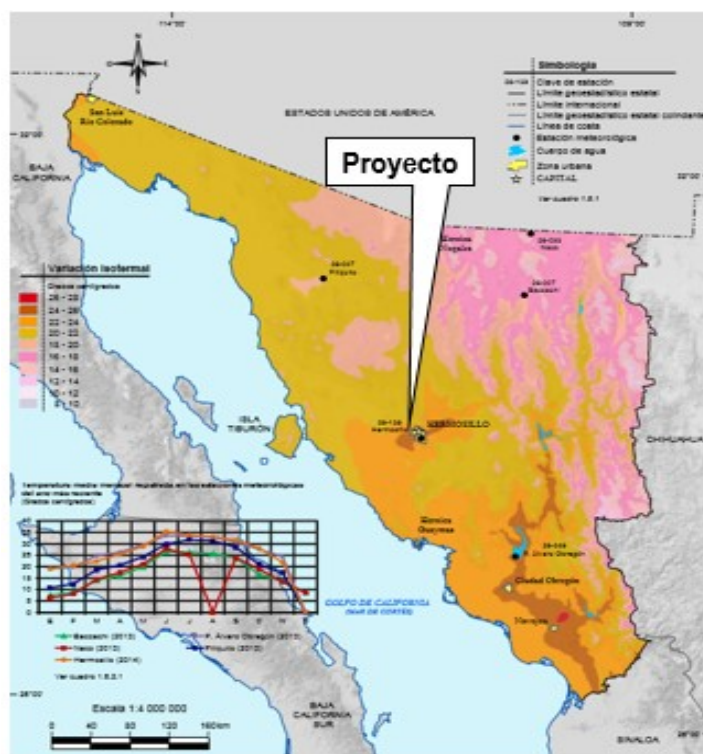


Figura 3.30. Distribución de la temperatura en el Estado de Sonora.

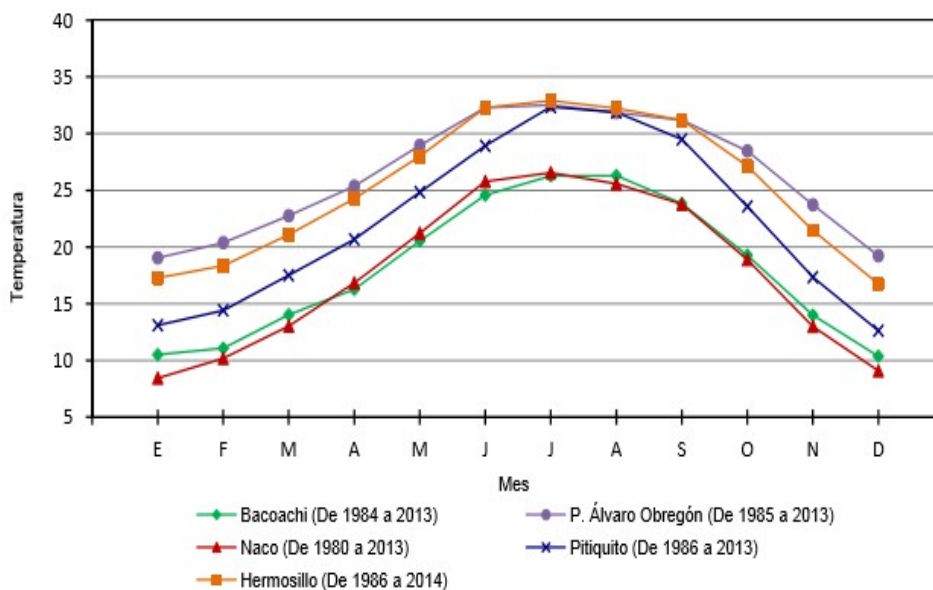
Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

La temperatura media anual en el Estado de Sonora es de 22°C; la temperatura mínima promedio es de 5°C y se presenta durante el mes de enero; la temperatura máxima promedio es de 38°C y se presenta en los meses de Junio y Julio.

Tabla 3.14. Temperatura media anual (Grados Centígrados) en algunas localidades en el Estado de Sonora.

Estación	Periodo	Temperatura promedio	Temperatura del año más frío	Temperatura del año más caluroso
Bacoachi	De 1984 a 2013	18.1	16.4	26.4
P. Álvaro Obregón	De 1985 a 2013	26.3	25.3	27.5
Naco	De 1980 a 2013	17.7	16.2	19.0
Pitiquito	De 1986 a 2013	22.2	21.3	23.0
Hermosillo	De 1986 a 2014	25.2	24.1	27.3

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.



Gráfica 3.1. Temperatura promedio (Grados centígrados) en diversas localidades en el Estado de Sonora.

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015

Temperatura

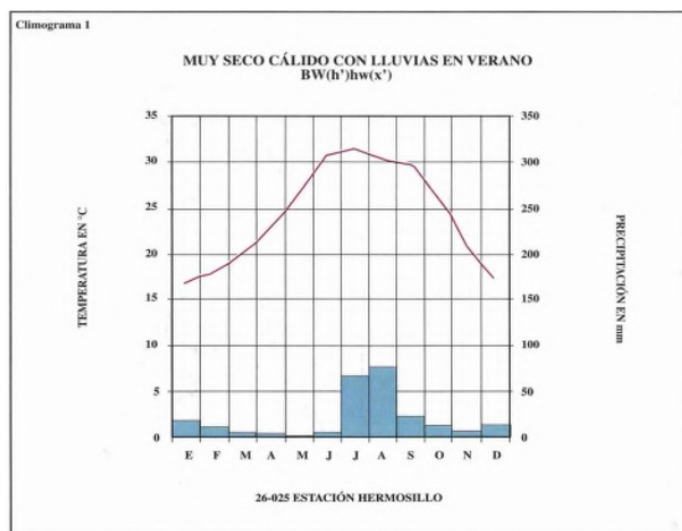
Dado que Hermosillo se encuentra ubicado dentro del desierto sonorense y cercano a la zona costera, presenta temperaturas altas con variaciones acordes a la presencia de humedad y a la velocidad del viento.

La temperatura promedio anual que registró Hermosillo entre 1966 y 2012 fue de 24.8°C. Los meses que registran las más altas temperaturas son de abril a agosto donde el promedio máximo superó los 30°C. En contra parte los meses que registraron las temperaturas más bajas son diciembre y enero registrándose temperaturas de alrededor de los 13°C. La gráfica 2 muestra los movimientos promedio de este período de registros de temperatura.

La Ciudad de Hermosillo, lugar en donde se desarrollará el proyecto de este estudio, las temperaturas medias anuales varían en un rango de entre 22 y 26°C, reportándose una temperatura media anual de 25.1°C.

Tabla 3.15. Temperaturas mensuales reportadas en la Estación 26-025 en la Ciudad de Hermosillo, Sonora.

26-025 ESTACIÓN HERMOSILLO													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T en °C	17.3	18.9	20.7	24.0	27.1	31.2	32.3	31.9	31.0	27.4	21.6	17.8	25.1



Gráfica 3.2. Cronograma de la Estación Meteorológica 26-025 en la Ciudad de Hermosillo, Sonora.

Fuente: INEGI. Síntesis de Información geográfica del estado de Sonora, 2000.

En las siguientes tablas se muestran datos de temperaturas medias mensuales y temperaturas extremas mensuales en la Ciudad de Hermosillo.

Tabla 3.16. Temperatura media mensual (Grados centígrados) en la Cd. de Hermosillo, Sonora.

Estación Concepto	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hermosillo	2014	19.0	20.7	22.4	25.5	28.8	35.4	33.8	33.0	31.7	28.1	21.9	ND
Promedio	De 1986 a 2014	17.3	18.3	21.1	24.3	28.0	32.3	32.9	32.2	31.2	27.1	21.5	16.7
Año más frío	1991	15.8	19.0	17.9	22.6	25.7	29.9	31.8	31.7	30.1	27.9	20.3	15.9
Año más caluroso	2014	19.0	20.7	22.4	25.5	28.8	35.4	33.8	33.0	31.7	28.1	21.9	ND

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

Tabla 3.17. Temperatura extrema mensual (Grados centígrados) en la Cd. de Hermosillo, Sonora.

Estación y año	Mes	Conceptos			
		Máxima	Día(s)	Mínima	Día(s)
Hermosillo 2014	Enero	31.5	15,20	6.5	7,9,17
	Febrero	36.5	14	5.5	3,7
	Marzo	35.5	29	10.0	23
	Abril	41.5	8	11.0	3
	Mayo	44.0	31	14.0	7-8
	Junio	49.5	3	22.5	1
	Julio	44.5	23	23.5	13
	Agosto	45.0	28	24.0	7,14

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.



III.3.3. Dirección y velocidad del viento

El promedio de la velocidad del viento en la zona del proyecto es de 1.5 m/s y la dirección noreste.

III.3.4. Humedad relativa

El promedio de la humedad relativa en el sitio del proyecto es del 50%, y temperatura ambiente de 25°C.

Fuente: Matriz de análisis de escenarios ACUÍCOLA.

III.3.5. Precipitación Pluvial

La precipitación media estatal es de 450 mm anuales; las lluvias se presentan en verano en los meses de Julio y Agosto. Las precipitaciones son escasas en las costas y se van incrementando a medida que se aproxima a las estribaciones de la Sierra Madre Occidental.

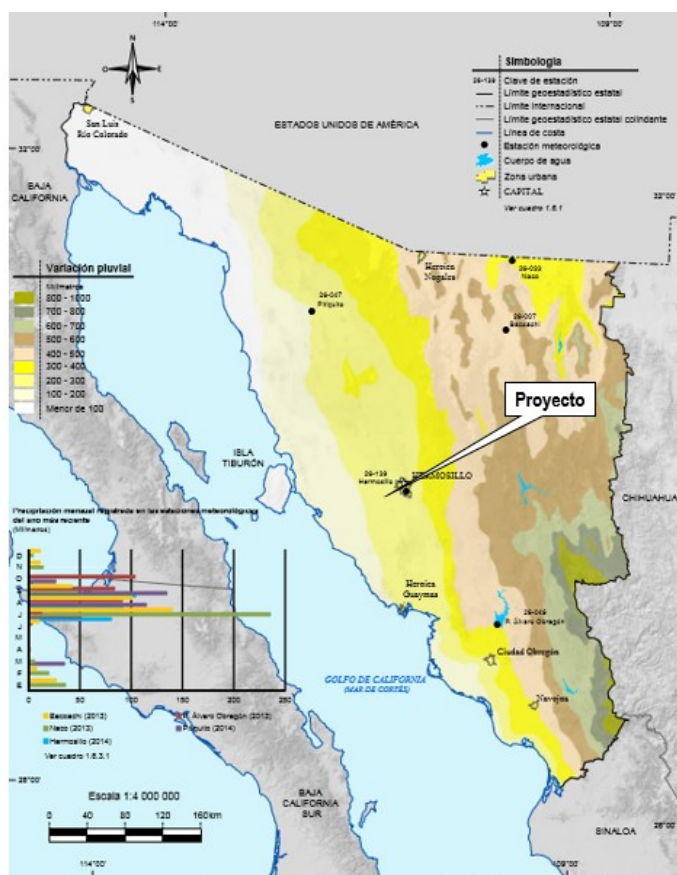
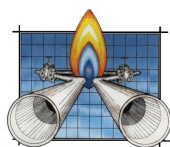


Figura 3.31. Distribución de la precipitación en el Estado de Sonora.

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

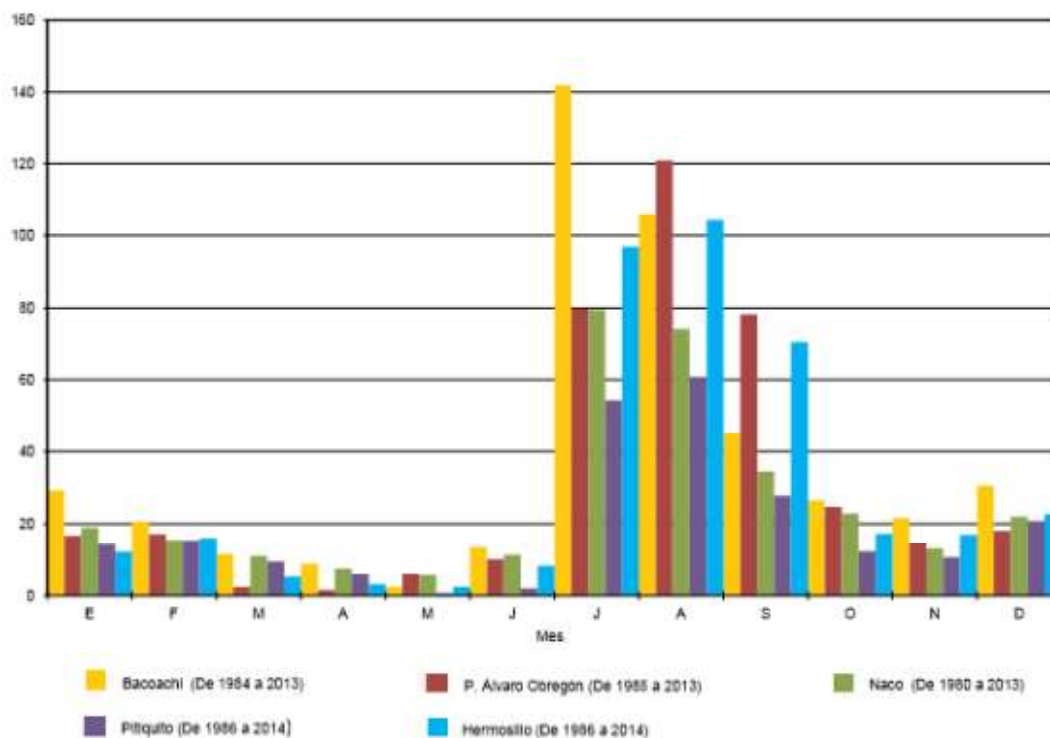


En la figura anterior se observa que la Cd. de Hermosillo se encuentra en un rango de precipitación entre 200 y 300 mm anuales, dato que se representa en las siguientes ilustraciones.

Tabla 3.18. Precipitación total anual (Milímetros) en el Estado de Sonora.

Estación	Periodo	Precipitación promedio	Precipitación del año más seco	Precipitación del año más lluvioso
Bacoachi	De 1984 a 2013	458.0	211.1	643.9
P. Álvaro Obregón	De 1985 a 2013	390.4	175.1	728.0
Naco	De 1980 a 2013	316.2	77.0	537.0
Pitiquito	De 1986 a 2014	234.7	72.3	361.1
Hermosillo	De 1986 a 2014	376.0	185.6	578.4

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.



Gráfica 3.3. Precipitación total promedio (Milímetros) en el Estado de Sonora.

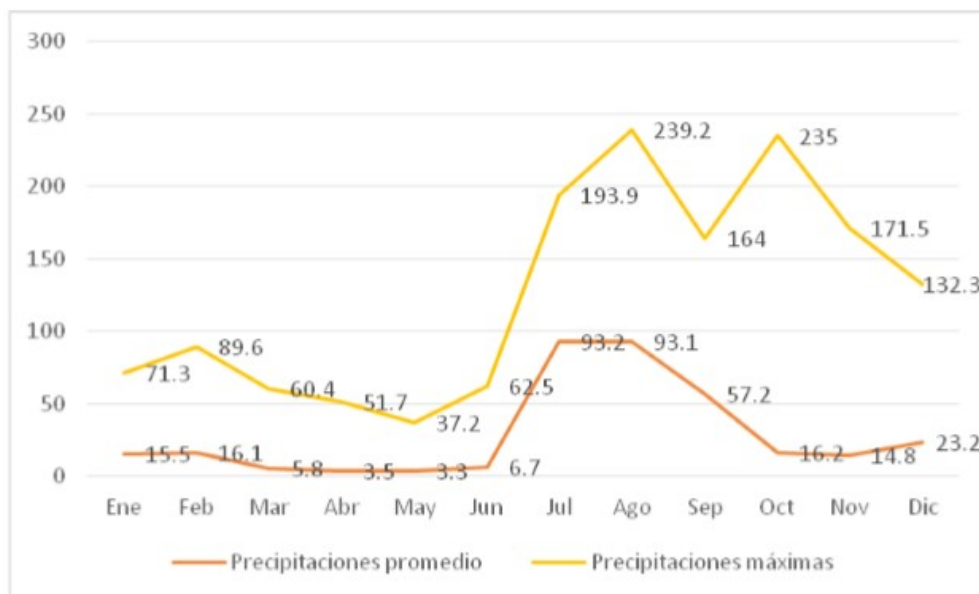
Fuente: INEGI. Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, 2015.

Hermosillo

Hermosillo registró una precipitación promedio anual de 348.6 mm de 1966 a 2012. Los meses con mayor precipitación son julio, agosto y septiembre con un promedio de 93 mm para los primeros dos y de 57 mm para el tercero. La precipitación promedio entre los meses de octubre a febrero oscila de 14.8 a 23.2 mm, mientras que entre los meses de marzo a junio oscila entre 3.3 y 6.7 mm.



El mes con la precipitación más alta normalmente es agosto. La gráfica siguiente muestra las precipitaciones mensuales promedio y máximas durante el periodo de registro de 1966 a 2012.



Gráfica 3.5. Precipitaciones promedio en Hermosillo, Sonora.

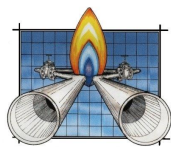
Fuente: Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo, 2016.

III.4. Deterioro esperado en flora y fauna por la realización de actividades de la instalación

Afectación a Vegetación terrestre

En general, el trayecto seleccionado para el tendido del gasoducto no representa afectaciones a la flora de la zona por lo que no se producirá un desequilibrio ecológico, sobresale en casi toda la geografía del municipio la vegetación del tipo mezquital entre la se encuentran: Palo fierro, Palo verde, Huizache y Brea. También los Sahuaros tienen una importante presencia, son representativos de la entidad y varían su tamaño desde el de un pulgar hasta los 15 m. Solamente dos de las especies avistadas, tienen alguna categoría de protección en la NOM-059-SAMARNAT-2010: Palo fierro (*Olneya tesota*), con categoría de protección (Pr) y Sahuaro (*Carnegiea gigantea*), con categoría de amenazado (A) pero la flora no será afectada durante las labores de preparación del sitio, ya que éste se hará por el derecho de vía de las vialidades existentes a lo largo de todo el trazo.

El desmonte que se hará en las labores de limpieza y excavación es en la franja de 3 m de área de afectación, dentro del ancho del derecho de vía desde el punto de inicio del gasoducto donde se conectará con el gasoducto existente en las coordenadas: 29°05'59.38" N y 111°01'22.02" O, sobre calles de la ciudad de Hermosillo y en el derecho de vía de la carretera Hermosillo- Bahía de Kino, hasta las empresas BACHOCO en el punto final norte del proyecto y ACUÍCOLA en el punto final sur. A lo largo del gasoducto, prevalece el uso de suelo urbano (comercial y habitacional) y Suelo



con Matorral de tipo Mezquital Desértico con fisonomía subinerme (aspecto de la vegetación, determinado por la dominancia fisonómica relativa de diversas formas de vida como el matorral con mezcla de plantas no espinosas y espinosas).

Con esta forma de trabajar se busca que no se produzca erosión de los suelos, no habrá usos alternativos del suelo, sino que se reintegrará para cubrir la zanja excavada donde se asentará el gasoducto.

Una vez concluido el relleno de la trinchera, la superficie será limpiada para dejarla libre de escombros y permitir la regeneración de la flora silvestre tipo pasto y herbáceas pequeñas a lo largo del derecho de vía de los 3 m de ancho por el largo del gasoducto, con labores de mantenimiento vegetal continuo.

Dentro de las NOM's que se consultan se hace especial atención a la NOM-059-SEMARNAT-2010 para verificar el estatus de las especies localizadas en las cercanías del área de proyecto, pero fuera del trazo con el fin de no afectar a las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial. De igual forma, se marca al personal de la empresa la prohibición al tráfico o apropiación ilegal de especies de flora de cualquier tipo, y en especial a los organismos marcados dentro de los listados de la norma.

Afectación a Fauna

La mayoría de las especies animales que habitan en la zona del proyecto se conocen por referencias de la gente local o por la bibliografía, ya que solo fueron vistos algunos ejemplares, sin embargo solo tres de los avistados tienen alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010: Gavilán de Cooper (***Accipiter cooperii***) y Liebre antílope (***Lepus alleni***), con categoría de protección especial (Pr) y Perrito de la pradera de cola negra (***Cynomys ludovicianus***) con categoría de amenazado (A).

Una vez hecha la trinchera en todo el derecho de vía por donde pasa el trazo del gasoducto, la fauna existente en la zona solo se verá afectada temporalmente debido al ruido y movimiento de los trabajadores y la maquinaria, por lo que simplemente no se acercarán.

No se espera ninguna afectación a la fauna ya que la mayor parte de la obra es en zona urbana y solo una parte es suelo de matorral espinoso. Pudiera existir algo de tránsito de fauna a lo largo de la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, sin embargo, es poca la que se localiza en esa zona del proyecto debido a la actividad humana y vehicular próxima, además de que la excavación, tendido y relleno solo se harán durante el día y con lapsos de tiempo cortos de no más de 48 horas, con longitudes de avance en esas 48 hrs de 250 a 500 metros, como ya se ha descrito.

No se observa como barrera u obstáculo temporal para el tránsito de la fauna en la etapa de construcción, la tierra que se saque durante el zanjado, así como la zanja misma, debido a que ya existe una barrera física previa como lo son las vialidades existentes en la zona, por cuyo derecho de vía se instalará el gasoducto.

En resumen, las posibles afectaciones serán: la posibilidad de muerte de algún animal pequeño, debido a los trabajos con la zanjadora y la generación de una barrera temporal adicional que



impida el libre paso de la fauna. Sin embargo, ya existen varias barreras, como se mencionó antes, por otra parte, la barrera que se generará durante la etapa de construcción, tendrá una duración no mayor a 48 hrs, por lo que este impacto no será significativo ni residual. De todas maneras, la empresa deberá instruir a su personal en las siguientes medidas:

- Prohibición de matar y/o dañar animales a los trabajadores.
- Dar pláticas de concientización al personal de obra sobre el respeto a los elementos ambientales, como son la fauna, y supervisar a los operadores de la maquinaria.
- En caso de que, durante la etapa de construcción se observaran especies como roedores, serpientes, lagartijas u otros, deberá ahuyentarlas y/o alejarlas del área de trabajo, restituyéndolos al área sin dañarlos.
- Minimizar la cantidad y duración de la exposición de tierra fuera de la trinchera a fin de que esta barrera adicional generada dure el menor tiempo posible.

Durante las etapas de operación y mantenimiento, este elemento no se verá afectado.

Durante la etapa de abandono del proyecto este factor no se verá afectado.

Afectación al Paisaje

El paisaje solo se verá afectado durante la etapa de construcción.

El paisaje en el área de influencia del proyecto sería modificado de manera poco significativa debido a la apertura de la zanja que se hará para el tendido de tubería en la zona por la que vaya a pasar el gasoducto. Posteriormente las demás fases de la construcción provocarían que la modificación del paisaje se mantenga solamente mientras se realiza el relleno de la trinchera, que como se ha descrito, es prácticamente de manera inmediata y posterior al tendido de la tubería para que la tierra extraída no pierda propiedades ni volumen por acción del viento.

La modificación del paisaje se circunscribe exclusivamente al área de afectación del proyecto, sin modificar elementos fuera de éste.

La modificación del paisaje será a la vista y percepción de residentes y ambulantes cercanos a las obras de construcción, solo durante las aproximadamente 48 hrs que transcurren entre la apertura, colocación de la tubería y relleno de la zanja por cada tramo de entre 250 – 500 m, según el programa de construcción, siendo esta una afectación de carácter temporal.

Durante las etapas de operación y mantenimiento, este elemento no se verá afectado.

Durante la etapa de abandono del proyecto, este factor no se verá afectado.



IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL

IV.1. Programa de Desarrollo Urbano Local

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO PARA EL ESTADO DE SONORA 2016-2021

PRINCIPIOS RECTORES DEL PLAN ESTATAL DE DESARROLLO (PED) 2016-2021

1.- Transversalidad: implica dejar la segmentación como criterio inevitable en la formulación de programas de gobierno. Se trata de diseñar estrategias de intervención horizontales que incluyan la interacción de distintas áreas. La transversalidad contempla una relación amigable con el medio ambiente y la sostenibilidad ambiental y económica. (...)

3. Competitividad: la eficiencia conduce necesariamente a gestionar una economía basada en la promoción de la competitividad dinámica, la cual se deriva de una plataforma productiva anclada en la innovación, la ciencia y la tecnología.

PRINCIPIOS E IDEALES

SUSTENTABILIDAD Actuaremos con la firme convicción de respetar, proteger y preservar el medio ambiente y el patrimonio histórico y cultural de nuestro estado, privilegiando la responsabilidad social, el orden en el desarrollo urbano, la obra verde, la arquitectura sostenible, el uso de energías alternativas, la reducción, la reutilización y el reciclaje. El Gobierno procurará que todos, empresas y ciudadanos, se sumen también a ese principio.

COMPETITIVIDAD Sonora se reconocerá en el mundo como un espacio ideal para la inversión y el empleo, por su estabilidad, respeto al Estado de derecho, facilidad para hacer negocios, eficiencia y seguridad de sus vías de comunicación y servicios de logística, infraestructura hidráulica, de telecomunicaciones y de energías renovables, ciudades ordenadas y sustentables, y una sociedad vinculada al conocimiento, comprometida con la solución de problemas globales.

PRODUCTIVIDAD Las y los sonorenses nos distinguiremos por la alta calidad de nuestro trabajo y productos, potenciada por el uso de la tecnología, la organización eficiente de nuestras empresas e instituciones, el bienestar de los recursos humanos, la armonía de las relaciones laborales, condiciones óptimas de trabajo, el respeto pleno al medio ambiente y el impulso al desarrollo de las comunidades.

Vinculación

Uno de los principales ejes del Plan de Desarrollo del Estado de Sonora, es la ecología y el medio ambiente, estableciendo diferentes líneas de acción y propuestas, mismas que conjugan la necesidad de un desarrollo sustentable y un crecimiento económico próspero con dimensiones que trasciendan no solo el ámbito estatal, sino nacional e internacional, posicionando estratégicamente a empresas e industrias sonorenses, brindando todo el impulso necesario, pero siempre en concordancia con una relación amigable con el medio ambiente, obra verde, respeto irrestricto al



entorno ecológico, flora y fauna regional. En el caso del presente proyecto de gasoducto “Ramal Acuícola” en el tramo carretero Hermosillo – Bahía de Kino, al contribuir de manera importante con el desarrollo económico, social y de infraestructura del municipio y la región, debido a que generará fuentes de empleo directas e indirectas, beneficiando a muchas familias hermosillenses y proveerá de un energético limpio, ecológico al disminuir las emisiones contaminantes al medio ambiente y también al fungir como un recurso más económico para las empresas y en un futuro cercano a comercios y viviendas que soliciten el servicio, con lo que se podrá reducir el gasto en combustible de gas natural.

PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO DE HERMOSILLO (2016-2018)

Plan Municipal de Desarrollo de Hermosillo 2016-2018.

Para efectos de su ordenamiento y programación, el Plan Municipal de Desarrollo está organizado en siete ejes rectores que constituyen la guía de acción del gobierno municipal de Hermosillo.

Eje 4.- Hermosillo con calidad de vida y sustentabilidad: a través de sus estrategias y programas atiende la imperiosa necesidad de promover el ordenamiento territorial del municipio, con visión metropolitana, moderna y sostenible, impulsando proyectos de obra pública de calidad, especialmente en aquellas áreas de mayor prioridad y de carácter estratégico que fomenten el desarrollo social, urbano y ecológico de la ciudad.

Hermosillo con calidad de vida y sustentabilidad consiste en consolidar un modelo de desarrollo urbano que asegure su viabilidad futura y genere una mejor calidad de vida para sus habitantes. Garantizar la sustentabilidad social, económica y ambiental de municipio, es un reto de política pública, que además de responder a una demanda inaplazable, es requisito indispensable para el bienestar social.

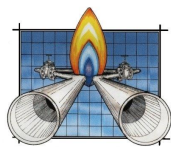
El índice de Ciudades Competitivas y Sustentables 2015 del Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), concluye que Hermosillo es la quinta ciudad del país que mejor combina la competitividad con el desempeño ambiental, entro de la caegoría B, corresponde a ciudades con población de 500 mil a 1 millon de habitantes. A pesar de este reconocimiento en lo general, también establece áreas de oportunidad en materia de energía y movilidad. Como gobierno municipal estamos obligados a realizar las gestiones y acciones necesarias para solventarlas.

Desempeño ambiental

Áreas de Oportunidad

Los esfuerzos de esta administración municipal de orientarán al cuidado del medio ambiente, mediante el establecimiento de una política de protección y gestión ambiental, enfocada a revertir el deterioro de los ecosistemas provocados por la generación de residuos y la contaminación, para proteger la salud de las personas y el equilibrio ecológico.

A su vez, se impulsará el ordenamiento ecológico y se promoverán proyectos sustentables que impacten el desarrollo económico para mejorar el nivel de vida de la población. Existe una gran oportunidad de crear conciencia ecológica ente la población, así como el cumplimiento irrestricto de la normatividad en la materia.



Vinculación

En concordancia con los objetivos principales del municipio de Hermosillo, el proyecto gasoducto "Ramal Acuícola" Hermosillo, representa la oportunidad de contribuir de manera importante con el desarrollo económico, social y de infraestructura del municipio y la región, debido a que generará fuentes de empleo directas e indirectas, lo que beneficiará a algunas familias hermosillenses, aumentará el ingreso monetario municipal por medio del pago de impuestos y proveerá de un energético limpio, ecológico y más barato a empresas y en un futuro cercano a comercios y viviendas que soliciten el servicio, con lo que se podrá reducir el gasto en combustible, resultando en un ahorro importante en todos los niveles.

El proyecto se ubicará sobre vialidades ya construidas dentro de la zona urbana de Hermosillo, donde el uso de suelo de acuerdo a la clasificación del INEGI es el Urbano y de asentamientos humanos en su mayoría, lo cual fue corroborado durante los trabajos de campo, ya que la trayectoria propuesta para la instalación de la red de transporte de gas natural quedará instalada en zonas donde existe infraestructura vial, de servicios, zonas habitacionales y sectores comerciales.

PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE HERMOSILLO

(Programa publicado en el año 2014 en el portal web del Gobierno Municipal de Hermosillo <http://www.implanhermosillo.gob.mx/>)

Este Programa cita en su introducción ser un documento que integra las políticas, lineamientos, estrategias, reglas técnicas y disposiciones tendientes a ordenar y regular el centro de población, promover un desarrollo urbano que potencie su competitividad en un marco de sustentabilidad, y que permita recuperar la responsabilidad pública en *la urbanización, se presenta como actualización y modificación del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Hermosillo 2007.*

Es un Programa que aborda la planeación urbana con visión de largo plazo, y congruente a la actual Política Nacional Urbana y de Vivienda, que impulsa un modelo de desarrollo urbano sustentable e inteligente, que evita el crecimiento desordenado de la ciudad y la expansión descontrolada de la mancha urbana, fomenta una ciudad más compacta, densa, habitable y competitiva, con opciones de vivienda bien localizada, con más y mejores espacios públicos y con soluciones integrales de movilidad que dan prioridad al ciudadano y al medio ambiente, bajo criterios estratégicos y de eficiencia. Entre sus principales objetivos se encuentra el impulsar una movilidad sustentable en coordinación con la política de desarrollo urbano: compacta, policéntrica y diversa, que permitirá la reducción de las necesidades de movilidad de la población por la proximidad de los usos del suelo, el fomento al transporte público masivo y sustentable y del no motorizado, adopta el modelo Desarrollo Orientado al Transporte Sustentable como estrategia de planeación integral en favor de las personas y no de los vehículos.

En síntesis, se tomaron en cuenta los principios básicos del Nuevo Urbanismo: ciudad caminable, conectividad, usos mixtos, diversidad tipológica habitacional, diseño urbano y arquitectónico de



calidad, estructura de barrio tradicional, densificación planificada, transporte y conexión inteligente, sustentabilidad y calidad de vida. Este instrumento permitirá reafirmarnos como una Ciudad Sustentable en todas sus vertientes: la social, la económica y la ecológica; alentando la innovación y la creatividad como agentes de cambio, una Ciudad donde la calidad de su espacio público sea la expresión más tangible de su espíritu, y el mejor escenario para el deleite cotidiano.

REGIONES ECOLÓGICAS

En el área del Centro de Población se ubica dos áreas como zona natural protegida: de competencia estatal el Sistema de Presas Abelardo L. Rodríguez - El Molinito, que cuenta con dos zonas núcleo y un área de amortiguamiento en torno a las dos anteriores; y de carácter municipal la zona natural protegida denominada "Parque Central" ubicada en el cerro Johnson al norte del centro de población. Así mismo existen zonas de interés natural, por la biodiversidad que contienen y por el papel ambiental que juegan en el centro de población, destacando la zona de Agualurca y los cerros del Bachoco y la zona de la sierra Libre de la Pintada.

APTITUD Y USO ACTUAL DEL SUELO

La topografía y el tipo de suelo del área de estudio permiten la urbanización sin restricción, con excepción de las áreas altas de los cerros, de tal manera que los terrenos que presentan mayores pendientes constituyen barreras naturales para la urbanización. Estas zonas están indicadas como de conservación.

También al poniente, entre la carretera a Kino y el Camino del Seri, existen zonas aptas para el desarrollo urbano por lo que se ha presentado un crecimiento acelerado: el desarrollo de varios fraccionamientos en la zona y la prolongación del Blvd. Colosio. En este sector se ubican áreas aptas para el uso habitacional, pero se deberá tener en consideración las zonas de extracción de materiales pétreos, que aún se encuentran en producción. Para el desarrollo del sector se deberán incluir corredores urbanos formados por la prolongación de los bulevares Navarrete, Colosio y Serna, en el sentido este a oeste y por Quintero Arce, Gustavo Aguilar (Chanate) y Eje Jagüey en el sentido norte a sur. Por la configuración topográfica sensiblemente plana que presenta la mayoría del sector el drenaje pluvial es un factor determinante para su desarrollo, ya que requiere de obras de canalización y retención de pluviales.

El crecimiento del centro de población ha causado impactos en el ambiente, identificándose entre ellos, el desmonte de zonas sin uso urbano (baldíos), el desvío y desaparición de arroyos y escurrimientos naturales, lo que es muy evidente en la traza ortogonal que se repitió indiscriminadamente en el norte del centro de población. También es de considerarse los impactos por desechos sólidos resultado de las actividades humanas, causando emisiones a la atmósfera, impactos en el agua, así como ruido y olores generados. De cada uno de esos aspectos se hace un diagnóstico general.

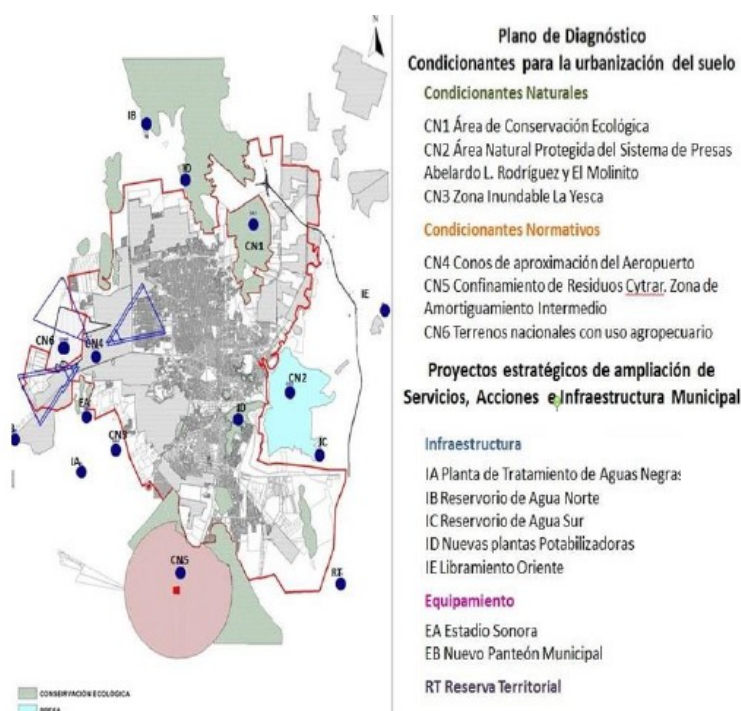


Figura 4.1. Zona Conurbada de Hermosillo, Sonora en donde se establecen delimitaciones para efectos de ordenamiento urbano y ecológico, así como diagnóstico situacional.

RIESGO AMBIENTAL Y VULNERABILIDAD

A nivel estatal se cuenta con el Atlas de Riesgo Estatal del 2012 a nivel local, el municipio de Hermosillo cuenta con un Inventario de riesgos 2011 el cual sirvió de base para la elaboración del Atlas de Riesgo del Municipio de Hermosillo. En este documento, los riesgos identificados se clasifican en geológico-edafológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitario-ecológicos y socio-organizativos.

Los agentes perturbadores de los riesgos geológicos y edafológicos presentes en el municipio destacan la sismicidad, el deslizamiento de rocas, la expansión de suelo, hundimientos locales y flujos de lodos, así como la erosión por deforestación. Estos agentes han sido identificados y descritos, pero aún resulta necesario evaluar los impactos potenciales con el propósito de tomar decisiones con respecto al uso de suelo y seguridad de sus habitantes. Entre los riesgos hidrometeorológicos destacan los eventos meteorológicos extremos como son temperaturas (altas y bajas, sequía, isla de calor urbana, inversión térmica, heladas, neblina, niebla, inundaciones, granizadas, tormentas, vientos y erosión asociada).

Dentro de los agentes químicos se incluyen aquellos eventos potenciales asociados a condiciones naturales y al manejo de sustancias químicas que propician derrames y fugas de materiales, incendios y explosiones, principalmente. Los riesgos sanitario-ecológicos identificados se asocian a los problemas con afectación directa a la salud humana y los recursos (biodiversidad y ambiente), tales como la contaminación ambiental en suelo, agua, aire, generación de residuos, promoción de plagas y enfermedades, epidemias y emergencias médicas asociadas.



Finalmente, los riesgos ambientales de tipo socio-organizativos son aquellos asociados a la demanda y/o acceso a los servicios básicos que repercuten en el acumulado de los riesgos sanitario-ecológicos. Se ha trabajado en cuanto a protección civil con la actualización del Reglamento de Protección Civil, así como el "Acuerdo de Ciudad Segura" firmado en 2011.

ASPECTOS ECONÓMICOS

El centro de población presenta una marcada orientación hacia las actividades comerciales y de servicio, aunque también se está presentando un incremento en la actividad industrial, de la cual se espera se mantenga esta tendencia en los próximos años. En el futuro inmediato se puede prever una fuerte presión demográfica, con una cantidad de jóvenes que ingresarán a la actividad productiva, lo que requerirá incrementar la oferta de empleo para ocupar esta mano de obra, tanto de personal técnico, como de profesionistas. Se deberán dar los elementos necesarios para fomentar las actividades productivas, en especial, la industria manufacturera, por lo que se requerirá generar suelo apto para la instalación de nuevas industrias.

El Ayuntamiento tiene el gran desafío de seguir mejorando su situación crediticia para que pueda estar en condiciones de impulsar fuertemente el desarrollo ordenado del territorio y dotar de los servicios públicos y equipamientos que requiere la ciudad.

OBJETIVOS Y METAS ESPECÍFICOS

Elevar el grado de la competitividad de la ciudad propiciando el desarrollo económico y social mediante la planeación del desarrollo urbano ordenado y sustentable que fomente la igualdad de oportunidades; la inserción al trabajo formal; y establezca políticas de transporte, vivienda y capacitación acelerando el proceso de integración social de toda la población a la vida de la ciudad.

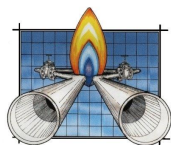
Crear una cultura encaminada al respeto y conservación del medio ambiente. Dando difusión a la normatividad en la materia, educando desde pequeños a la población sobre la importancia del uso de eco tecnologías.

MEDIO AMBIENTE

Preservar y mejorar el medio ambiente, haciendo uso racional y sustentable de los recursos naturales del centro de población, el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad y la energía, permitiendo el desarrollo sostenible, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras.

INDUSTRIA.- Crear la infraestructura necesaria para la instalación de industria local y extranjera, propiciando la creación de fraccionamientos industriales, que permitan con ello el desarrollo de empleos dentro de la comunidad.

RIESGOS Y VULNERABILIDAD.- Contar con los elementos, de infraestructura, normativos y de organización, para prevenir y atender los impactos por desastres naturales, accidentes y situaciones de emergencia, que permitan minimizar los riesgos de daños a la población civil y a los bienes públicos y privados.



Toda edificación o instalación de uso industrial, así como todos aquellos de comercio y servicios de mayor impacto o aquellos que por su magnitud o riesgo se marquen como condicionados en la Tabla de Criterios y Compatibilidad de Usos de Suelo, deberán presentar la autorización ambiental, en la modalidad y por la autoridad competente que para el efecto establece la normatividad ambiental. Aquellos establecimientos que manejen material peligroso o generen residuos peligrosos, en cantidad tal que se consideren como actividad riesgosa, deberán presentar el análisis de riesgo correspondiente conforme la normatividad ambiental.

Se deberá dar cumplimiento a la NOM-083-SEMARNAT-2003 la cual marca las Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como a lo especificado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en lo relativo a la separación de los desechos sólidos.

Tabla 4.1. Tabla con objetivos, políticas y estrategias delimitadas y aplicables para este programa.

OBJETIVOS	POLITICAS	ESTRATEGIAS
Zonificación primaria	Conservación, Mejoramiento, Crecimiento	Zonificación primaria
Usos, reservas y destinos	Conservación, Mejoramiento, Crecimiento	Zonificación secundaria
Movilidad	Mejoramiento, Crecimiento	Sistema de vialidad y Transporte
Infraestructura Vial	Mejoramiento, Crecimiento	Sistema de vialidad y Transporte
Equipamiento Urbano	Conservación, Mejoramiento, Crecimiento	Sistema de equipamiento urbano
Infraestructura Básica	Conservación, Mejoramiento, Crecimiento	Sistema de infraestructura básica
Vivienda	Conservación, Mejoramiento, Crecimiento	Vivienda
Reservas Territoriales	Conservación, Crecimiento	Reservas Territoriales
Medio Ambiente	Conservación, Mejoramiento, Crecimiento	Protección al Medio Ambiente
Patrimonio Histórico y Cultural	Conservación, Mejoramiento	Protección al Patrimonio Histórico y Cultural
Imagen Urbana	Conservación, Mejoramiento, Crecimiento	Mejoramiento de la imagen urbana

POLITICAS DE CONSERVACIÓN

Las zonas sujetas a conservación son aquellas que deberán conservar los espacios destinados a áreas verdes, equipamientos, zonas de conservación y área natural protegida, evitando darles algún uso o aprovechamiento diferente al que fueron destinados.

ZONAS SUJETAS A CONSERVACIÓN



En el centro de población se considera zona sujeta a conservación el área del sistema de Presas Abelardo L. Rodríguez-El Molinito, así como del río Sonora, San Miguel y sus afluentes además del acuífero del que dispone la región, a fin de preservarlos de la contaminación y promover un uso racional y sostenible de ellos. Se deberán conservar las zonas cerriles y de recarga del acuífero, en el interior e inmediaciones de la zona urbana. Son zonas de conservación y no deberán desmontarse: los cerros del Bachoco, el cerro Johnson, el cerro Colorado, cerro Bola, La Flojera, Agualurca, Cementera, La Virgen y Apache. Tres antiguos bancos de material, denominados el hoyo de Real del Llano, ubicado al sur de Boulevard García Morales, hoyo del arroyo del buey, por la carretera 26, son las zonas sujetas a conservación, recarga del acuífero y retención de avenidas pluviales, que deberán preservarse para fines ambientales y de seguridad de la población. El Centro Ecológico deberá conservarse no solo por su aportación recreativa, sino también como reserva natural de gran valor para la protección al medio ambiente en la actualidad y a futuro. Se consideran también áreas valiosas a conservar el parque Recreativo la Sauceda, el parque Madero, el parque Infantil del DIF, la Plaza Zaragoza, el jardín Juárez y las áreas verdes o naturales del centro de población en general. Por su carácter de hito urbano y su valor natural, paisajístico y simbólico, el Cerro de la Campana se considera sujeto a conservación, pudiendo desarrollarse en él proyectos de rescate, utilización y promoción turística y social, siempre y cuando no pierda su carácter de espacio público y no deteriore su imagen. Se deberán conservar los espacios destinados a áreas verdes y equipamientos, evitando darles algún uso u aprovechamiento diferente al que fueron destinados.

Vinculación

La obra de instalación de la ampliación de la red de transporte de gas natural de Hermosillo, denominado gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretera Hermosillo – Bahía de Kino, encuentra un apego y viabilidad con la política que se establece en este instrumento que es el Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo; que en el rubro económico, destaca que el centro de población presenta una marcada orientación hacia las actividades comerciales y de servicio, aunque también se está presentando un incremento en la actividad industrial, de la cual se espera se mantenga esta tendencia en los próximos años. Se hace alusión a un proyecto de ciudad caminable, conectividad, usos mixtos, diversidad tipológica habitacional, diseño urbano y arquitectónico de calidad, estructura de barrio tradicional, densificación planificada, transporte y conexión inteligente, sustentabilidad y calidad de vida, con lo cual el proyecto de este nuevo ramal del gasoducto se convierte en un impulsor estratégico para la economía en la zona mediante implementación de suministro de energético menos contaminante a desarrollos industriales que permitan la instalación de empresas; el impulsar la modernización de la infraestructura energética adyacente a las zonas industriales, así como el tener elementos para contar con ventajas vocacionales y competitivas para la instalación de Industria. En este caso, una vez que entre en funcionamiento, el gasoducto ya prevé el abastecimiento de este energético a tres empresas fuertes en la zona, como son Bachoco, Acuícola y Selecta, pero sobre todo, queda abierta la disponibilidad del combustible para otras empresas nuevas o ya existentes que quisieran en un futuro próximo integrarse a esta red de transporte y distribución. Esto se traduce en empleos, facilidad para la inversión en proyectos locales, disminución de costos operativos, etc.



En el apartado del programa en el que se aborda lo concerniente a las políticas ecológicas y ambientales, se destaca la preservación de zonas sujetas a conservación, como lo son el área de sistema de Presas Abelardo L. Rodríguez-El Molinito, así como del río Sonora, San Miguel y sus afluentes, además del acuífero del que dispone la región, a fin de preservarlos de la contaminación y promover un uso racional y sostenible de ellos. Se deberán conservar las zonas cerriles y de recarga del acuífero, en el interior e inmediaciones de la zona urbana. Son zonas de conservación y no deberán desmontarse: los cerros del Bachoco, el cerro Johnson, el cerro Colorado, cerro Bola, La Flojera, Agualurca, Cementera, La Virgen y Apache. Tal como se ha establecido en este estudio, en el apartado de ANP's, el proyecto del gasoducto es totalmente respetuoso y amigable con el entorno al no ubicarse en ningún espacio de ANP en ninguna parte del tramo por donde se instalaría, con estos espacios reservados para su adecuada conservación. Siendo así, se plantea hacer uso racional y sustentable de los recursos naturales, incluidos el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad y la energía. En este sentido, también el proyecto va en la misma tónica y prevé ser cuidadoso con el medio ambiente, tanto en sus fases de construcción como en su funcionamiento, ya que su ubicación es dentro de áreas con alta actividad antropogénica, de tipo urbano y suburbano.

PROGRAMA DE DESARROLLO METROPOLITANO DE HERMOSILLO

(Fuente: <http://www.implanhermosillo.gob.mx/> programa publicado en fecha 14/09/2016)

Este instrumento propone además una serie de acciones y proyectos detonadores vinculados con la mitigación de los efectos del cambio climático, así como la mejora en el aprovechamiento de los recursos, principalmente hídricos y energéticos a través de dos estrategias: Infraestructura verde y movilidad urbana sustentable. Ambas consideran la utilización del espacio público como detonador del mejoramiento del entorno, así como del fortalecimiento de la capacidad de resiliencia ante los efectos del cambio climático, todo ello considerado desde la perspectiva de aplicación del modelo de Calle Completa. La infraestructura verde contempla como base la infiltración de agua al subsuelo proveniente de la lluvia, para ello se propone integrar técnicas de construcción en las áreas permeables, lo que pondera una política pública y una estrategia específica para el mejoramiento de las condiciones de la cuenca hidrológica.

Objetivo General

Elaborar un instrumento de ordenamiento territorial específico para el establecimiento de los criterios de desarrollo metropolitano que deberán considerarse para la capital del Estado de Sonora como Centro Estratégico Regional, mediante el análisis de su influencia, conectividad, productividad y concentración de actividades y servicios regionales y su interacción en el contexto nacional, definiendo y priorizando acciones de mejora en las condiciones de vida de los ciudadanos.



Objetivo Específico:

- Obtener un análisis sistemático sobre las condiciones de la región considerando la productividad y su desarrollo económico, la dinámica demográfica, el manejo ambiental, la movilidad y conectividad, como centro urbano articulador para su impacto regional.

4.1.1. Planeación

Ordenar y regular las actividades desarrolladas en la Zona Metropolitana de Hermosillo con una visión a largo plazo que tenga el fin de alcanzar un desarrollo sustentable, asegurando una creciente calidad de vida y un área equitativa, incluyente y resiliente donde se conserven y desarrollen los recursos naturales y el patrimonio cultural urbano. Consolidar el área metropolitana como centro regional del país.

- Controlar el crecimiento de la zona urbana.
- Normar el desarrollo de las actividades económicas del área metropolitana.
- Integrar criterios de sustentabilidad que armonicen con el medio ambiente, considerando los recursos económicos, culturales y naturales.

4.1.1.1. Medio ambiente

En Hermosillo, el principal problema por enfrentar bajo el cambio climático es la disponibilidad de agua. La principal fuente de este recurso son los acuíferos de la región, sujetos a intensa explotación por bombeo para irrigación en agricultura. Cabe destacar que Hermosillo se abastece parcialmente de una fuente de agua externa a través del Acueducto Independencia. Aunado a esto se destaca el problema de la intrusión salina, situación que ha venido afectando a los acuíferos de la costa de Hermosillo en las últimas cuatro décadas en una franja de más de 30 km.

En calidad de aire, Hermosillo por su posición geográfica presenta problemas de partículas suspendidas en la atmósfera debido a la presencia de polvos provenientes de las áreas circundantes. Esto por el tipo de suelo y la dirección de vientos dominantes que se manifiestan en impactos a la salud de los habitantes que presentan diferentes padecimientos en ojos y vías respiratorias. En la atmósfera se encuentran suspendidas sustancias muy diversas, como polvo, polen, hollín (carbón), metales (por ejemplo, plomo y cadmio), asbestos, sales, gotas de ácido sulfúrico, dioxinas, pesticidas, etc. La región es además afectada por eventos de sequía que se han venido presentando en las últimas décadas y han tenido una serie de consecuencias.

Desde el aspecto ambiental, las sequías se reflejan en pérdida de cobertura vegetal y en un avance de la aridez o de la desertificación. Esto provoca la erosión de los suelos al perderse importantes volúmenes de árboles o matorrales nativos que cumplían la función de retenedores de suelos y de purificadores del aire; y por otro lado la presencia de los incendios forestales que se incrementan en número debido a la elevación de la temperatura y por la poca humedad. Cabe mencionar que la fauna nativa también se ve afectada por las sequías. Esto provoca su emigración a otras regiones, buscando condiciones más adecuadas para su supervivencia.



4.1.8. Industria

Impulsar la infraestructura e inversión en materia de industria mediante implementación de desarrollos industriales que permitan la instalación de empresas satélite.

- Reforzar la industria con criterios sostenibles.
- Impulsar la modernización de la infraestructura energética y carretera adyacente a las zonas industriales.
- Diseño y construcción de plataformas logísticas en el marco del sistema nacional de plataformas logísticas de México.
- Contar con las ventajas vocacionales y competitivas para la instalación de Industria.
- Diversificar las zonas y actividades industriales.

4.1.11. Medio ambiente

Preservar y mejorar el medio ambiente y hacer uso racional y sustentable de los recursos naturales, para el desarrollo territorial, incluidos el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad y la energía.

- Conservar y proliferar especies nativas.
- Conservar y mantener elementos naturales emblemáticos.
- Determinar el déficit y el estado de las áreas verdes existentes para diagnosticar su capacidad de aporte de servicios ambientales.
- Establecer alianzas con la iniciativa privada, el sector académico, gobierno y la sociedad civil para combatir el cambio climático.
- Incrementar el área verde, así como su sustentabilidad y la cualidad y cantidad de servicios ambientales que aportan a la sociedad y a la vida silvestre.
- Implementar sistemas de aprovechamiento eficiente de los recursos naturales.
- Reducir la contaminación por medio de un adecuado manejo de los residuos sólidos y agua de drenaje.
- Establecer medidas estrictas para el control de las emisiones de gas de efecto invernadero.
- Identificar y denunciar las áreas y factores que generen deterioro ambiental.
- Restaurar y adecuar afluentes de aguas interurbanos y periurbanos, para que aporten servicios ambientales adicionales.
- Conservar, proponer y declarar áreas naturales protegidas y polígonos de conservación, considerando para ello planes de manejo y equipamientos para que aporten múltiples funciones e incrementen sus servicios ambientales.



- Reducir, reutilizar, reciclar y recuperar recursos naturales.
- Orientar las tendencias de expansión urbana hacia las zonas con menor afectación a los ecosistemas naturales, zonas agrícolas de alta productividad y de valor ecológico, histórico y arqueológico.
- Promover e impulsar la agricultura urbana.
- Conservar y mantener las zonas agropecuarias.
- Implementar programas de cuidado y respeto al medio ambiente.
- Controlar la calidad del aire.

Vinculación

El desarrollo de la obra de instalación de la ampliación de la red de transporte de gas natural de Hermosillo, denominado gasoducto "Ramal Acuicola", en el tramo carretera Hermosillo – Bahía de Kino, se encuentra totalmente congruente con la política que se establece en este instrumento, que busca principalmente posicionar a la capital del Estado de Sonora como un centro estratégico regional. Los objetivos tales como el impulsar la infraestructura e inversión en materia de industria, mediante implementación de desarrollos industriales que permitan la instalación de empresas satélite; el impulsar la modernización de la infraestructura energética y carretera adyacente a las zonas industriales, así como el tener elementos para contar con ventajas vocacionales y competitivas para la instalación de Industria. En este caso, el gasoducto ya prevé el abastecimiento de este energético a tres empresas fuertes en la zona, como son Bachoco, Acuicola y Selecta pero, sobre todo, queda abierta la disponibilidad del combustible para otras empresas nuevas o ya existentes que quisieran en un futuro próximo integrarse a esta red de distribución. Esto se traduce en empleos, facilidad para la inversión en proyectos locales, disminución de costos operativos, etc.

En el apartado del programa en el que se aborda lo concerniente a las políticas ecológicas y ambientales, se destaca preservar y mejorar el medio ambiente y hacer uso racional y sustentable de los recursos naturales, para el desarrollo territorial, incluidos el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad y la energía. El proyecto va en la misma tónica y prevé ser cuidadoso con el medio ambiente, tanto en sus fases de construcción como ya que entre en funcionamiento. Como se ha manifestado, no afecta a áreas naturales protegidas, como tampoco a terrenos destinados al sector agropecuario, ya que su ubicación es dentro de áreas con alta actividad antropogénica, de tipo urbano y semi urbano.



V. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

V.1. Bases de diseño y normas utilizadas para la construcción del ducto

La ingeniería básica, instalaciones y operación del gasoducto están diseñadas de acuerdo a códigos y normas nacionales e internacionales. Así mismo, se consideran aspectos como tipo de suelo, orografía, topografía, aplicación de normas, reglamentos y códigos de construcción vigentes, medidas de seguridad y estudios de mecánica de suelos. Por lo que, el diseño atiende los aspectos de seguridad vigentes y cuenta con los medios necesarios para preservar la instalación, así como la conservación y protección del entorno ambiental a lo largo de su vida útil.

Los criterios de diseño a emplear en la Ingeniería de detalle incluyen normas, estándares y especificaciones internacionales que a continuación se citan:

Como el trazo del proyecto de instalación de la red de distribución, se localiza principalmente dentro de zona urbana y suburbana de la ciudad de Hermosillo, Sonora le aplica el considerar la Norma Oficial Mexicana NOM-129-SEMARNAT-2006. Redes de distribución de gas natural, que establece las especificaciones de protección ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono de redes de distribución de gas natural que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios. Al respecto, la empresa Gas Natural del Noroeste S.A. de C.V., dando cumplimiento a la disposición general 4.1.1 de esta norma que dice: El distribuidor o responsable del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana, deberá presentar a la Secretaría o a la Delegación Federal de la SEMARNAT que corresponda, un *Informe Preventivo*, de conformidad con los artículos: 29 y 31 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como 29, 30, 31, 32 y 33 del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Esta Norma no exime de la presentación, en su caso, del *Estudio de Riesgo Ambiental*, de acuerdo con el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y del Programa para la Prevención de Accidentes correspondientes, de manera previa al inicio del proyecto.

El crecimiento y desarrollo urbano de la zona, permitirá a la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, cubrir la necesidad y demanda de gas natural para las empresas ya instaladas y otras más que puedan integrarse al proyecto a lo largo de la zona del trazo.

Factor F de Diseño

Para cumplir con las normas, cada sección del gasoducto está categorizada por ubicación, clase y tipo de construcción. La ubicación exacta, clase y tipo de construcción del gasoducto para cada sección específica se determinaron durante el recorrido realizado en la fase inicial del proyecto.

Clases de localización

La norma NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, establece que un gasoducto debe de ser catalogado en función de la densidad demográfica de un área unitaria



(superficie de un paralelogramo de 1,600 x 400 m) que pase por el centro de esta superficie. Estableciendo una de las cuatro clases de localización, siendo 1 la de menor densidad y 4 la de mayor concentración humana.

Clases de localización. Las clases de localización por donde pasará un ducto deberán ser en conformidad con lo siguiente:

Localización clase 1. El área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones para ocupación humana.

Localización clase 2. El área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones para ocupación humana.

Localización clase 3. El área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más para ocupación humana.

El tramo de una tubería clase 1 o 2 será reclasificado como clase 3 cuando el eje de dicho tramo se encuentre a una distancia igual o menor a 100 metros de:

- a) Una construcción ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días en la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles y centros de reunión;
- b) Un área al aire libre definida que sea ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días a la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: campos deportivos, áreas recreativas, teatro al aire libre u otro lugar público de reunión, o
- c) Un área destinada a fraccionamiento o conjunto habitacional o comercial que no tenga las características de la clase 4.

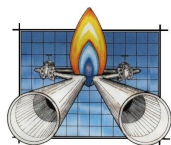
Localización clase 4. El área unitaria en la que predominan construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja, donde el tráfico vehicular es intenso o pesado y donde pueden existir numerosas instalaciones subterráneas.

Lo anterior lleva a utilizar distintos factores de diseño, en función de la densidad poblacional, tal como se muestra en la siguiente tabla de la norma:

Tabla 5.1. Factores de diseño para cada clase de localización.

Clasificación por Clase de Localización	Factor de Diseño (f_{DIS})
Clase 1	0.72
Clase 2	0.60
Clase 3	0.50
Clase 4	0.40

Como el trazo del proyecto de instalación de la red de distribución, se localiza principalmente dentro de zona urbana y suburbana de la ciudad de Hermosillo, Sonora, le aplica el considerar la Norma Oficial Mexicana NOM-129-SEMARNAT-2006 Redes de distribución de gas natural, que establece las especificaciones de protección ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono de redes de distribución de gas natural que se pretendan



ubicar en áreas urbanas, suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios. Al respecto, la empresa Gas Natural del Noroeste S.A. de C.V., dando cumplimiento a la disposición general 4.1.1 de esta norma que dice: El distribuidor o responsable del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana, deberá presentar a la Secretaría o a la Delegación Federal de la SEMARNAT que corresponda, un *Informe Preventivo*, de conformidad con los artículos: 29 y 31 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como 29, 30, 31, 32 y 33 del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Esta Norma no exige de la presentación, en su caso, del *Estudio de Riesgo Ambiental*, de acuerdo con el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y del Programa para la Prevención de Accidentes correspondientes, de manera previa al inicio del proyecto.

Espesor adicional por corrosión

Se debe utilizar un margen de corrosión con base en resultados estadísticos en el manejo del producto que se va a transportar. De no contar con dicha información se debe utilizar un espesor adicional de 0.159 mm (6.25 milésimas de pulgada) por año.

Adicionalmente, se considera el diseño del sistema de protección catódica respectivo, con base a las condiciones de operación y resultados estadísticos de sistemas semejantes y a la posible integración con otras instalaciones. Además, se toma en consideración la instalación de niples para inyección y porta testigos para la evaluación de la protección con inhibidores (corrosímetros).

La utilización de factores de diseño en la fórmula de cálculo del espesor de la pared del Ducto tiene como consecuencia incrementar el espesor a medida que el factor de seguridad se reduce. Un espesor mayor de tubería reduce la probabilidad de falla en el gasoducto, dado que le provee una mayor resistencia mecánica a la presión interna y a efectos externos tales como corrosión o daños accidentales.

MEMORIA DE CÁLCULO DE ESPESORES EN EL GASODUCTO

Mediante la siguiente memoria de cálculo, la cual se apoya en el software Gas Calc, se demostrará los espesores mínimos requeridos para la tubería del gasoducto Acuícola. Para realizar la selección de la tubería, se tomarán en cuenta los factores de corrosión y mecánico, así obtendremos el diámetro mínimo recomendado para realizar la selección de la tubería basada en el grado y espesor de la tubería a colocar en el gasoducto.

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, de acuerdo a la siguiente fórmula **para la tubería de 10" de Ø de AC:**

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

Dónde:



t = espesor mínimo de la tubería

P = presión manométrica de diseño

D = diámetro exterior de la tubería

S = resistencia mínima a la cedencia

F = factor de diseño por densidad de población

E = eficiencia de la junta longitudinal de la tubería

T = factor de corrección por temperatura del gas

$T=1$ si la temperatura del gas es igual o menor a 400° K

Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$S = 42,000 \text{ psi} = 289,579.8 \text{ kPa}$

Utilizando la presión de diseño que es de 35.15 kg/cm² (500 psi), obtenemos:

Pipe Data...	
Diameter:	10.750 Inches
Wall Thickness:	0.160 Inches
SMYS:	42000 Psi
Pressure:	500 Psi

Design Factors...	
Class Location:	Class 4
Location Exceptions:	Pipelines, mains, and service lines
Longitudinal Joint:	API 5L - Electric Resistance Welded
Operating Temperature:	250 F (121 C) or less

	Value...
	0.40
	1.00
	1.000

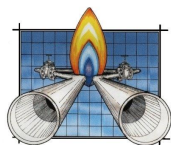
Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 10" de diámetro tenga un espesor mínimo de 0.160".

Al espesor calculado se adiciona 20% por corrosión y 10% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.211"**

Por tal motivo se instalará tubería de 10" de diámetro nominal grado X 42, construida bajo las especificaciones API 5L, la cual tiene un espesor de **0.219"**, sobrepasando en gran medida el espesor mínimo requerido.



Para la Tubería de 2" de Ø de AC:

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

Dónde:

t = espesor mínimo de la tubería

P = presión manométrica de diseño

D = diámetro exterior de la tubería

S = resistencia mínima a la cedencia

F = factor de diseño por densidad de población

E = eficiencia de la junta longitudinal de la tubería

T = factor de corrección por temperatura del gas

T=1 si la temperatura del gas es igual o menor a 400° K

Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

S = 35,000 psi = 241,316.5 kPa

Utilizando la presión de diseño que es de 35.15 kg/cm² (500 psi), obtenemos:

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 2" de diámetro tenga un espesor mínimo de 0.042".



Al espesor calculado se adiciona 20% por corrosión y 10% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.055"**

Por tal motivo se instalará tubería de 2" de diámetro nominal grado B, construida bajo las especificaciones API 5L, la cual tiene un espesor de **0.154"**, sobrepasando en gran medida el espesor mínimo requerido.

Para la tubería de 8" de diámetro nominal de Polietileno HDPE 3406 SDR-11

CALCULO DE LA PRESIÓN DE DISEÑO.

Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = \frac{2HDB fE fT}{(SDR - 1)}$$

Dónde: **P** = Presión Interna en Psi

HDB = Base de Diseño Hidrostático a 23° C = 11 MPa

fE = Factor de Diseño Medioambiental = 0.32

Gas Natural Seco (Federalmente Regulado bajo CFR Título 49, Parte 192)

fT = Factor de Diseño por Temperatura = 1.00

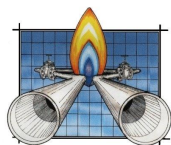
(Por trabajo en temperaturas de 23° C ó menos)

SDR = Relación entre Diámetro Exterior entre Espesor = 11

A continuación, se presentan las pantallas que justifican la presión de diseño calculada.

Para la tubería de polietileno de 8" de Ø HDPE-3406 SDR-11

Utilizando tablas de proveedores de tubería de polietileno, obtenemos el diámetro exterior de la tubería, el SDR y el espesor de pared, al introducir estos datos obtenemos la presión de diseño



De acuerdo al cálculo anterior para la tubería de 6" de diámetro de polietileno se demuestra que la presión de diseño es 698.98 kPa, la cual es mayor que la presión de operación 689 kPa, que es la máxima presión permitida por la norma.

Para la Tubería de 6" de Ø de PEAD:

Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = \frac{2HDB fE fT}{(SDR - 1)}$$

Dónde:

P = Presión Interna en Psi

HDB = Base de Diseño Hidrostático a 23° C = 11 MPa

fE = Factor de Diseño Medio ambiental = 0.32

Gas Natural Seco (Federalmente Regulado bajo CFR Titulo 49, Parte 192)

fT = Factor de Diseño por Temperatura = 1.00

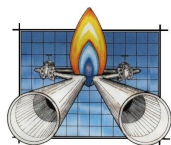
(Por trabajo en temperaturas de 23° C ó menos)

SDR = Relación entre Diámetro Exterior entre Espesor = 11

A continuación, se presentan las pantallas que justifican la presión de diseño calculada.

Para la tubería de polietileno de 6" de Ø HDPE-4710 SDR-11

Utilizando tablas de proveedores de tubería de polietileno, obtenemos el diámetro exterior de la tubería, el SDR y el espesor de pared, al introducir estos datos obtenemos la presión de diseño.



Plastic Pipe Design Formula...

Pipe Data...

Diameter:	6.625	Inches	Hydrostatic Strength:	11	MPa
Wall Thickness:	0.602	Inches	Pressure:	703.65	KPa

Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior para la tubería de 6" de diámetro de polietileno se demuestra que la presión de diseño es 703.65 kPa, la cual es mayor que la presión de operación 689 kPa, que es la máxima presión permitida por la norma.

Sin embargo, el diseño estructural final del gasoducto y las instalaciones relacionadas incluyen una verificación de los niveles de esfuerzo bajo escenarios y/o condiciones de carga especiales a lo largo de la ruta propuesta del gasoducto, por ejemplo, expansión térmica y flexibilidad, cruces del ducto (camino y canales) y los efectos de cargas funcionales y ambientales especiales que se prevean durante la vida operativa del sistema del gasoducto.

Cargas Externas

Las condiciones especiales de carga que se han identificado, y donde puedan surgir niveles extraordinarios de carga para el gasoducto, están limitados a eventos sísmicos. Con el fin de estimar los efectos sísmicos a lo largo de la ruta propuesta del gasoducto, se recopiló información histórica en cuanto a su ubicación, intensidad y frecuencia. Con el fin de comprender la interacción suelo-estructura, fue de primordial importancia cuantificar los efectos de los fenómenos sísmicos.

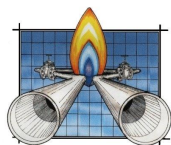
El ducto será subterráneo a lo largo de toda la ruta propuesta.

Normas y códigos de construcción

En cuanto a las Normas Mexicanas que se observarán para el diseño de la Ingeniería de Detalle y con las que se cumplirán durante la operación del mismo son.

Protección Catódica

El Sistema de Transporte se protegerá catódicamente mediante corriente impresa o de ánodos de sacrificio, para lo cual se utilizan rectificadores, adicionalmente la tubería instalada contará con protección mecánica que cuide el aislamiento eléctrico del sistema y proteja la capa anticorrosiva. El sistema contará con postes para medición de potencial tubería-suelo. Los tramos de tubería superficiales como válvulas de seccionamiento y accesorios estarán recubiertos con el recubrimiento antioxidante que cubrirá los requisitos del Apéndice II de la norma NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos.



Cruces

Comúnmente los sistemas de ductos para transporte de hidrocarburos cruzan en su ruta con una serie de obstáculos artificiales y naturales como son: ríos, montañas, poblados, carreteras, vías férreas, tuberías, canales, etc. Estos cruzamientos se consideran como obras especiales dentro del proyecto, debido a que requieren de consideraciones específicas para su diseño y construcción dado que interrumpen la instalación de la línea regular.

Cruzamiento con vías de comunicación

Dependiendo de las especificaciones de las entidades que tienen a su cargo las vías de comunicación, los cruzamientos se realizarán colocando un encamisado. Los cruces serán perpendiculares al eje longitudinal de carreteras o vías férreas, de no ser posible se permitirá una desviación máxima de 30° con respecto a la normal. En los casos en donde las características de la vialidad por su flujo, su complejidad, etc., no permita este tipo de cruzamiento, se hará por perforación direccional.

El proyecto contempla 12 cruces sobre carreteras y corrientes de agua naturales, pero se harán por medio de cruce direccional por lo que no habrá afectaciones al entorno. Es una zona totalmente alterada por actividades antrópicas.

En cualquiera de los cruces la obra se realizará por medio de una perforación dirigida, con una excavadora direccional, como se muestra en los siguientes esquemas, y siempre respetando el trazo a un costado de las vialidades, dentro del derecho de vía, como se hace con todos los gasoductos que construye **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**



Figura 5.1. Imagen que muestra la forma de excavación de una perforadora direccional para el cruce subterráneo de tuberías, en este caso para un gasoducto, sin afectar la infraestructura vial.

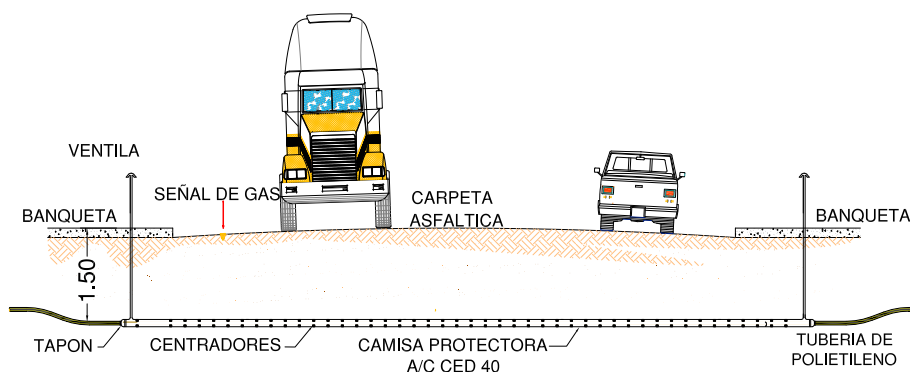
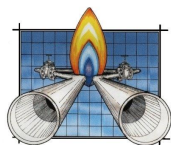


Figura 5.2. Detalle que muestra las características de construcción de la línea de gasoducto al realizar cruce subterráneo de vialidades dentro de zonas urbanas o suburbanas.

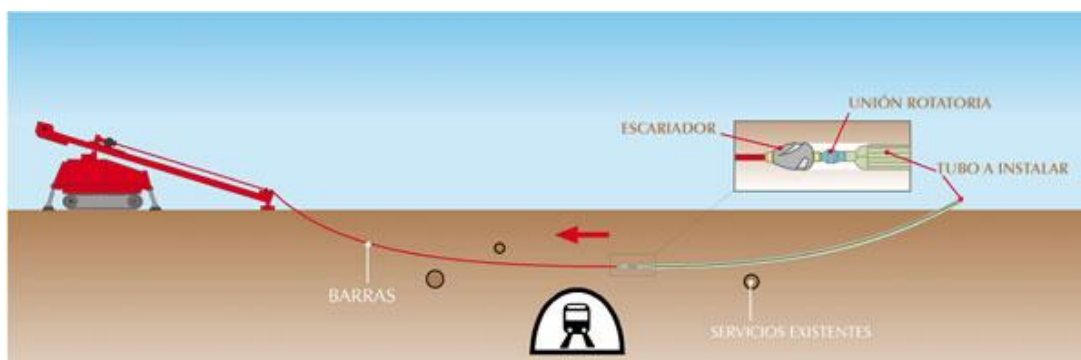


Figura 5.3. Imagen que muestra a detalle la forma de trabajo de una perforadora direccional que puede respetar perfectamente las instalaciones conocidas de un sitio al dirigirla en su excavación, evitando cualquier afectación.

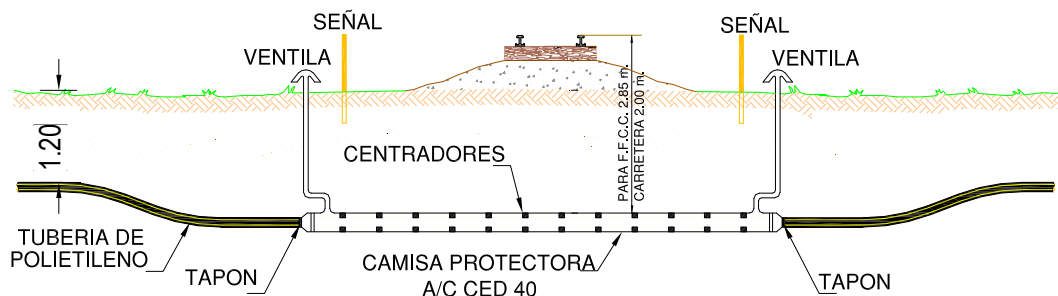


Figura 5.4. Detalle que muestra las características de construcción de la línea de gasoducto al realizar cruce subterráneo de las vías de F.F.C.C.

Cruzamiento con ríos o cuerpos de agua

Los cruzamientos del gasoducto por cuerpos de agua se realizarán colocando un encamisado al gasoducto sellado en sus extremos para evitar cualquier fuga del hidrocarburo, los cuerpos con vertientes importantes serán por perforación direccional.

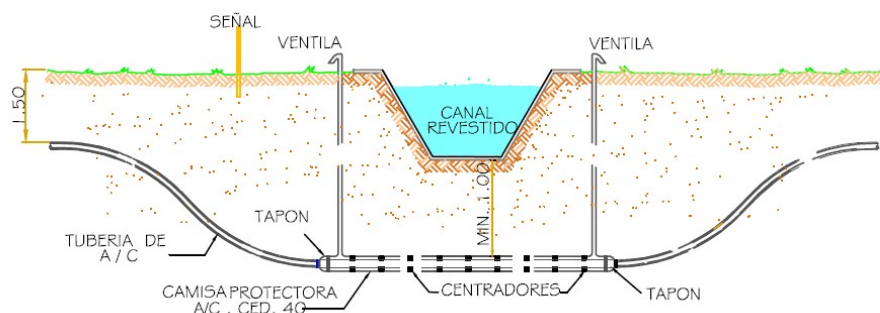


Figura 5.5. Detalle que muestra las características de construcción de la línea de gasoducto al realizar cruce subterráneo de canales o arroyos revestidos.



Imagen ilustrativa: perforadora direccional de las utilizadas por la empresa para los cruces subterráneos.

V.2. Infraestructura requerida para la operación del ducto

Tubería del gasoducto

Las dimensiones del ducto serán de 14,739 m, es decir, 14.7 km de longitud, en tubería de un ducto principal de 10" de $\varnothing$ de A.C., con ramales secundarios de 2" de $\varnothing$ de A.C. y 6" y 8" de $\varnothing$ en Polietileno de Alta densidad (PEAD).

A continuación, se presentan en la siguiente tabla con los diámetros, espesores y las presiones máximas a las que operará el gasoducto y sus ramales:

Tabla 5.2. Espesores y tubería seleccionada para el gasoducto y su presión máxima de operación.

Especificación de la Tubería	Diámetro de la tubería	Espesor en pulgadas	Presión máxima de operación en kg/cm ²
API 5L grado X42	10" AC	0.219	21



API 5L grado X42	2" AC	0.219	21
HDPE-3406 SDR-11	8" PEAD	0.779	7
HDPE-3406 SDR-11	6" PEAD	0.602	7

Estaciones de Regulación y Estaciones de Regulación y Medición

Como infraestructura complementaria del sistema para transporte de gas natural, se instalarán 2 Estaciones de Regulación (ER) y 3 Estaciones de Regulación y Medición (ERM) que servirán para regular la presión de operación del sistema.

Tabla 5.3. Coordenadas de las E.R.M. y las E.R.

No	Cruce	Cadenamiento	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	Estación de Regulación	(1) 0+000.00	29°05'59.38"	111°01'22.02"
2	Estación de Regulación	(1) 8+036.00	29°03'58.96"	111°05'28.83"
3	Estación de Regulación y Medición SELECTA	(5) 0+140.00	29°04'51.16"	111°04'04.72"
4	Estación de Regulación y Medición BACHOCO	(4) 5+040.00	29°05'39.06"	111°07'01.89"
5	Estación de Regulación y Medición ACUÍCOLA	(3) 1+500.00	29°03'13.21"	111°05'28.84"

Válvulas de seccionamiento

En el proyecto se contempla la construcción de una Válvula de Seccionamiento (V.S.) en un punto del ducto principal de 10" de Ø de Acero al carbón (AC) ubicado en las coordenadas geográficas: 29°05'17.54" Latitud norte y 111°03'11.74" Longitud oeste. Se debe considerar que una V.S. necesita una superficie de 4.40 m² (2.20 x 2.00 m).

Tabla 5.4. Coordenadas de la Válvula de Seccionamiento (V.S.).

No.	Cruce	Cadenamiento	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	Válvula de Seccionamiento	3+557.00	29°05'17.54"	111°03'11.74"

Se presentan el Diagrama del arreglo civil (AC), el de arreglo mecánico (AM) y el de Tubería e instrumentación (DTI) de la Válvula de Seccionamiento (VS), Estación de Regulación (ER) y de la Estación de Regulación y Medición (ERM) del gasoducto Hermosillo de transporte de gas natural. Los planos a escala legible se pueden consultar en el anexo 10.

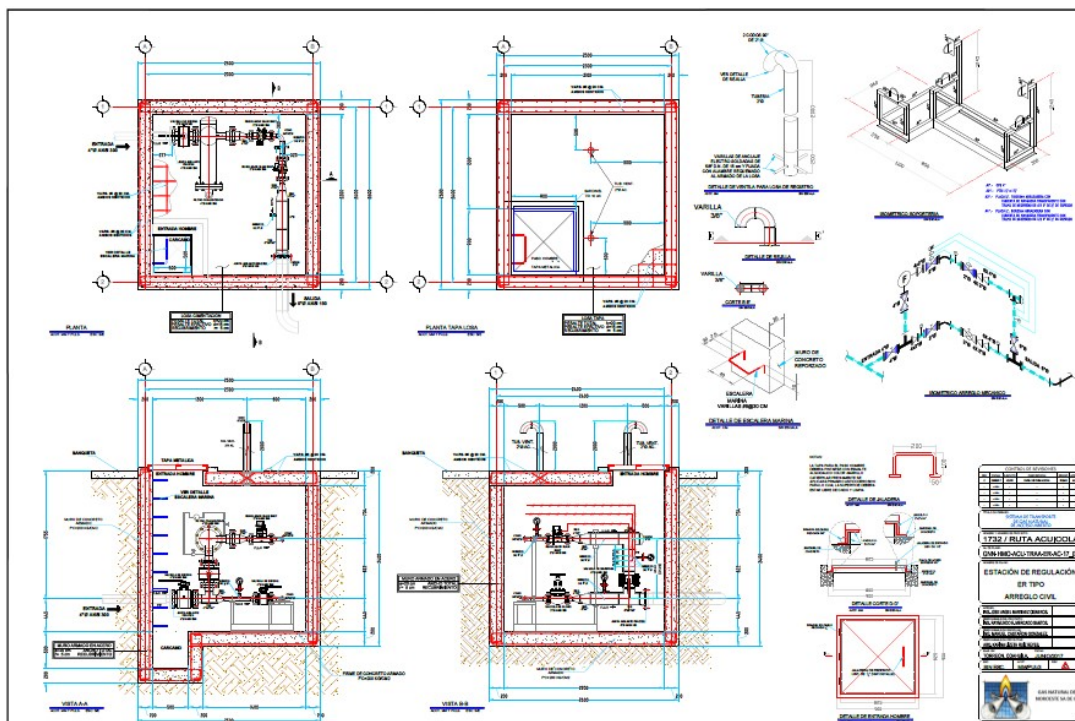
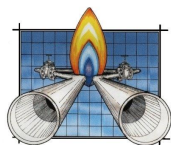


Figura 5.9. Diagrama de una Estación de Regulación tipo Arreglo Civil.

Estaciones de Regulación y Medición

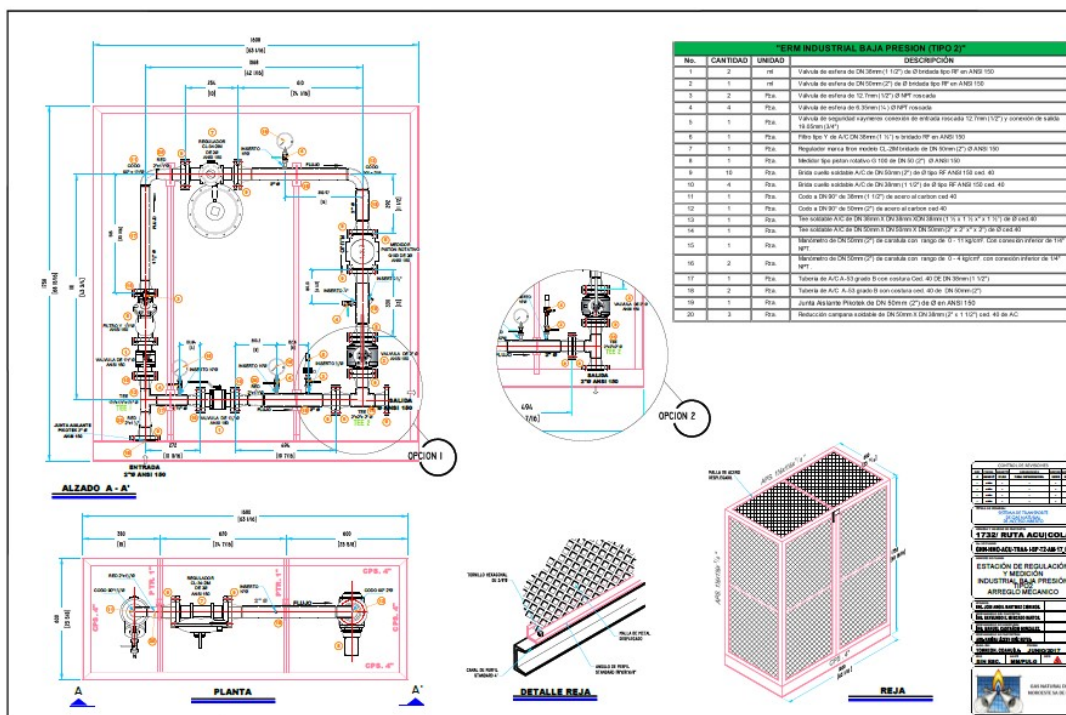


Figura 5.10. Diagrama E.R.M. Industrial Baja Presión Tipo 2 Arreglo Mecánico.

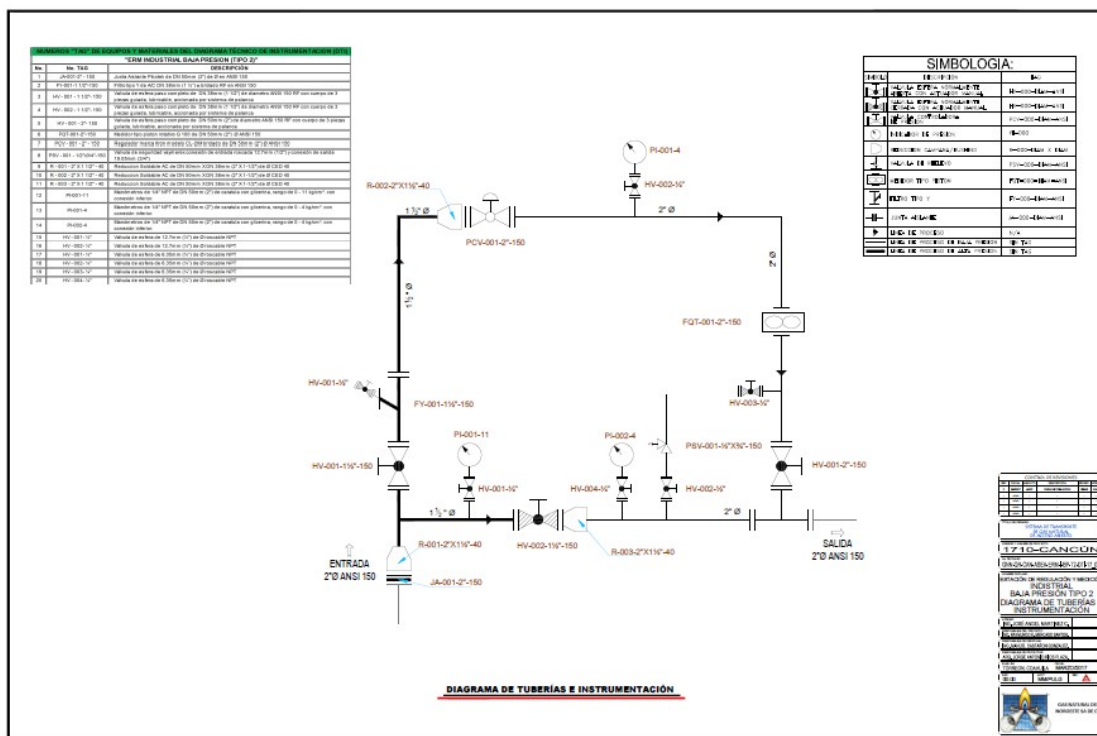


Figura 5.11. Diagrama E.R.M. Industrial Baja Presión Tipo 2, Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

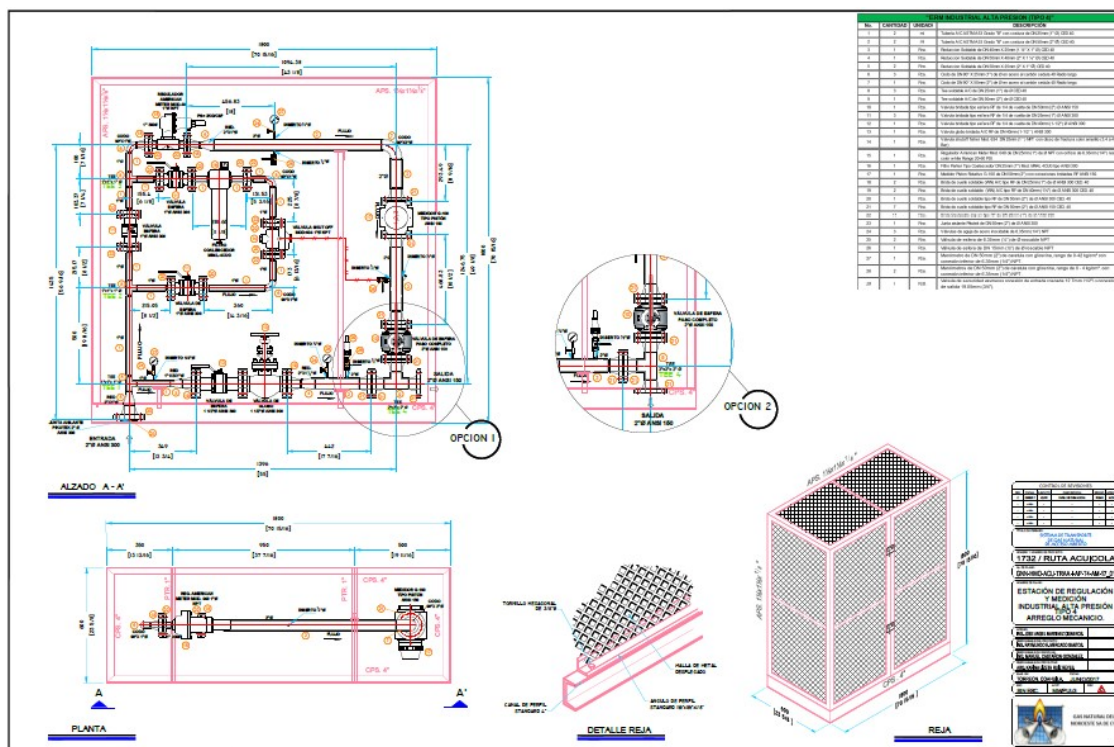


Figura 5.12. Diagrama E.R.M. Industrial Alta Presión Tipo 4, Arreglo Mecánico.

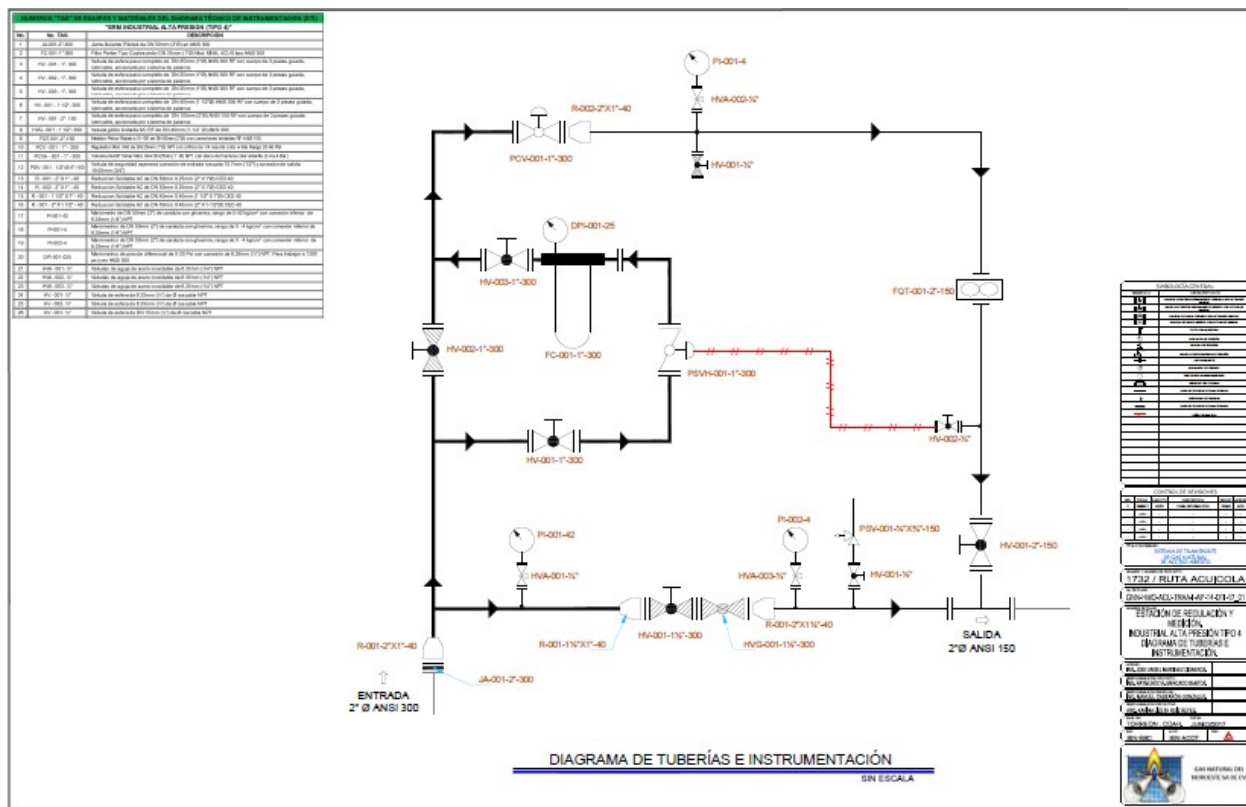


Figura 5.13. Diagrama E.R.M. Industrial Alta Presión Tipo 4 Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

V.3. Hojas de Datos de Seguridad (MSDS) de las sustancias y/o materiales peligrosos

Datos de seguridad (MSDS) de las sustancias y/o materiales peligrosos

A continuación, se presenta una breve selección de sus datos principales y el resto de la información se puede consultar en sus Hojas de Datos de Seguridad (HDS) en los anexos.

GAS NATURAL

La sustancia química principal involucrada en el proceso en el sistema de transporte es el gas metano, que cuenta con su hoja de seguridad con los datos y propiedades físicas y químicas del gas. A continuación, se presenta un resumen con sus propiedades:

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL GAS NATURAL

Nombre: Gas natural- Gas metano.

Familia química: Hidrocarburo parafínico.

Peso molecular: 16.042

Estado físico, color y olor: Gas incoloro, inodoro e insípido.

Densidad crítica: 0.162

Densidad del vapor (760 mm Hg): 0.554

Densidad específica (aire= 1): 0.68

Kg/lit (65° C) L vapor / L líquido: 442

Temperatura de autoignición: Entre 537° C y



Punto de fusión (760 mm Hg): - 182.5° C

Punto de ebullición (760 mm Hg): - 161.5° C

Temperatura crítica: - 82.5° C

Calor específico: 1.308 Kcal/kg

Calor de fusión: 14 Kcal/kg

Calor de vaporización: 122 Kcal/kg

Presión crítica: 45.8 atm.

651° C

Volumen crítico: 0.098 m³/kg/mol

Solubilidad en agua: 0.4 – 20
microgramos/100cm³

Punto de inflamación: 537° C

Límite inferior de explosividad: 5.0 % gas en el
aire

Límite superior de explosividad: 15.0 % gas en
el aire

M³ de aire para quemar 1 M³ de gas: 9.53

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -161°C. Por razones de seguridad, se le añade mercaptano, un agente químico que le da un olor a huevo podrido, con el propósito de detectar una posible fuga de gas.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos. Otros componentes tales como el CO₂, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno se encuentran también en el gas natural. La composición del gas natural nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (como mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno (CH₄). El metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y casi totalmente y emite muy poca contaminación. El gas natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía.

El gas natural es más ligero que el aire y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

El gas natural deberá de evitarse su contacto con oxidantes fuertes como el flúor, cloro, pentafluoruro de plomo, Trifluoruro de cloro, heptafluoruro de yodo, dióxido de fluor, oxígeno líquido y tetrafluoruro de dioxigenilo, por su alta reactividad.

En el caso del gas natural, éste es calificado positivamente en dos de las características derivadas de un estudio CRET (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable), siendo explosivo e inflamable.

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire

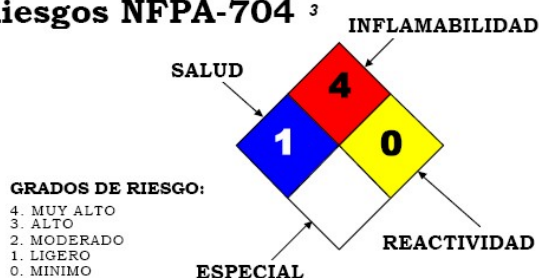


que se respira. En altas concentraciones puede producir asfixia. El gas natural no tiene clasificación de afectación crónica, teratogénica, carcinogénica o mutagénica.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS

GAS NATURAL
Números de identificación ONU: 1971 y 1972

Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704³



1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No: HDSSQ-001

Nombre del Producto: Gas Natural

Nombre Químico: Metano

Familia Química: Hidrocarburos del Petróleo

Fórmula Molecular: Mezcla ($\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8$)

Sinónimos: Gas natural licuado, gas natural comprimido, gas de los pantanos, grisú, hidruro de metilo, Liquefied Natural Gas (LNG).

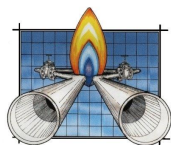
2. COMPOSICION E INFORMACION DE LOS COMPONENTES

MATERIAL	%	Número CAS (Chemical Abstracts Service)	LEP (Limite de Exposición Permisible)
Gas Natural (Metano)	88	74-82-8	Asfixiante Simple
Etano	9		
Propano	3		
Etil Mercaptano	17-28 ppm		Odorífico

El CAS del Etil Mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).



El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

SITUACION DE EMERGENCIA

Gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor. Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes.

Debe manejarse a la intemperie o en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se deberá evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

El gas natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Ojos: El gas natural licuado puede salpicar a los ojos provocando un severo congelamiento del tejido, irritación, dolor y lagrimeo. Aplique, con mucho cuidado, agua tibia en el ojo afectado. Solicite atención médica. Deberá manejarse con precaución el gas natural cuando está comprimido ya que una fuga provocaría lesiones por la presión contenida en los cilindros.

Piel: Al salpicar el gas natural licuado sobre la piel provoca quemaduras por frío, similares al congelamiento. Mojar el área afectada con agua tibia o irrigar con agua corriente. No use agua caliente. Quítese los zapatos o la ropa impregnada. Solicite atención médica.

Inhalación: No deberá exponerse a altas concentraciones de gas, en caso de lesionados, aléjelos del área contaminada para que respiren aire fresco. Si la víctima no respira, inicie de inmediato resucitación cardiopulmonar. Si presenta dificultad para respirar, adminístrese oxígeno medicinal (solo personal calificado). Solicite atención médica inmediata. El gas natural es un asfixiante simple, que al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno. Los efectos de exposición prolongada pueden incluir dificultad para respirar, mareos, posibles náuseas y eventual inconsciencia.

Ingestión: La ingestión de este producto no es un riesgo normal.



5. RESPUESTA EN CASO DE FUGA

Fuga en Espacios Abiertos: Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga. El gas natural se disipará fácilmente. Tenga presente la dirección del viento.

Fuga en Espacios Cerrados: Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

6. PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo a especificaciones que aseguren la integridad mecánica y protección de daños físicos. En caso de fugas en un lugar confinado, el riesgo de incendio o explosión es muy alto.

Precauciones en el Manejo: Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los límites recomendados. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas.

7. CONTROLES CONTRA EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles de Ingeniería: Utilice sistemas de ventilación natural en áreas confinadas, donde existan posibilidades de que se acumulen mezclas inflamables. Observe las normas eléctricas aplicables para este tipo de instalaciones (NFPA-70, "Código Eléctrico Nacional").

Equipo de Protección Personal.- Es obligatorio el uso del uniforme de trabajo durante toda la jornada:

- Casco; para la protección de la cabeza contra impactos, penetración, shock eléctrico y quemaduras.
- Lentes de seguridad; para protección frontal, lateral y superior de los ojos.
- Ropa de trabajo: Camisola manga larga y pantalón o coverall de algodón 100 % y guantes de cuero.
- Botas industriales de cuero con casquillo de protección y suela anti-derrapante a prueba de aceite y químicos.

Evite el contacto de la piel con metano en fase líquida ya que se provocarán quemaduras por congelamiento.

Protección Respiratoria: Utilizar líneas de aire comprimido con mascarilla, o aparatos auto contenidos para respiración (SCBA) ya que una mezcla aire + metano es deficiente en oxígeno y asfixiante para respirarlo. La mezcla puede ser explosiva, requiriéndose aquí, precauciones extremas, ya que al encontrar una fuente de ignición, explotará.



8. DISPOSICION DE LOS RESIDUOS

El gas natural no deja residuos.

9. INFORMACION SOBRE SU TRANSPORTACION

Nombre Comercial	Gas Natural
Identificación *DOT	1971 y 1972 (Organización de Naciones Unidas)
Clasificación de Riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1
Leyenda en la etiqueta	GAS INFLAMABLE

*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).



1971 = Número asignado por ONU al gas natural.
1972 = Número para gas natural licuado o refrigerado
2 = Clasificación de Riesgo de DOT

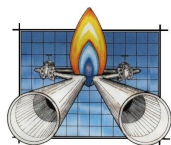
10. INFORMACION ADICIONAL

Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte de gas natural deben diseñarse, fabricarse y construirse de acuerdo a las normas aplicables y mantenerse herméticos para evitar fugas.

El suministro de gas natural, para quemarse en las fuentes fijas, se hace a través de ductos subterráneos de transporte y distribución. Se suministra en diferentes rangos de presión (de 4 a 32 kg/cm²) y temperatura (de 8a 38 °C) a la industria y a las redes de distribución comercial y doméstica, donde se utiliza en:

- Generación de energía eléctrica (termoeléctricas).
- Generación de vapor.
- Calentadores de fuego directo.
- Turbo-maquinaria (turbo-compresores, turbo-bombas, turbo-sopladores).
- Estaciones distribuidoras de gas natural para carburación de motores (tractores agrícolas, automotores, camiones, etc.). Se utilizan dos sistemas: gas natural comprimido (temperatura ambiente y presión máxima de 210 kg/cm²) y gas natural licuado a 6.3 kg/cm² y temperatura de -140°C con tanques termo.
- Usos domésticos y comerciales.
- En la industria petroquímica se utiliza principalmente como materia prima para producir amoníaco, metanol, etileno, polietileno.

Se requiere que el personal que trabaja con gas natural sea entrenado apropiadamente en los procedimientos de manejo y operación, de acuerdo a las normas aplicables. La instalación y mantenimiento de los sistemas y recipientes debe realizarse por personas calificadas y entrenadas.



CARACTERÍSTICAS CRETI

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad Química: Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

Condiciones a Evitar: Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso ya que tiene un gran potencial de inflamabilidad, así como de oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafluoruro de yodo, tetrafluoroborato de dioxigenil, oxígeno líquido, ClO_2 , NF_3 , OF_2).

Productos Peligrosos de Descomposición: Los gases o humos que produce su combustión son: bióxido de carbono y monóxido de carbono (gas tóxico).

Peligros de Polimerización: No polimeriza.

INFORMACION TOXICOLOGICA

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIO

El gas natural y las mezclas de éste con el aire ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera; en ciertas concentraciones son explosivas. En una casa, habitación, o techumbre industrial, una fuga de gas natural asciende hacia el techo, y si ésta no tiene salida por la parte más alta, se quedará atrapada como se muestra en los dibujos (abajo), parte del gas sale por las ventanas y puertas hacia la atmósfera exterior, y otra parte se queda "atrapada" en la parte inferior del techo y en el momento en que se produzca alguna chispa (al energizar algún extractor, ventilador o el alumbrado) se producirá una violenta explosión.

Punto de Flash	- 222.0 °C
Temperatura de Auto ignición	650.0°C
Límites de Explosividad:	
Inferior	4.5 %
Superior	14.5 %

Punto de Flash: Una sustancia con punto de flash de 38 °C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural (- 222.0 °C) lo hace un compuesto

Mezcla de

- Aire +
- Gas Natural

Zonas A y B: En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 14.5% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva. En la Zona Explosiva solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión.



Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas:

Punto 1 = 20% del LIE.- Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.

Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

Zona Explosiva: Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

Extinción de Incendios: Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono y aspersión de agua para las áreas afectadas por el calor o circundantes. Apague el fuego bloqueando la fuente de fuga.

INFORMACION ECOLOGICA

El gas natural es un combustible limpio, los gases producto de la combustión, tienen escasos efectos adversos en la atmósfera. Sin embargo, las fugas de metano están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero, causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera (con un potencial 21 veces mayor que el CO₂). El gas natural no contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico que responde satisfactoriamente a los requerimientos del INE, SEMARNAP y la Secretaría de Energía, así como a la normatividad que entró en vigor a partir de 1998.

V.4. Condiciones de operación

V.4.1. Condiciones de operación del ducto

Condiciones Generales de Operación y Mantenimiento

El gasoducto operará a una presión máxima de **21 kg/cm² (2,059.4 kPa)** en los 8,176 m de la tubería de 10" de Ø de A.C. del gasoducto principal y su ramal de 2" de Ø de A.C a temperatura ambiente.



La empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, será quien llevará a cabo las tareas de operación y mantenimiento del gasoducto. Esta empresa cuenta con muchos años de experiencia en la operación y mantenimiento de instalaciones de gas natural, cumpliendo con la normatividad nacional e internacional, a continuación, se describe brevemente los principales aspectos de estas operaciones:

Calidad del gas natural

La calidad del gas natural a transportar está considerada en el contrato con el proveedor del energético, bajo los parámetros de la NOM-001-SECRE-2010 Especificaciones del gas natural.

- **Odorización.** La odorización del gas está considerada para cumplimiento de la norma NOM-003-SECRE-2011 Apéndice I Odorización del gas natural.
- **Procedimientos de operación y mantenimiento.** La Comisión Reguladora de Energía es la entidad gubernamental que aprueba los procedimientos de operación y mantenimiento de **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, durante el proceso de otorgamiento del permiso de transporte.
- **Vigilancia y monitoreo de fugas.** **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, cuenta con procedimientos de vigilancia y detección de fugas a través de revisiones periódicas y monitoreo a lo largo de sus gasoductos para detectar presencia de gas en el subsuelo y en instalaciones relacionadas.
- **Válvulas y reguladores de presión.** El proyecto contempla regulación e instalación de válvulas a lo largo del sistema, que asegura el control operativo de la red y el suministro conveniente a su cliente.
- **Reparaciones y pruebas.** El gasoducto que conforma la red de transporte está bajo procedimientos que asegura reparaciones eficientes y seguras, con su prueba previa a la puesta en operación.
- **Servicios de emergencia.** **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, cuenta con un centro de recepción de reportes de emergencia que opera los 365 días del año las 24 horas del día, para atender situaciones de reportes de fuga, alarma o emergencia, para la atención inmediata con cuadrillas de personal especializado.
- **Capacitación y entrenamiento.** **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, tiene un programa de capacitación para todo su personal en actividades de operación, mantenimiento y seguridad.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, cuenta con un plan integral de seguridad y protección civil, que incluye la prevención de accidentes, programas de auxilio y recuperación y plan de emergencia.

Todo lo anterior debe ser constatado en su cumplimiento, por una Unidad de Verificación aprobada por la Comisión Reguladora de Energía, anualmente.



Operación

Los manuales de operación y mantenimiento son preparados de acuerdo con las normas NOM-003-SECRE-2011, los códigos y estándares como API, ASME B31.8, en base a la parte 192 del título 49 del Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos de América, las leyes y regulaciones mexicanas han sido base para el diseño de gasoducto de gas natural de **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.** Estos manuales están disponibles desde el primer año de operación del sistema de transporte. Serán revisados anualmente y modificados y corregidos con base a los principios de ingeniería y experiencia. El conocimiento del ramal permitirá en el futuro, mejorar consideraciones y condiciones de operación en el sistema, avances tecnológicos serán también considerados para su aplicación.

Emergencias en el gasoducto y estación de regulación y medición de gas natural

Procedimientos de emergencia son establecidos para operación segura del ramal y paro total del sistema y/o estación de regulación y medición de gas natural. También para la seguridad e integridad del personal tanto en el sitio de emergencia como en los alrededores y el entorno ecológico, en caso de falla del sistema o cualquier otra situación de emergencia. Estos procedimientos incluyen:

- Procedimientos de notificación.
- Para movilización de personal que tenga instrucción directa y maneje las situaciones de emergencia. Esto incluye notificación al personal adecuado de la compañía y a las autoridades locales (si procede) como policía, bomberos y hospitales.

Guías de seguridad para el personal

Aquí se incluyen procedimientos para asegurar el sitio de la emergencia y evaluación, procedimientos para la estación de gas y otros lugares de trabajo o de comunidades cercanas.

Procedimientos de identificación y aislamiento

Para identificar el origen del peligro, aislar la zona lo más pronto posible y minimizar los daños lo más que se pueda.

Procedimientos de restauración y reparación

Para ofrecer guía en la agilización de las reparaciones de las instalaciones, así como los servicios de orden crítico que deberán ser reparados con prioridad, y/o la restitución del entorno que requiera reparación con la mayor rapidez.

Responsabilidad con el gasoducto de interconexión o tuberías adyacentes

Procedimientos que son establecidos en conjunto con otras tuberías adyacentes o el sistema de Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., donde interconectaremos nuestro sistema de transporte, para aislarlos del peligro y/o para mantenerlos en servicio en caso de emergencia.

Prevención y control de la contaminación



Medidas de control y prevención de la contaminación serán establecidas para minimizar el efecto de la construcción de la ampliación y en la operación del sistema de distribución de gas natural. Temas de consideración en estos procedimientos incluirán lo siguiente:

La fase de construcción del nuevo gasoducto es analizada y se establecen los posibles impactos al medio durante las actividades de preparación del sitio, excavaciones, tendido de tuberías, soldado, depósito en zanja y cubierta de tuberías, definiendo su magnitud y presencia en cada fase del programa de instalación. Derivado de lo anterior se presentan las medidas preventivas y de mitigación para reducir su magnitud y se declaran los indicadores de seguimiento para asegurar su éxito, lo anterior en el estudio de Manifestación de Impacto Ambiental generado para este proyecto.

Durante la operación y mantenimiento del proyecto, el posible impacto al medio ambiente es mínimo, resultando ser el más riesgoso las posibles fugas del gas con sus consecuencias de afectación por incendio o explosión.

Detección de fugas

Procedimientos que son incluidos en el manual informan el método de detección por medio de explosímetro, donde personal calificado efectúa recorridos frecuentes sobre el derecho de vía, siguiendo la trayectoria del ramal y usando el equipo de detección, estos procedimientos tienen lo siguiente en consideración:

- Áreas de densa población deben ser inspeccionadas con mayor frecuencia.
- Caminos más frecuentados, cruzamientos y válvulas serán inspeccionadas en forma regular.
- Las estaciones de medición y regulación serán detectadas con mayor frecuencia.
- Otras áreas urbanas y no pobladas pueden ser inspeccionadas con menor frecuencia.

Identificación de instalaciones, señalización y facilidades

Procedimientos de diseño y adecuación de simbología y señalización que permiten identificar y localizar la tubería, son implementados con la finalidad de reducir probabilidad de siniestro o daños ocasionados por terceros a las instalaciones del sistema de transporte. Estos procedimientos consideran lo siguiente:

Diseño de letreros de identificación

Aquí se toma en cuenta el incluir toda la información pertinente que tenga relación con números de emergencia, autoridades o áreas a quien informar, enunciados indicando la presencia de tubería de gas a presión enterrada para evitar excavaciones y alguna otra información relacionada a la seguridad, identificación, información de la presencia del tubo y localización.

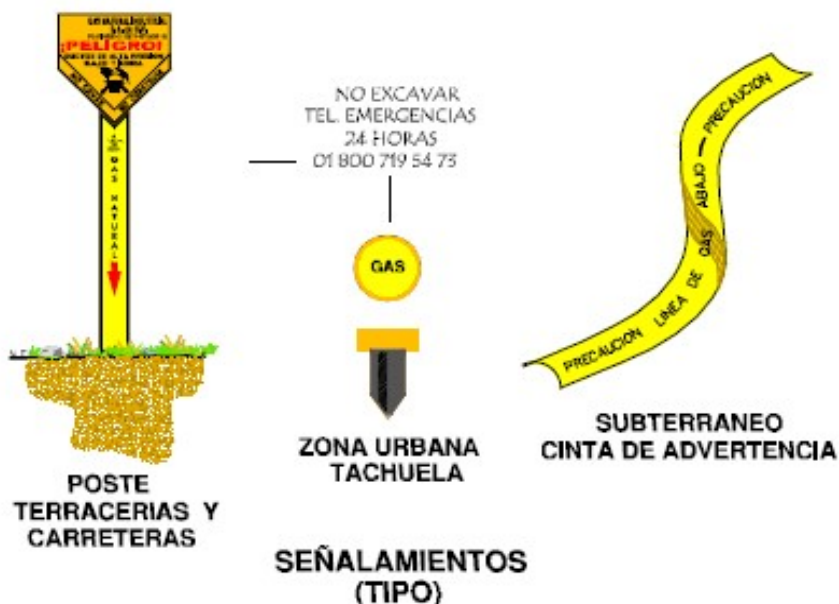
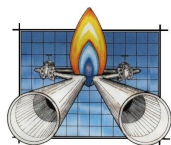


Figura 114. Letreros de identificación para prevención de riesgos.

Localización de letreros y anuncios

Los avisos son colocados a lo largo de la trayectoria del sistema de transporte, sobre el derecho de vía y lo más visible que sea posible, considerando las zonas estratégicas conforme a continuación se indica:

- Caminos, carreteras y cruzamientos del derecho de vía.
- Corredores de servicio.
- Zonas de urbanización probable.
- Actividades de construcción.
- Sistemas de drenaje.
- Sistemas de irrigación.
- Cruzamiento de mantos acuíferos.
- Cruzamientos aéreos.
- Otros de ser necesario.

Montaje de anuncios y letreros

Los postes y signos son inspeccionados periódicamente para asegurar con mantenimiento que sean siempre visibles y legibles, debiendo localizarse conforme a lo establecido en el diseño de colocación.



Inspección y mantenimiento del derecho de vía

Patrullaje de la trayectoria de la tubería. La tubería es recorrida periódicamente para la observación de condiciones anormales de la superficie del derecho de vía y terrenos adyacentes, indicación de las fugas, actividades de construcción propias y ajenas en la zona, y otras condiciones que pudiesen afectar la operación de seguridad del sistema, con los reportes se podrán tomar las medidas que se consideren necesarias. Se tiene atención particular con lo siguiente:

- Actividades de construcción.
- Operaciones de riesgo en la zona.
- Erosión del terreno.
- Actividades sísmicas.
- Cruzamientos de lechos acuíferos.
- Accidentes vehiculares en los caminos donde se ha tomado el derecho de vía.

La frecuencia de Patrullaje es determinada considerando los siguientes factores:

Presión de operación:

- Dimensiones de las tuberías.
- Densidad de la población.
- Características del terreno.
- Clima.

Control de la vegetación

Son provistos procedimientos que permitan tranquilidad, para controlar la vegetación en el derecho de vía. Esto incluirá todo lo relacionado a mantenimiento de la resistividad del terreno y verificación de que exista clara visibilidad desde el aire y tierra del derecho de vía y trayectoria del ramal, así como la facilidad de acceso para las cuadrillas de mantenimiento.

Control de la erosión

Las técnicas de control de la erosión son muy variadas y van de acuerdo a las características geológicas y vegetación de la zona. Leyes y regulaciones del medio ambiente son también factores a considerarse. Los procedimientos proveen guías al personal para aplicar el control de la erosión y técnicas de reparación del terreno.

Mantenimiento de cruzamientos

Son provistas instrucciones de inspección y mantenimiento de los cruzamientos de la tubería para:

- Servicios principales
- Servicios alternos
- Atención inmediata a eliminar interferencias eléctricas, mecánicas o de cualquier otra índole.



Otras tuberías y conductores o cables

Interferencias entre el sistema de protección catódica y otras tuberías y cables deberán revisarse periódicamente para asegurar la efectividad y correcto funcionamiento del sistema de protección catódica.

Cruzamientos profundos

Aquí se pone especial interés en la inspección periódica para verificar que el terreno se encuentre en condiciones óptimas, evitar la acumulación de residuos de cualquier índole y cualquier otra situación que pudiese afectar la integridad y seguridad del cruzamiento.

Cruzamientos temporales

Cuando se requiera cruzamientos temporales serán efectuados con la finalidad de proteger la tubería de daños posibles por el paso de vehículos pesados que la crucen.

Instrucciones serán provistas para el diseño de diferentes cruzamientos temporales, como cruces carreteros, cruces de cauces hídricos, cruces de vialidades en zona urbana, o cruces de vías de FFCC.

Válvulas de Seccionamiento

El sistema de gas natural cuenta con diversas válvulas de seccionamiento: En cada punta del gasoducto se considera una válvula de bloqueo con brida ciega y en cada intersección que se dispone para clientes que utilizarán gas natural para sus instalaciones. Esta disposición de válvulas obedece principalmente a las necesidades operativas del sistema, los espaciamentos entre éstas son requerimientos establecidos por la norma.

La operación de los gasoductos es continua y permanente, ajustándose los flujos a los requerimientos del energético de sus asociados en el área.

El sistema de transporte de gas natural cuenta con la tubería principal de 10" de Ø de A.C. y sus ramales de 2" de Ø de A.C. y de 8" y 6" de Ø de P.E.A.D. que cuenta con 2 Estaciones de Regulación (ER), 3 Estaciones de Regulación y Medición (ERM) y 1 Válvula de seccionamiento (V.S.), a lo largo de los 14.739 km de longitud del gasoducto.

OTROS INSUMOS

Sustancias no peligrosas

A continuación, se menciona el equipo y sustancias no peligrosas a utilizar durante la etapa de operación y mantenimiento del ducto.

Tabla 5.5. Equipo y sustancias no peligrosas a usar.



MATERIAS PRIMAS	CONSUMO	UNIDADES	ESTADO FÍSICO
Tuberías	14.739	Km	Sólido
Válvulas de seccionamiento	1	pzas	Sólido
Filtros	3	pzas	Sólido
Sistemas de medición de flujos y presiones ER's	2	pzas	Sólido
Sistemas de medición de flujos y presiones para clientes ERM's	3	pzas	Sólido
Válvulas de seguridad	2	pzas	Sólido
Manómetros	6	pzas	Sólido

Sustancias peligrosas

Durante las etapas de preparación del sitio e instalación del sistema para transporte de gas natural en Hermosillo, Sonora, el material y sustancias peligrosas a utilizar serán las que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.6. Materiales, sustancias peligrosas y consumos en etapa de operación y mantenimiento.

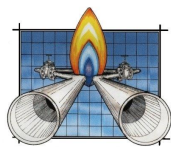
MATERIAS PRIMAS	NOMBRE TÉCNICO	CONSUMO	UNIDADES	ESTADO FÍSICO	CARACTERÍSTICA CRETIB
Gas natural (Capacidad del sistema)	Metano	5,144	m³/h	Gaseoso	I, E
Pinturas	Esmalte	1	l/año	Líquido	T, I
Solventes	Thinner	1	l/año	Líquido	T, I
Aceites	Lubricantes	1	l/año	Líquido	T
Estopa contaminada	Estopa	1	Kg/año	Sólido	T, I
Brochas	Brochas	2	Piezas	Sólido	T, I

* Característica CRETIB: **C** = Corrosivo, **R** = Reactivo, **E** = Explosivo, **T** = Tóxico, **I** = Inflamable, **B** = Biológico infeccioso.

** La capacidad de transporte de gas natural del sistema, con la ampliación realizada de acuerdo a esta MIA, deberá de apegarse a las especificaciones contenidas en el Título de permiso otorgado por la Comisión Reguladora de Energía.

Los materiales sobrantes se depositarán en el almacén de Sustancias y Residuos Peligrosos, a construirse en las oficinas temporales de **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, o en los espacios destinados para ello en las oficinas de la empresa ubicadas en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera



El proyecto, durante su operación, no generará residuos derivados del transporte de hidrocarburos, debido a que la operación del sistema no contempla el purgado. Durante el mantenimiento del gasoducto, puede generarse una pequeña cantidad de residuos peligrosos, principalmente latas de pinturas vacías, estopas impregnadas con grasa o solvente, etc. Por este motivo **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.** se registrará como microgenerador de residuos peligrosos, contando con un área de almacenamiento temporal en sus oficinas de obra que serán ubicadas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, conforme al artículo 83 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

De la misma manera, en las labores de construcción de este nuevo gasoducto se generará una pequeña cantidad de residuos no peligrosos, mismos que se dispondrán en el relleno sanitario municipal más cercano, según el sitio del gasoducto en que se esté trabajando conforme al avance de obra, para lo cual el residente de obra se encargará de ir gestionando con tiempo el contrato o la forma de relación con estas dependencias para resolver el problema de los residuos, sin contaminar el entorno.

De manera general, puede afirmarse que no se generaran emisiones a la atmósfera de manera constante ni conducida. Las únicas emisiones que pueden generarse son emisiones fugitivas originadas por una posible fuga de gas natural.

Durante la operación y mantenimiento, se generarán emisiones a la atmósfera en forma moderada por los vehículos de transportación del personal para dar el mantenimiento a lo largo de todos los ramales del gasoducto.

Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Los residuos de todo tipo generados durante la etapa de preparación del sitio y construcción serán transportados por el personal de construcción a los almacenes temporales que se edificarán en los campamentos de obra. Los residuos sólidos municipales se dispondrán de forma final contratando los servicios de recolección del municipio de Hermosillo, Sonora, para depositarlos en los rellenos sanitarios existentes.

Los residuos de todo tipo generados durante la etapa de operación y mantenimiento serán transportados por el personal de mantenimiento a las oficinas generales de la empresa ubicadas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, donde se depositarán para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos y de manejo especial, como ya se ha descrito, conforme al artículo 83 del Reglamento de la LGPGIR.

Para la disposición final de los residuos peligrosos y de manejo especial del actual proyecto y de su operación y mantenimiento se hará mediante la contratación con una empresa autorizada que pase por los residuos a las oficinas generales de la empresa. Se les llamará una vez que se haya acumulado suficiente cantidad para llevárselos y depositarlos en un confinamiento registrado, o mínimo a los 6 meses de tiempo máximo de almacenamiento, como marcan las normas vigentes.

Pruebas de verificación



Las verificaciones realizadas por las Unidades de Verificación contemplan el diseño, los materiales y equipos, la construcción y pruebas, la operación, el mantenimiento y la seguridad de la tubería de transportación de gas natural.

La obligatoriedad de la realización de verificaciones a cumplimiento de la normatividad que aplica a las redes de transporte de hidrocarburos (gasoducto), emana del título de permiso con que cuenta el distribuidor otorgado por la Comisión Reguladora de Energía. En dicho título se obliga al distribuidor a la inspección y verificación de sus actividades de operación y mantenimiento a través de una Unidad de Verificación acreditada, y de la misma forma todas las adiciones, cambios o reposiciones de la red deben de contar con un dictamen de una Unidad de Verificación acreditada, previo a la puesta en operación de cada modificación a la instalación.

La revisión sobre el diseño abarca la memoria de cálculo del proyecto, la determinación de espesores y diámetros de tubería en función de los niveles de presión de la estación y las caídas de presión a demanda máxima.

La verificación de materiales y equipos utilizados comprueba que éstos sean aprobados por las normas y se ratifica que sus especificaciones concuerden con las condiciones a que estarán sometidos durante la operación del sistema.

Durante la construcción, la verificación abarca la vigilancia de los requisitos estipulados en el diseño, el cumplimiento de profundidades, cruces especiales, radiografiado, etc., y la realización de todas las pruebas que las propias normas aplicables estipulan en esta fase.

Pruebas de hermeticidad

Las pruebas de hermeticidad del gasoducto deberán de cumplir el Numeral 10. Pruebas de presión, de la NOM-007-SECRE-1999 y deberán de ser dictaminadas por una Unidad de Verificación.

Pruebas no destructivas

Las pruebas no destructivas a realizar en el ducto obedecen a la realización de la inspección de las juntas en la tubería mediante soldadura, la norma NOM-003-SECRE-2011 en su apartado 11, establece el tipo y características de dichas pruebas.

El procedimiento que se utilice para la operación de soldadura en el ducto debe ser calificado y certificado, mediante pruebas destructivas y no destructivas, para asegurar que las soldaduras tengan propiedades mecánicas apropiadas para la tubería y accesorios.

Para servicio no amargo, la calificación de los procedimientos de soldadura debe realizarse de acuerdo a lo establecido en el API STANDARD 1104 o equivalente.

Otras pruebas

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., también contempla otras pruebas a realizar al gasoducto previo a la puesta en operación del sistema, dichas actividades involucran acciones de limpieza y



soplado de las tuberías, con la finalidad de desplazar materiales extraños que pudieran obstaculizar equipos o accesorios del sistema. Adicionalmente se establece el monitoreo de fugas en la entrada en operación y la comprobación de los potenciales eléctricos de la protección anticorrosiva.

V.4.2. Características de la instrumentación y control

Estaciones de Regulación

MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN (ER).

Las consideraciones para el diseño de la estación están basadas en la NOM-007-SECRE-1999, Transporte de gas natural.

Aunado a lo anterior se menciona que el desarrollo del diseño de esta estación de regulación, se consideraron varios factores de seguridad primordiales para la operatividad de la misma los cuales por mencionar algunos son:

Porcentaje excedente por seguridad en el espesor de las tuberías de acero, factores de diseño de clase 4 que son los más estrictos, 4 pasos redundantes de seguridad en la instrumentación en cascada de los reguladores en arreglo working – monitor con slam shut, válvulas de bloqueo y disparo, juntas dieléctricas y recubrimientos epóxicos para evitar la corrosión.

OBJETIVO DE LA ER (ESTACIÓN DE REGULACIÓN)

Brindar el servicio de recepción, acondicionamiento y regulación de la presión de gas natural de manera confiable y segura para cualquier condición de uso del combustible cumpliendo con la presión requerida.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN

Se inicia con la instalación de una válvula de esfera de DN 100 mm (4" de Ø) de cuerpo bridado en ANSI 300, la cual está unida a una derivación del gasoducto principal a una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, entre la válvula y la brida lleva una junta aislante pikotek de DN 100 mm (4" de Ø) en ANSI 300 para proteger a la estación eléctricamente; aguas abajo de la válvula se encuentra con una brida cuello soldable de acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) de tipo RF en ANSI 300 ced. 40, la cual se suelda a una tee soldable de acero al carbón de DN 100 mm X 100mm X 100 mm (4" x 4" x 4" de Ø) ced. 40 por un extremo recto lateral a la cual llamaremos **TEE 1**, en la que por su extremo recto lateral restante se deriva el "By Pass" (desvío) general que se describirá más adelante.

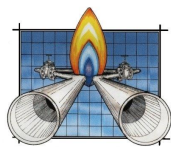
Por el extremo central de la TEE 1 estando en posición horizontal y apuntando hacia arriba, se suelda un pequeño carrete de acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) ced. 40 en posición vertical, al cual le continúa una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 100 mm (4" de



Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, posteriormente se tiene una válvula de esfera de DN 100 mm (4" de Ø) de cuerpo bridado en ANSI 300 accionada por palanca, unida a otra brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) tipo RF en ANSI 300, seguido se coloca un filtro coalescedor modelo FF4-801-300ESP90 con elemento filtrante FCG-153-432 en posición horizontal cuya entrada y salida forman un ángulo en 90°, la entrada en la parte inferior bridada tipo RF de DN 100 mm (4" de Ø) en ANSI 300, y salida lateral bridada tipo RF de DN 100 mm (4" de Ø) en ANSI 300, que se conecta a una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, que se une a una reducción soldable de acero al carbón de DN 100 mm X 50 mm (4" x 2" de Ø) ced. 40. Enseguida de la reducción se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, luego un regulador con slam shut Mooney modelo SG-17 de cuerpo bridado de DN 50 mm (2" de Ø) en ANSI 300, al cual le continúa una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, seguida de un codo de acero al carbón en DN 90° X 50 mm (90° x 2" de Ø) ced. 40, inmediatamente del codo le sigue un carrete de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) ced. 40 en el cual se encuentran dos insertos de 12.7 mm (½" de Ø), el primero con posición vertical, se le instala una válvula de aguja roscada de 12.7 mm (½" de Ø) y un manómetro con carátula de DN 80 mm (3" de Ø) de rango 0-14 Kg/cm², el segundo inserto en posición horizontal, perpendicular al primero se le instala una válvula de esfera roscada de 12.7 mm (½" de Ø) de paso completo con ¼ de vuelta, aguas abajo del carrete se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, seguida de un Regulador Mooney Mod. FG-30 de cuerpo bridado tipo RF de DN 50 mm (2" de Ø) en ANSI 300, posteriormente se tiene otra brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, seguida por dos reducciones soldables de acero al carbón en ced. 40, la primera de DN 100 mm X 50 mm (4" x 2" de Ø) y la segunda de DN 150 mm X 100 mm (6" x 4" de Ø), seguidas de un carrete de tubería de acero al carbón de DN 100 mm (6" de Ø) en ced. 40, en el cual se coloca un inserto de 12.7 mm (½" de Ø) donde se le instala una válvula de esfera roscada de 12.7 mm (½" de Ø) de paso completo con ¼ de vuelta, para el desfogue.

Enseguida del carrete, se le suelda en sentido del flujo una tee de acero al carbón de DN 150 mm X 150 mm X 150 mm (6" x 6" x 6" de Ø) en ced. 40 por un extremo recto lateral a la cual llamaremos **TEE 2**, y por su extremo recto lateral restante se le suelda un tapón soldable de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40, y por su extremo centro apuntando hacia abajo se continua en posición vertical un carrete de tubería de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40, en el cual se encuentran 4 insertos de 12.7 mm (½" de Ø), los tres primeros insertos conectan las señales neumáticas de los reguladores, y el cuarto inserto perpendicular a los tres anteriores, se le instala una válvula de aguja roscada de 12.7 mm (½" de Ø) seguida de un manómetro indicador de presión con carátula de DN 80 mm (3" de Ø) de rango 0-14 Kg/cm².

Posteriormente, al carrete de tubería se le suelda una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) tipo RF en ANSI 150 ced. 40 seguida de una válvula de mariposa de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) en ANSI 150 accionada por palanca, seguida de otra brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) tipo RF en ANSI 150 ced. 40, la cual se une a una tee soldable de acero al carbón de DN 150 mm X 150 mm X 150 mm (6" x 6" x 6" de Ø) ced. 40, por su extremo central, a la cual llamaremos **TEE 3**.

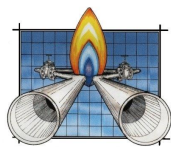


Regresando a la **TEE 1**, por su extremo recto lateral restante en posición horizontal se deriva el By Pass general que se describe a continuación; seguido de la **TEE1** se coloca una reducción soldable de acero al carbón de DN 100 mm X 50 mm (4" x 2" de Ø) ced. 40, seguido de un carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) en ced. 40, al cual se le sueldan dos insertos de 12.7 mm (½" de Ø), donde al primero de ellos se le instala una válvula de aguja roscada de 12.7 mm (½" de Ø) y un manómetro indicador de presión con carátula de DN 80 mm (3" de Ø) de rango de 0 – 35 Kg/cm², y al segundo inserto perpendicular al primero se le coloca una válvula de esfera roscada de 12.7 mm (½" de Ø) de paso completo con ¼ de vuelta, para el desfogue; siguiendo con el carrete le continúa una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, después de la brida se encuentra una válvula de esfera de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø), cuerpo bridado, de paso completo en ANSI 300 y accionada por palanca, seguida de otra brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, a la que inmediatamente se le suelda a un codo de acero al carbón en DN 90° X 50 mm (90° x 2" de Ø) de ced. 40, continuando con un pequeño carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) ced. 40, el cual se suelda a una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, después se encuentra una válvula de globo DN 50 mm (2" de Ø) de cuerpo bridado en ANSI 300 accionada por volante, seguida de otra brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 ced. 40, seguida de una reducción soldable de acero al carbón de DN 100 mm X 50 mm (4" x 2" de Ø) ced. 40, seguida de otra reducción soldable de acero al carbón de 150 mm X 100 mm (6" x 4" de Ø) ced. 40, continuando con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40 en el cual se sueldan dos insertos de 12.7 mm (½" de Ø). Al primero de ellos se le instala una válvula de aguja de 12.7 mm (½" de Ø) y un manómetro indicador de presión con carátula de DN 80 mm (3" de Ø) de rango de 0-14 Kg/cm², el segundo inserto perpendicular al primero se le instala una válvula de esfera de 12.7 mm (½" de Ø) de paso completo con ¼ de vuelta para el desfogue. Aguas abajo del carrete de tubería se une con un extremo recto lateral de la **TEE 3** antes descrita, y por su extremo recto lateral restante en posición horizontal se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) tipo RF en ANSI 150 ced. 40 la cual da salida al flujo del gas natural.

FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN (ER).

FUNCIONES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN.

- Recepción de gas proveniente del gasoducto de una manera confiable y segura.
- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes equipos y sistemas que lo manejan.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ESTACIÓN DE REGULACIÓN para cualquier condición de uso del combustible.



ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN (ER):

Dos Válvulas de esfera de paso completo en acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) ANSI 300 bridada RF, accionada por palanca, de tres piezas, guiada, lubricable.

Filtro Coalescente de DN 100 mm (4" de Ø) de 90° en ANSI 300 marca IEFSA: Modelo FF4-108-300ESP90 elemento filtrante FCG-153-432, con estampado ASME.

Regulador con Slam Shut Mooney Bridado RF de DN 50 mm (2" de Ø) en ANSI 300, Mod. SG-30, con platos al 35%, 50%, 75% y 100% ranurados, diafragma 75 durometer, filtro tipo 30, controladores tipo B serie 50D (Función Dual), con resortes para corte por alta presión color púrpura, rango 90 - 175 PSI y corte por baja presión color azul, rango 40 - 90 PSI, para proteger la instalación por eventos que pueden ocasionar una condición insegura corriente abajo de la ER.

Regulador Mooney Bridado RF de DN 50 mm (2" de Ø) en ANSI 300 Modelo FG-30 con platos ranurados al 35%, 50%, 75% y 100% de la capacidad del regulador.

Válvula de esfera de paso completo en acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) ANSI 300 bridada RF, accionada por palanca, de tres piezas, guiada, lubricable.

Válvula de globo DN 50 mm (2" de Ø) ANSI 300 bridada RF, accionada por volante.

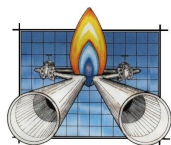
Válvula de mariposa de acero al carbón de DN 150 mm (6" ANSI 150) accionada por palanca.

FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA ER.

El gas natural entrará a la ER por medio de un tubo de DN 100 mm (4" de Ø) que va soldado a una brida de DN 100 mm (4" de Ø), la cual va unida a una válvula de esfera de paso completo de DN 100 mm (4" de Ø), entre esta brida y la válvula se encuentra una junta aislante para proteger a la estación eléctricamente.

Aguas abajo de la válvula se llega a una tee por la cual puede fluir el gas por dos secciones diferentes, hacia el tren de filtración y regulación y hacia el "by pass" (desvío) general. Continuando en posición vertical hacia arriba, se filtrará el gas mediante un filtro coalescedor de DN 100 mm (4" de Ø) en 90°, para lograr la filtración adecuada en la operación de los equipos delicados como los pilotos de los reguladores. El filtro coalescente con conexiones de DN 100 mm (4" de Ø) a la entrada y a la salida, utilizará cartuchos desechables que retienen las partículas sólidas y líquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%. Con el paso del tiempo y el aumento de impurezas retenidas, el cartucho se va saturando y la caída de presión inicial comienza a ser cada vez mayor, lo cual es un indicativo de que se debe reemplazar el cartucho. Y se cuenta con un manómetro de presión diferencial instalado en el filtro, para monitorear las condiciones de operación del filtro coalescente, se cuenta además antes del sistema de filtración un manómetro de presión para poder indicar la presión de entrada de gas de la ER.

Aguas abajo de este filtro se encuentra el primer regulador con válvulas de corte automático (slam shut) para corte en alta y baja presión (regulador monitor), operado con un piloto, el cual es utilizado para vigilar el desempeño del regulador trabajador operado por un piloto, para que, en



caso de falla de éste, el regulador monitor tome el control total de la presión de operación .

Enseguida se encuentra el regulador trabajador operado por un piloto cuya función es la regulación del sistema para entregar el gas a la presión requerida a la salida de la estación.

El Regulador con válvulas de corte automático esta calibrado para corte por alta presión a 9 Kg/cm² (128 Psi), y corte por baja presión calibrado a 4.5 Kg/cm² (64 Psi), y el piloto de este regulador calibrado a 7.5 Kg/cm² (106.68 Psi), posterior al slam shut se continua con un Regulador el cual estará en operación regulando a 7 Kg/cm² (99.56 Psi).

Es decir que su funcionamiento será como se describe a continuación, si en fase de regulación llegara a fallar el regulador y/o trabajador, el regulador No. 1 tomará el control de la presión con el piloto del regulador monitor; La regulación se seguirá realizando en una sola fase con el regulador 1 bajando la presión a 7.5 Kg/cm² que es la presión del monitor, y el piloto que estaba como monitor será el trabajador. Si por encima de eso, de la misma manera fallara el regulador monitor (ahora trabajador) y sobrepase la presión a la cual esta calibrado, la presión seguiría incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrado el modulo por corte por alta presión 9.0 kg/cm² (128 PSI). Ésta automáticamente se accionará para asegurar que no se tenga una sobre presión en todo el sistema y se cortará el flujo de gas a la red general.

Después de la fase regulación se encuentra una Tee donde se direcciona el flujo hacia la salida de la estación, continuando con un carrete con 3 insertos los cuales realizan la función de la señal neumática las cuales van dirigidas hacia los pilotos de los reguladores y hacia el módulo de las válvulas de corte automático, aguas abajo del carrete se encuentra una válvula de mariposa la cual da paso al flujo de gas natural hacia una Tee donde se direcciona el flujo en posición horizontal a la que se le suelda una brida que dará la salida del gas natural.

Regresando a la válvula de entrada y siguiendo en dirección horizontal, se encuentra el by pass general, el cual entrará en funcionamiento cuando se le estén realizando mantenimientos a los equipos ya sea de filtración y/o regulación; El by pass general está compuesto por una válvula de esfera de paso completo accionada por palanca que abre para dejar fluir el gas natural, posteriormente se tiene una válvula de globo accionada por volante para controlar el flujo de gas, la cual se une a un carrete de tubería en el que se encuentra un manómetro para estar controlando el flujo de gas que se esté entregando a la salida de la estación, aguas abajo del carrete, se suelda una tee por su extremo recto, la cual se une asimismo por su otro extremo recto a la brida que da salida al flujo de gas natural a la red general.

Tabla 5.7. Materiales de la Estación de Regulación (ER).

No.	CANT.	UNIDAD	CONCEPTO
1	1	Kit.	Junta Aislante Pikotek de DN 100 mm (4" de Ø) en ANSI 300
2	1	Kit.	Junta Aislante Pikotek de DN 150 mm (6" de Ø) en ANSI 150
3	4	Pza.	Reducciones Soldables de acero al carbón de DN 100 mm X 50 mm (4" X 2" de Ø) ced. 40



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuicola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

No.	CANT.	UNIDAD	CONCEPTO
4	2	Pza.	Reducciones Soldables de acero al carbón de DN 150 mm X 100 mm (6" X 4" de Ø) ced. 40
5	2	ml	Tubería API 5L Grado "B" con costura de DN 50 mm (2" de Ø) ced. 40
6	3	ml	Tubería API 5L Grado "B" con costura de DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40
7	4	Pza.	Bridas de cuello soldable tipo RF de DN 100 mm (4" de Ø) ANSI 300 ced. 40
8	8	Pza.	Bridas de cuello soldable tipo RF de DN 50 mm (2" de Ø) ANSI 300 ced. 40
9	4	Pza.	Bridas de cuello soldable tipo RF de DN 150 mm (6" de Ø) ANSI 150 ced. 40
10	6	Pzas.	Junta flexitalic de DN 100 mm (4") en 300 ANSI
11	10	Pza.	Junta flexitalic de DN 50 mm (2") en 300 ANSI
12	5	Pza.	Junta flexitalic de DN 150 mm (6") en 150 ANSI
13	2	Pza.	Manómetros de DN 80 mm (3") de carátula con glicerina, rango de 0 – 35 Kg/cm ² con conexión inferior de 12.7 mm (½") NPT
14	2	Pza.	Manómetros de DN 80 mm (3") de carátula con glicerina, rango de 0 – 14 Kg/cm ² con conexión inferior de 12.7 mm (½") NPT
15	1	Pza.	Manómetros de presión diferencial de 0 – 25 PSI con conexión de 12.7 mm (½") NPT. Para trabajo en ANSI 300
16	2	Pza.	Codo de DN 90° X 50 mm (90° X 2" de Ø) en acero al carbón ced. 40
17	1	Pza.	Codo de DN 90° X 150 mm (90° X 6" de Ø) en acero al carbón ced. 40
18	1	Pza.	Tee soldable de acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) ced. 40
19	2	Pza.	Tee soldable de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40
20	1	Pza.	Tapón soldable de acero al carbón de DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40
21	1	Pza.	Regulador Slam Shut Mooney Bridado RF de DN 50 mm (2") ANSI 300, Mod. SG-30, con platos al 35%, 50%, 75% y 100% slotted, diafragma 75 durometer, filtro tipo 30, controladores tipo B serie 50D (Dual Function), con resortes para corte por alta presión color púrpura, rango 90 - 175 PSI y corte por baja presión color azul, rango 40 - 90 PSI.
22	1	Pza.	Regulador Mooney Bridado RF de DN 50 mm (2") ANSI 300 Modelo FG-30 con platos ranurados al 35%, 50%, 75% y 100% de la capacidad del regulador.
23	2	Pza.	Pilotos serie 20, con resorte color morado de rango de 60 – 200 PSIG
24	1	Pza.	Pilotos serie 20, con resorte color negro de rango de 100 – 260 PSIG
25	10	ml.	Tubing de acero inoxidable de pared gruesa de 12.7 mm (1/2" de Ø)
26	2	Pza.	Válvula de esfera de paso completo en acero al carbón de DN 100 mm (4" de Ø) ANSI 300 bridada RF, accionada por palanca, de tres piezas, guiada, lubricable.
27	1	Pza.	Válvula de esfera de paso completo en acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) ANSI 300 bridada RF, accionada por palanca, de tres piezas, guiada, lubricable.
28	1	Pza.	Válvula de globo DN 50 mm (2" de Ø) ANSI 300 bridada RF, accionada por volante.
29	1	Pza.	Válvula de mariposa de acero al carbón de DN 150 mm (6") ANSI 150 accionada por palanca.
30	1	Pza.	Filtro de DN 100 mm (4" de Ø) de 90° en ANSI 300 marca IEFSA: Modelo FF4-108-300ESP90 elemento filtrante FCG-153-432, con estampado ASME.
31	7	Pza.	Válvulas de aguja de acero inoxidable de 12.7 mm (½") NPT para toma de presión 6000 PSI
32	4	Pza.	Válvulas de bola de acero inoxidable de 12.7 mm (½") NPT para toma de presión y venteo 6000 PSI
33	2	Pza.	Válvula de bola de acero inoxidable de DN 25 mm (1") NPT para toma de presión y venteo 6000 PSI. (Drain y venteo en Filtro).
34	8	Pza.	Tapones macho roscados de acero inoxidable ced. 40 para válvulas de venteo de 12.7 mm (½") NPT
35	4	Pza.	Tapones macho roscados de acero inoxidable ced. 40 para válvulas de venteo de DN 25 mm (1") NPT
36	12	Pza.	Niple de 12.7 mm (½") NPT X 50.8 mm (2") de largo de acero inoxidable ced. 40



No.	CANT.	UNIDAD	CONCEPTO
37	4	Pza.	Niple de DN 25 (1") NPT X 50 mm (2") de largo de acero inoxidable ced. 40
38	2	Pza.	Teés roscadas ced. 80 de acero inoxidable de 12.7 mm (½") NPT
39	10	Pza.	Conector recto de Acero Inoxidable de 12.7 mm (½") Ø roscado NPT a 12.7 mm (½") Ø tubing
40	10	Pza.	Conector 90° de Acero Inoxidable de 12.7 mm (½") Ø roscado NPT a 12.7 mm (½") Ø tubing
41	12	Pza.	Thredolet de 12.7 mm (½") NPT de acero al carbón, ced. 40
42	42	Pza.	Espárragos tropicalizados de 19.05 mm (¾" de Ø) X 107.95 mm (4 ¼") de largo con dos tuercas cada uno. Para bridas RF de DN 100 mm (4") 300 ANSI
43	66	Pza.	Espárragos tropicalizados de 15.875 mm (5/8" de Ø) X 82.55 mm (3 ¼") de largo con dos tuercas cada uno. Para bridas RF de DN 50 mm (2") 300 ANSI
44	10	Pza.	Espárragos tropicalizados de 19.05 mm (¾" de Ø) X 95.25 mm (3 ¾") de largo con dos tuercas cada uno. Para bridas RF de DN 150 mm (6") 150 ANSI
45	10	Pza.	Espárragos tropicalizados de 19.05 mm (¾" de Ø) X 165.1 mm (6 ½") de largo con dos tuercas cada uno. Para bridas RF de DN 150 mm (6") 150 ANSI

1.5. MEMORIA DE CÁLCULO.

1.5.1. CÁLCULO DE DIÁMETROS Y VELOCIDADES.

Determinación del flujo de diseño para la ER.

Pipe Flow...

Pipe Data...

Diameter: 6"Ø/PESDR11 (Inches)

Length: 600 (Meters)

Efficiency: 0.92 (Decimal)

Roughness: 0

Flow: 5144 (M³/hr)

Equation: Panhandle-B

Compressibility: None

End Conditions...

In Pressure: 99.56 (Psi)

Out Pressure: 96.99 (Psi)

In Elevation: 42 (Meters)

Out Elevation: 42 (Meters)

In Temp: 18 (Celsius)

Out Temp: 18 (Celsius)

Calculate

Calculated Values...

Inside Diameter: 5.421 Inches

Pressure Drop: 2.57 Psi

Compressibility: 1.000000

Atmospheric P: 14.67 Psi

Line Volume: 71.450 M³

Velocity: 12.000 Meters/sec

Buttons: Swap Pressures, Base Conditions, Get, Save, Print, Close

Con el cálculo anterior determinamos el máximo flujo que podrá soportar una tubería de DN 150 mm (6" de Ø) de PEAD. Con este mismo flujo se realizará el diseño de la Estación de Regulación.

1.5.2. CÁLCULOS DE CONDICIONES DE OPERACIÓN, DIÁMETROS Y VELOCIDADES DE LA ER.

1.5.2.1 CÁLCULO DE CASO CRÍTICO (MÍNIMA PRESIÓN – MÁXIMO FLUJO)



CALCULO ER TIPO

CONDICIONES DE OPERACIÓN.

$P_{in\ max}$	=	20.59 Bar	21.00 Kg/cm ²	298.69 Psig	2060.1 kpa
$P_{in\ min}$	=	13.73 Bar	14.00 Kg/cm ²	199.13 Psig	1373.4 kpa
$P_{out\ max}$	=	6.86 Bar	7.00 Kg/cm ²	99.56 Psig	686.7 kpa
$P_{out\ min}$	=	5.39 Bar	5.50 Kg/cm ²	78.23 Psig	539.55 kpa

$$Q_{max} = 5,144.00 \text{ SCMH} = 4.36 \text{ MMSCFD}$$

$$P_{atm} = 14.67 \text{ Psia} \quad \text{Elevación (m.s.n.m.):} \quad 42$$

DIAMETROS Y VELOCIDADES.

Utilizando la Ecuación de Continuidad de la Mecánica de Fluidos obtenemos las velocidades de entrada y salida en la Estación de Regulación.

$$Q = v \cdot A$$

Donde:

Q → Flujo
v → velocidad
A → Área

Línea de Filtración y Regulación

ENTRADA

$$Q_{act\ in} = Q_{s\ max} \left(\frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{in\ min} + P_{atm})(293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ in} = 339.81 \text{ ACMH}$$

$$D_{in} \geq \left(\sqrt{\frac{Q_{act\ in}}{0.785 \cdot v(m/s) \cdot 3,600}} \right) \left(\frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 20 \text{ m/s}$$

Diámetro de entrada requerido:

$$D_{in} \geq 3.053 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de entrada

$$\begin{aligned} DN_{in} &= 4'' \emptyset \quad \text{CED 40} \\ D_{int\ in} &= 4.030 \end{aligned}$$

SALIDA

$$Q_{act\ out} = Q_{s\ max} \left(\frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{out\ min} + P_{atm})(293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ out} = 782.06 \text{ ACMH}$$

$$D_{out} \geq \left(\sqrt{\frac{Q_{act\ out}}{0.785 \cdot v(m/s) \cdot 3,600}} \right) \left(\frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 20 \text{ m/s}$$

Diámetro salida requerido:

$$D_{out} \geq 4.631 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de salida

$$\begin{aligned} DN_{out} &= 6'' \emptyset \quad \text{CED 40} \\ D_{int\ out} &= 6.065 \end{aligned}$$

$$v_{in} = \left[\frac{(Q_{act})_{in}}{0.785 \cdot (DN_{in})^2} \right] \left(\frac{1}{0.0254} \right)^2 \quad v_{out} = \left[\frac{(Q_{act})_{out}}{0.785 \cdot (DN_{out})^2} \right] \left(\frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{in} = 11.48 \text{ m/s} \quad 37.651 \text{ ft/s} \quad v_{out} = 11.66 \text{ m/s} \quad 38.258 \text{ ft/s}$$

Donde:

$DN_{out} \rightarrow$ Diámetro del Medidor y de Salida de la ER.

Con lo anterior queda demostrado que los diámetros en entrada de DN 100 mm (4" de Ø) y salida de DN 150 mm (6" de Ø) en la ER son correctos para las condiciones de operación de flujo y presión indicados.



1.5.3. CÁLCULO DE ESPESORES DE TUBERÍAS DE DN 100 mm (4" de Ø) ced. 40, DN 50 mm (2" de Ø) ced. 40, DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40, CONSIDERANDO LAS MÁXIMAS PRESIONES 298.69 PSI Y 99.56 PSI EN TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA RESPECTIVAMENTE.

1.5.3.2 Cálculo de espesor para la tubería de DN 50 mm (2" de Ø)

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación API 5L grado B.

Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$$S = 35,000 \text{ Psi} = 241,316.50 \text{ Kpa}$$

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de DN 50 mm (2" de Ø) tenga un espesor mínimo de 0.635 mm (0.025"). Agregando aún un factor de seguridad de 1.30 por corrosión y un factor de seguridad de 1.15 por fabricación se tendrá un espesor mínimo de 0.95 mm (0.0374").

El espesor de la tubería reportado de acuerdo al tipo de cédula en base al extracto de las normas ANSI B36.10 y B36.19 condensado en el Apéndice B del manual técnico CRANE "Flow of fluids" Se utilizará tubería API 5L GRADO B STD de DN 50 mm (2" de Ø) ced. 40 que tiene un espesor de 3.9116 mm (0.154") sobrepasando el espesor mínimo requerido de 0.95 mm (0.0374").



1.5.3.3 Cálculo de espesor para la tubería de DN 150 mm (6" de Ø)

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación API 5L grado B.

Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$$S = 35,000 \text{ Psi} = 241,316.50 \text{ KPa}$$

Pipe Data...	
Diameter:	6.625 Inches
Wall Thickness:	0.024 Inches
SMYS:	35000 Psi
Pressure:	99.56 Psi

Design Factors...	
Class Location:	Class 4
Location Exceptions:	Fabricated assemblies
Longitudinal Joint:	ASTM A53 - Electric Resistance Welded
Operating Temperature:	250 F (121 C) or less

	Value...
	0.40
	1.00
	1.000

Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de DN 150 mm (6" de Ø) tenga un espesor mínimo de 0.6096 mm (0.024"). Agregando un factor de seguridad de 1.30 por corrosión y un factor de seguridad de 1.15 por fabricación se tendrá un espesor mínimo de 0.9119 mm (0.0359").

El espesor de la tubería reportado de acuerdo al tipo de cédula en base al extracto de las normas ANSI B36.10 y B36.19 condensado en el Apéndice B del manual técnico CRANE "Flow of fluids" Se utilizará tubería API 5L GRADO B STD de DN 150 mm (6" de Ø) ced. 40 que tiene un espesor de 7.112 mm (0.280") sobrepasando en gran medida el espesor mínimo requerido de 0.9119 mm (0.0359").



1.5.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS REGULADORES RADIALES A CONDICIONES CRÍTICAS

Ya comprobada la selección de diámetros a las condiciones antes mencionadas, se procederá a demostrar la capacidad de los reguladores a las mismas condiciones críticas de operación de **14.00 kg/cm² de presión mínima de entrada y 5.50 kg/cm² de presión mínima regulada a la salida y con un flujo máximo de 4.36 MMSCFD.**

Para el dimensionamiento de los reguladores radiales (MOONEY), se procederá a utilizar la expresión siguiente:

Universal Gas Sizing Equation.

$$Q = \sqrt{\frac{520}{GT}} C_g P_1 \sin \left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)$$

Dónde:

Q → Velocidad de Flujo

C_g → Coeficiente de Viscosidad del Gas

P₁ → Presión de Entrada (psia)

ΔP → Perdida de Presión por la Válvula (ΔP = P₁ - P₂) psig.

P₂ → Presión de Salida (psia)

C₁ → Coeficiente de Recuperación de la Válvula $C_1 = \frac{C_g}{C_v}$

C_v → Coeficiente de viscosidad Líquido

G → Gravedad Específica (0.6 para gas natural)

T → Temperatura del Gas (° Ranking) (T = 460 + °F)

Ecuación Simplificada

El coeficiente de recuperación de la válvula (C₁) es aproximadamente igual a 35 para válvulas de globo y válvulas de rejillas.

El termino $\sqrt{\frac{520}{GT}} = 1.29$ para Gas Natural con Gravedad Específica de 0.6 y 60° F

El flujo crítico ó Flujo de choque se refiere a la condición de cuando el gas está moviéndose a la velocidad del sonido (1090 pie/seg. ó 332 m/seg.) en la parte de aceleración de la válvula.

Esto ocurre cuando $\frac{\Delta P}{P_1}$ es igual ó mayor a 0.64



A flujo crítico el término $\sin\left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}}\right)$ es igual a 1 ó a la unidad por lo tanto desaparece de la ecuación.

Así pues, a una velocidad sónica (flujo crítico) la Universal Gas Sizing Equation para Gas Natural a 60°F se simplifica a:

$$Q = 1.29 C_g P_1$$

Flujo Sub-crítico

$$\text{Mínima Presión de Entrada. } P_1 = 199.13 + 14.67 = 213.79 \text{ Psia}$$

$$\text{Mínima Presión de Salida. } P_2 = 78.23 + 14.67 = 92.89 \text{ Psia}$$

$$\text{Calculamos tenemos que } \frac{\Delta P}{P_1} = 0.565$$

Como $\frac{\Delta P}{P_1} < 0.64$ por lo tanto definimos que **NO** tenemos un flujo crítico.

Por lo tanto usaremos la fórmula desarrollada:

$$Q = 1.29 \cdot C_g P_1 \sin\left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}}\right)$$

$$\sin\left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}}\right) = \sin\left[\left(\frac{3417}{35} \times (0.565)^{0.5}\right)\right] = \sin(73.4) = 0.9584$$

$$Q = 5144.0 \text{ SCMH} = 181,658.6 \text{ SCFH}$$

$$181,658.6 \text{ SCFH} = 1.29 C_g (213.79)(0.9584)$$

$$181,658.6 \text{ SCFH} = 1.29 C_g (204.90)$$

$$C_g = \frac{181,658.6}{(1.29)(204.9)} = \frac{181,658.6}{264.3}$$

$$C_g = 687.27$$

Por ser una Estación con reguladores instrumentados en Arreglo Monitor-Trabajador el C_g de los reguladores se consideran al 70%, por lo tanto, el C_g es igual a **981.81**

Además, un factor de capacidad de la ER del 80% por lo que el C_g es igual a:



$$C_g = 1,227.27$$

Utilizando software del fabricante de los reguladores a emplear tendremos:

Gas Sizing Worksheet

Customer/Project: **ESTACION DE REGULACION** Reference No:
Location: Date: **09/10/2014**
Prepared By: **DAVID ESPARZA**
Memo Field: **Cálculo y selección de reguladores para una Estación de Regulación (ER)**
Use TAB Key to Exit Memo Field.

Inlet Pressure.....P1: **199.13** psig
Outlet Pressure....P2: **78.23** psig
Flow Rate.....Q: **181658.60** scfh

Fluid: **Natural Gas** Sg = **0.600**
Valve Recovery..C1: **35** Temperature..T: **60** °F 520 Deg Rankine
Monitor Station.: **Y** Capacity Factor.: **80 %**

Calculated Cg = 980.91
Capacity Factor = 80%
Recommended Cg/Valve = 1226.14
Sub-Critical Flow (dP/P1) 0.57

	DESCRIPTION	STOCK NO	% CAP	Cg	C1	Cv	Max P1
VALVE	NONE						
RELIEF VALVE	NONE						

Select Valves Relief Valves Save Print Return
Get View Locate Clear Delete Units
Velocity Calculation Flow Calculation Interstage Pressure Noise Prediction

De acuerdo a las presiones de entrada y salida y al flujo de volumen de entrada que se han ingresado al Software del fabricante de los reguladores Money nos da un Cg recomendado para la selección del regulador de **Cg = 1,226.14**.

Con el dato anterior seleccionamos el regulador adecuado para esta estación.



Select a Valve

*** NOTE: 100% Capacity Recommended For Most Applications! ***

Calculated Cg.....=	980.9	Capacity Factor.....=	80%	Valve Selected
Recommended Cg/Valve=	1226.1	Inlet Pressure (P1) =	199	FG-30

DESCRIPTION	STOCK NO	% CAP	Cg	C1	CV	Max P1
2" LDP STEEL 300 CL	FG-33-50	50	1245	27.0	46.0	740
2" LDP STEEL 600 CL	FG-34-50	50	1245	27.0	46.0	1480
2" LSP FLGLESS STEEL	FG-35	100	1300	35.0	37.0	1480
2" TYPE A FLGLESS 150/300	FG-88	100	1400	35.0	40.0	740
2" TYPE A FLGLESS 600 CL	FG-89	100	1400	35.0	40.0	1480
2" LSP STEEL 150 CL	FG-29	100	1420	35.0	40.0	285
2" LSP STEEL 300 CL	FG-30	100	1420	35.0	40.0	740
2" LSP STEEL 600 CL	FG-31	100	1420	35.0	40.0	1480
2" LSP STEEL NPT	FG-27	100	1420	35.0	40.0	1480
2" LSP STEEL SWE	FG-28	100	1420	35.0	40.0	1480
2" LSP 600 CL BUTTWELD	FG-77	100	1420	35.0	40.0	1480
2" DP STEEL 150 CL	FG-8-75	75	1438	30.0	48.0	285
2" DP STEEL 300 CL	FG-9-75	75	1438	30.0	48.0	740
2" DP STEEL 600 CL	FG-10-75	75	1438	30.0	48.0	1480
2" LSP DUCTILE 150 CL RF	FG-83	100	1650	35.0	47.0	250

Return Abort Valve Size Filter: **ALL** Valves in List = 159

Gas Sizing Worksheet

Customer/Project: **ESTACION DE REGULACION** Reference No:

Location: Date: **09/10/2014**

Prepared By: **DAVID ESPARZA**

Memo Field:

Use TAB Key to Exit Memo Field.

Inlet Pressure.....P1: **199.13** psig
 Outlet Pressure....P2: **78.23** psig
 Flow Rate.....Q: **181658.60** scfh

Fluid: **Natural Gas** Sg = **0.600**

Valve Recovery..C1: **35** Temperature..T: **60** °F 520 Deg Rankine

Monitor Station.: **Y** Capacity Factor... **80** %

DESCRIPTION	STOCK NO	% CAP	Cg	C1	Cv	Max P1
VALVE 2" LSP STEEL 300 CL	FG-30	100	1420	35.0	40.0	740

RELIEF VALVE **NONE**

Select Valves: Relief Valves Save Print Return

Get View Locate Clear Delete Units

Velocity Calculation Flow Calculation Interstage Pressure Noise Prediction



De igual manera con el mismo Software calculamos la capacidad de flujo del regulador con la condición de mínimas presiones de entrada y salida.

$$Q = 262,974.66 \text{ SCFH} = 7,446.61 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Flow Calculation Worksheet

Inlet Pressure.....P1: psig
 Outlet Pressure.....P2: psig
 Valve Coefficient....Cg:
 Fluid: Sg =
 Valve Recovery.....C1:
 Temperature.....T: °F 520 Deg Rankine
 Monitor Station: ☐

Flow Rate Q = 262974.66 scfh

Valve	C1	Cg	Stk No.
2" LSP TYPE A FLGLESS 600	35.0	1400	FG-102
2" LSP STEEL 150 CL	35.0	1420	FG-29
2" LSP STEEL 300 CL	35.0	1420	FG-30
2" LSP STEEL 600 CL	35.0	1420	FG-31
2" LSP STEEL NPT	35.0	1420	FG-27
2" LSP STEEL SWE	35.0	1420	FG-28

Con este flujo podemos determinar la Máxima velocidad del gas en el tubo de salida de DN 150 (6" de Ø) considerando la presión mínima de salida de 78.23 psig (5.50 Kg/cm²).

Velocity Calculation Worksheet

Pipe Size..... Inside Pipe Dia. in
 Schedule.....
 Velocity Calculation
 Vgas = ft/sec
 Outlet Pressure.(P2) : psig
 Flow Rate.....(Q) : scfh
 Fluid Type:

$$V = 57.54 \text{ ft/sec} = 17.53 \text{ m/sec}$$



VELOCIDAD POR DEBAJO DEL LIMITE MÁXIMO PERMITIDO DE 18 m/sec

1.5.4.1 Cálculo de decibeles que se genera en reguladores.

@ 1 metro = 74 dBA.

The screenshot shows the 'Noise Calculation Worksheet' software interface. It includes input fields for Inlet Pressure (199.1 psig), Outlet Pressure (78.2 psig), Flow Rate (176226.5 scfh), Temperature (60.0 F), and Distance from Pipe (1.0 m). It also has dropdown menus for Throttle Plate Style (Drilled Hole), Fluid Type (Natural Gas), Outlet Pipe Size (6), and Schedule (40). A 'Noise Prediction' box shows results: @ 1 meter = 74 dBA and @ D meters = 74 dBA. A 'Valve Size Filter' is set to 'ALL'. A table lists various valve specifications, with '2" LSP STEEL 300 CL' selected. The bottom of the window has buttons for 'Calculate', 'Units', 'Print', '2 Sources', and 'Return'.

Valve	Stk No.	Cap	Cg
2" LSP TYPE A FLGLESS 150 EG-100	100	1400	
2" LSP TYPE A FLGLESS 300 EG-101	100	1400	
2" LSP TYPE A FLGLESS 600 EG-102	100	1400	
2" LSP STEEL 150 CL EG-29	100	1420	
2" LSP STEEL 300 CL EG-30	100	1420	
2" LSP STEEL 600 CL EG-31	100	1420	
2" LSP STEEL NPT EG-27	100	1420	
2" LSP STEEL SWE EG-28	100	1420	
2" LSP 600 CL BUTTWELD EG-77	100	1420	
2" DP STEEL 150 CL EG-8-75	75	1438	

Selected Valve Values: Cap = 100 cg = 1420

1.5.4.2 CARACTERÍSTICAS DE REGULADORES SELECCIONADOS

Regulador 1

Marca: Mooney

Modelo: SG-30

Diámetro: DN 50 mm (2" de Ø)

Tipo: BRIDADO RF EN ANSI 300.

Presión Máxima = 740 PSI (52.0 Kg/cm²)

Regulador 2

Marca: Mooney

Modelo: FG-30

Diámetro: DN 50 mm (2" de Ø)

Tipo: BRIDADO RF EN ANSI 300.

Presión Máxima = 740 PSI (52.0 Kg/cm²)

Resortes:

Resorte: Serie 20 Morado 60-200 PSIG (7.03 Kg/cm² – 18.28 Kg/cm²)



Regulador de Presión

Negro de 100 – 260 PSIG (7.03 Kg/cm² – 18.28 Kg/cm²)

Morado de 60 – 200 PSIG (4.21 Kg/cm² – 14.06 Kg/cm²)

Slam Shut

Morado de 90 – 175 PSIG (6.32 Kg/cm² – 12.30 Kg/cm²)

Azul de 40 – 90 PSIG (2.81 Kg/cm² – 6.32 Kg/cm²)

1.5.5. MEMORIA DE CÁLCULO DEL FILTRO COALESCEDOR.



INGENIERIA Y EQUIPOS DE FILTRACION INGERISA S.A. DE C.V.
 Acuario No. 37 Col. El Prado Del. Iztapalapa C.P. 09480 México D.F.
 Tel: 5532 4949 Fax: 56 74 54 76
 e-mail: iefsa@yahoo.com

MEMORIA DE CALCULO PARA DETERMINAR EL No. DE ELEMENTOS IEFSA Modelo del Elemento: FCG-153- 432

No. de Cotización:		Proyecto:	ER	Cantidad:	1 pieza
No. de Partida:		Equipo:	Coalescedor p/ Gas		
No. de Serie:		Modelo:	FF4-801-300ESP		
Datos de Operación					
Temperatura de Operación:	20 ° C		68 ° F		
Presión de Operación:	14.00 Kg/cm ²		199.13 Psig		
Flujo Volumétrico:	5,144.00 Nm ³ /hr		SCFM=	2,937.48	
			MMSCFD=	4.230	

AJUSTE DE FLUJO A 100 PSIG. DP INICIAL SEGÚN CARTUCHO EN CATÁLOGO GRAL

Flujo (SCFM) a 100 Psig = F * ((100 psig + 14.7) / (P + 14.7)) * ((T + 460) / 530))					
F en SCFM; P en Psig ; T en °F					
No. de Tag:					
F :		2,937.48	SCFM		
P :		199.13	Psig		
T :		68 °	F		
Flujo a 100 Psig =		1,569.8	SCFM		
Modelo del cartucho:		FCG-153- 432			
Flujo por elemento.	2000	SCFM		* DE CATALOGO	
No. de elementos requeridos:	0.78				

Corrección de caída de Presión

De acuerdo a la Teoría de Filtración y la ecuación de Darcy:					
DP = Qm T / (A k)					
		DP =	Caída de Presión	k =	Constante de Permeabilidad
		Q =	Gasto		del medio filtrante
		m =	Viscosidad	T =	Espesor del medio Filtrante
		A =	Área de Filtración		
Q, m, k, y T NO cambian, por lo que concluimos que DP es inversamente proporcional al área de filtración					
Por lo tanto al emplear 1 elemento para este caso aumenta la DP inicial					
ΔP_{inicial} =	1.0 Psid	ΔP_{corregida} =	0.78	0.05	
			PSID	Bar	

Descripción del elemento: Elemento Coalescedor construido en material polimerico impregnado con microfibra de vidrio con tapas en acero inoxidable y empaques de Buna N.

Eficiencia: 99% en partículas sólidas de 3 micras.
 98 % en partículas líquidas de 0.3 a 0.6 micras.

NOTA: EL CAMBIO DE LOS ELEMENTOS FCG-XX-XXX SE SUGIERE A LOS 25 PSID.

CONCLUSIONES A LA MEMORIA DE CALCULO DE ELEMENTOS



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.
Gasoducto "Ramal Acuicola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0



INGENIERIA Y EQUIPOS DE FILTRACION INGERISA S.A DE C.V.
Acuario No. 37 Col. El Prado Del. Iztapalapa C.P. 09480 México D.F.
Tel: 5532 4949 Fax: 56 74 54 76
e-mail: iefsa@yahoo.com

CAPACIDAD DEL ELEMENTO IEFSA A CONDICIONES DE OPERACIÓN
Modelo del Elemento: FCG-153- 432

No. de Cotización:		Proyecto:	ER	Cantidad:	1 pieza
No. de Partida:		Equipo:	Coalescedor p/Gas		
No. de Serie:		Modelo:	FF4-801-300ESP		

Datos de Operación

Temperatura de Operación:	20 ° C	68 ° F
Presión de Operación:	14.00 Kg/cm2	199.13 Psig
Flujo Volumétrico:	5,144.00 Nm3/hr	SCFM= 2,937.48 MMSCFD= 4.230

DE LA ECUACIÓN SIGUIENTE SE DESPEJA EL FLUJO

Flujo (SCFM) a 100 Psig = $F * ((100 \text{ psig} + 14.7) / (P + 14.7)) * ((T + 460) / 530)$
F en SCFM; P en Psig; T en °F

Flujo del Elemento (A Cond. de Op.) = $\text{Flujo del Elemento (SCFM) a 100 Psig} * (Pc+14.7) * ((Tc+460)/530) / (100 \text{ Psig} + 14.7)$

No. de Tag:

F :	2,937.48 SCFM
P :	199.13 Psig
T :	68 ° F

Flujo del Elemento= 3,714.4 SCFM (a Condiciones de Operación)

Modelo del cartucho: FCG-153- 432

Flujo por elemento.	2000	SCFM	* DE CATALOGO A CONDICIONES DE 100 Psig
Caída de Presión del elemento:	1.00	Psi	* DE CATALOGO A CONDICIONES DE 100 Psig

FLUJO A CONDICIONES ESTÁNDAR VS FLUJO A CONDICIONES DE OPERACIÓN

Flujo que soporta el Elemento:
A Condiciones de Operación: **3,714.38 SCFM**

Flujo de Operación: **2,937.48 SCFM**

Notas:
Como podemos observar el flujo que soporta el elemento es menor que el flujo de Operación.
Por lo tanto el elemento tendrá una DP mayor a la reportada de 1.0 psid.

Descripción del elemento: Elemento Coalescedor construido en material polimerico impregando con microfibra de vidrio con tapas en acero inoxidable y empaques de Buna N.

Eficiencia: 99% en partículas sólidas de 3 micras.
98 % en partículas líquidas de 0.3 a 0.6 micras.

NOTA: EL CAMBIO DE LOS ELEMENTOS FCG-XX-XXX SE SUGIERE A LOS 25 PSID.

CONCLUSIONES A LA MEMORIA DE CALCULO DE ELEMENTOS

No. de Elementos por Filtro:	1 Pza.
Modelo del Elemento Coalescedor:	FCG-153- 432
Modelo del Filtro:	FF4-801-300ESP



INGENIERIA Y EQUIPOS DE FILTRACION INGERSA S.A. DE C.V.
Cuartito No. 37 Col. El Prado Del. Iztapalapa C.P. 09480 México D.F.
Tel: 5532 4949 Fax: 56 74 54 76
e-mail: iefsa@yahoo.com

ANÁLISIS MEMORIA DE CALCULO

No. de Cotización:
No. de Partida:

Proyecto: ER
Equipo: Coalescedor p/ Gas
Modelo: FF4-801-300ESP

Unidades Solicitadas:
1 pieza

DATOS PROPORCIONADOS

Flujo de Operación : 5,144.00 Nm³/hr
☐ mínimo ☐ normal ☒ máximo

Temperatura de Operación: 20.0 °C
Presión mínima de Operación: 199.1 Psi
Presión de Operación normal: Psi
Presión Máxima de Operación: 298.7 Psi (**Ver Nota 1)
Caída de Presión limpia máx: 2.0 Psid

DATOS OBTENIDOS EN LA MEMORIA

Modelo del Equipo: FF4-801-300ESP
Modelo del Cartucho: FCG-153- 432
Eficiencia de Separación: 99% en partículas sólidas de 3 micras.
98 % en partículas líquidas de 0.3 a 0.6 micras.

Flujo de Operación que maneja el equipo: 2,937.48 SCFM

Volumen total que maneja el equipo con el (los) elemento(s) modelo FCG-153- 432
a condiciones de operación y 2.0 de DP inicial de caída de presión: 7,485.15 SCFM

Este resultado se obtiene de la multiplicación de flujo de operación que maneja el equipo
por la cantidad de elementos a ocupar por el cociente de la caída de presión diferencial
limpia máxima de 2.0 entre la caída de presión del equipo inicial:
 $2937.48 * 1 * (2.0 / 1.05)$ 7,485.15 SCFM

No de elementos por equipo: 1 Pza
DP del equipo inicial: 0.78 Psid
DP de cambio de elementos: 20 - 25 Psid

El equipo cumple con las condiciones: Sí ☒ No ☐

El equipo cuenta con Estampado ASME "U" Sí ☒ No ☐

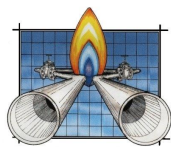
Nota 1: Este dato es utilizado para el diseño mecánico del equipo, en caso de no contar con este dato la Presión de Op. Deberá ser multiplicada por 1.1. El resultado de esta operación deberá tener por lo menos 30 Psi por arriba de la Presión de Operación.

Ingeniería y Equipos de Filtración INGERSA S.A. DE C.V garantiza que el equipo esta diseñado bajo nuestros más estrictos estándares de calidad y Cumple completamente con el requerimiento del Cliente.

Los datos alimentados a la Memoria son dados para cumplir como máximo una DP inicial de 2.0 Psid

MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN INDUSTRIAL "BAJA PRESIÓN (TIPO 2)

Las consideraciones para el diseño de la estación están basadas en la NOM-007-SECRE-1999, Transporte de gas natural.



Aunado a lo anterior se menciona que el desarrollo del diseño de esta estación de regulación y medición, se consideraron varios factores de seguridad primordiales para la operatividad de la misma los cuales por mencionar algunos son:

Porcentaje excedente por seguridad en el espesor de las tuberías de acero, factores de diseño de clase 4 que son los más estrictos, válvula de desfogue, válvulas de bloqueo y disparo, y recubrimientos epóxicos para evitar la corrosión.

1.1. OBJETIVO DE LA ERM.

Brindar el servicio de recepción, acondicionamiento y medición de gas natural de manera confiable y segura para cualquier condición de uso del combustible cumpliendo con la presión requerida.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN.

La siguiente descripción es de la Estación de Regulación y Medición para Baja Presión que se encargara de suministrar gas natural a empresas.

Se inicia con la instalación de una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, seguida de una reducción soldable de acero al carbón de DN 50 mm X 40 mm (2" X 1½" de Ø) cédula 40, la cual se suelda a uno de los extremos rectos laterales de una tee de acero al carbón de DN 40 mm X 40 mm X 40 mm (1½" X 1½" X 1½" de Ø) en cédula 40 a la cual llamaremos **TEE 1**, en la que por su extremo centro se deriva el By-Pass General de la estación, el cual se describirá más adelante.

Regresando al extremo recto lateral restante de la **TEE 1**, inmediatamente después se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón DN 40 mm (1½" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, seguida por una válvula de esfera de paso completo de ¼ de vuelta de DN 40 mm (1½" de Ø) bridada RF en ANSI 150, continuándole con un filtro tipo "Y" de DN 40 mm (1½" de Ø) bridado RF en ANSI 150, después se localiza una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 40 mm (1½" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, posteriormente se encuentra un carrete de tubería de acero al carbón de DN 40 mm (1½" de Ø) en cédula 40, hasta llegar a un codo soldable de acero al carbón de DN 90° X 40 mm (90° X 1½" de Ø) en cédula 40, la cual se encuentra soldada a una reducción de acero al carbón de DN 50 mm X 40 mm (2" X 1½" de Ø) cédula 40, mismo que se encuentra unido a brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, posteriormente se encuentra un regulador modelo CL-34-2IM de DN 50 mm (2" de Ø) bridado en ANSI 150, inmediatamente después del regulador continuando inmediatamente con una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, unida a un carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) en cédula 40, en el cual se localiza un inserto de 6.35 mm (¼" de Ø) para la instalación de una válvula de aguja de 6.35 mm (¼" de Ø) NPT, seguida por un manómetro para monitorear la presión después del regulador, aguas abajo del carrete se localiza un codo soldable de acero al carbón de DN 90° X 50 mm (90° X 2" de Ø) en cédula 40, al cual le continua un pequeño carrete de tubería de acero al carbón hasta llegar a una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, enseguida se tiene un medidor tipo pistón rotativo modelo G-

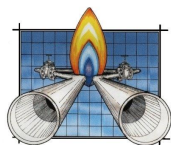


100 de DN 50 mm (2" de Ø) bridado RF en ANSI 150 seguido por otra brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, posterior a la brida se tiene un carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) cédula 40 en el cual se encuentran dos insertos, el primero de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ " de Ø) para la instalación de una válvula de esfera de paso completo para desfogue, y el segundo de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ " de Ø) para la colocación de un termopozo, aguas abajo del carrete se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40 seguida inmediatamente por una válvula de esfera de paso completo de $\frac{1}{4}$ de vuelta de DN 50 mm (2" de Ø) bridada RF en ANSI 150, posteriormente se encuentra otra brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40 soldada al extremo centro de una tee de acero al carbón de DN 50 mm X 50 mm X 50 mm (2" X 2" X 2" de Ø) en cédula 40, la cual llamaremos **TEE 2**.

Finalmente regresando al extremo centro de la **TEE 1**, se encuentra el **By-Pass General** de la estación el cual se compone como se describe a continuación; Inmediato al extremo centro de la TEE 1 se tiene un carrete de tubería de acero al carbón de DN 40 mm ($1\frac{1}{2}$ " de Ø), en el que se localiza un inserto de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ " de Ø) para la colocación de una válvula de aguja de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ " Ø) NPT, seguida por un manómetro para monitorear la presión a la entrada de la estación, aguas abajo del carrete se continua con la instalación de una brida de cuello soldable de acero al carbón de 40 mm ($1\frac{1}{2}$ " de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, inmediatamente seguida por una válvula de esfera de paso completo de $\frac{1}{4}$ de vuelta de 40 mm ($1\frac{1}{2}$ " de Ø) bridada RF en ANSI 150, encontrándose después una brida de cuello soldable de acero al carbón de 40 mm ($1\frac{1}{2}$ " de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40 la cual se une a una reducción concéntrica de acero al carbón de DN 50 mm X 40 mm (2" X $1\frac{1}{2}$ " de Ø) cédula 40, continuando con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) cédula 40, en el cual se localizan un inserto de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ " de Ø) donde se instala una válvula de aguja de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ " NPT, seguida por un manómetro para monitorear la presión a la salida de la estación, y un inserto más de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ " de Ø) para colocar una válvula de esfera de paso completo de $\frac{1}{4}$ de vuelta seguida por una válvula de seguridad, aguas abajo del carrete se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40 para cerrar así el Bypass de la estación; Aguas bajo de la brida antes mencionada se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40 soldada a uno de los extremos rectos laterales de la **TEE 2** antes mencionada, y en la cual por su extremo recto lateral restante se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40 la cual da salida al flujo de gas natural hacia la red de aprovechamiento del cliente.

1.3. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN ERM INDUSTRIAL "BAJA PRESIÓN (TIPO 2)".

1.3.1. FUNCIONES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN.



- Recepción de gas proveniente del gasoducto de una manera confiable y segura.
- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes sistemas que lo manejan.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ERM para cualquier condición de uso del combustible.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación.

1.3.2. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM):

- Un filtro tipo "Y" de DN 40 mm (1½" de Ø) bridado RF en ANSI 150.
- Un Regulador de Presión tipo diafragma mod. CL-34-2IM bridado de DN 50 mm (2")
- Un medidor Tipo Pistón Rotativo modelo G-100 de DN 50 mm (2" de Ø)
- Válvula de seguridad de 12.7 mm (1/2"Ø).

1.3.3. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA ERM.

El Gas Natural entrará a la estación a través de una brida de DN 50 mm (2" de Ø) en cédula 40, después el gas pasará a través de un Filtro tipo "Y" para limpiarlo de impurezas que puedan afectar el correcto funcionamiento de los equipos de la estación, posteriormente se regulará la presión de entrada, bajándola de 7 Kg/cm² (99.5 Psi) a 2 Kg/cm² (28.45 Psi), después de regular el flujo el gas fluirá hacia el medidor donde será medido, se continúa con el flujo direccionándose hacia la salida de la ERM.

Localizado en la parte inferior de la estación se encuentra el By Pass general, el cual se pondrá en funcionamiento cuando sea necesario realizar trabajos de mantenimiento en los equipos de toda la caseta, el flujo pasará y se regulará por este By Pass al abrir la válvula de esfera de paso completo monitoreando la regulación con los manómetros ubicados aguas arriba y aguas abajo de esta válvula. Antes de la salida misma se tiene una válvula de seguridad calibrada a un 20% por arriba de la presión regulada, la cual es igual a 2.4 Kg/cm² (34.14 Psi), la cual se releva a la presión anterior en el caso de que el regulador fallara y se abriera por completo dejando pasar la presión de entrada a la ERM; Después de lo anterior el gas saldrá de la estación para entrar a la red de aprovechamiento.

1.4. MATERIALES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN ERM INDUSTRIAL "BAJA PRESIÓN (TIPO 2)"

Tabla 5.8. Lista de materiales "ERM" baja presión.

No.	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1.5	ml	Tubería A/C de DN 50 mm (2"Ø) C/C ASTM A53 GRADO B ced. 40
2	1	ml	Tubería A/C de DN 40 mm (1 1/2"Ø), C/C ASTM A53 GRADO B ced. 40



No.	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
3	1	Pza	Tee soldable A/C de DN 50 mm (2"Ø) ced. 40
4	1	Pza	Tee soldable A/C de DN 40 mm (1 1/2"Ø) ced. 40
5	1	Pza	Codo soldable de A/C de DN 90° x 50 mm (90° x 2"Ø) radio Largo ced. 40
6	1	Pza	Codo soldable de A/C de DN 90° x 40 mm (90° x 1 1/2"Ø) radio Largo ced. 40
7	1	Pza	Codo roscable de A/C de DN 90° x 15 mm (90° x 1/2"Ø) en ced. 40
8	3	Pza	Reducción concéntrica soldable A/C de DN 50 mm x 40 mm (2"x1 1/2"Ø) ced. 40
9	2	Pza	Reducción bushing de A/C de DN 40 mm X 32 mm (1 1/2"Ø X 1 1/4"Ø) ced. 40
10	3	Pza	Cople soldable de A/C de 12.7 mm (1/2" en Ø) ced 80
11	5	Pza	Cople soldable de A/C de 6.35 mm (1/4"Ø) en ced 80
12	1	Pza	Niple corrido de A/C de 31.75 mm X 203.2 mm (1 1/4" de Ø X 8") largo en ced. 80
13	3	Pza	Niple corrido de A/C de 12.7 mm X 76.2 mm (1/2" de Ø X 3") de largo en ced. 40
14	4	Pza	Niple corrido de A/C de 6.35 mm x 50.8 mm (1/4" de Ø X 2") de largo en ced 40
15	2	Pza	Tapón macho Solido roscable de 3000 lbs de 12.7 mm (1/2" de Ø)
16	1	Pza	Tapón macho Solido roscable de 3000 lbs de 6.35 mm (1/4" de Ø)
17	8	Pza	Brida cuello soldable A/C de DN 50 mm (2" Ø) tipo RF ANSI 150 ced. 40
18	6	Pza	Brida cuello soldable A/C de DN 40 mm (1-1/2" Ø) tipo RF ANSI 150 ced. 40
19	2	Pza	Brida Roscable (THR) A/C de DN 40 mm (1-1/2" Ø) tipo RF ANSI 150 ced. 40
20	1	Pza	Válvula de esfera de DN 50 mm (2" Ø) bridada tipo RF en ANSI 150
21	2	Pza	Válvula de esfera de DN 40 mm (1-1/2" Ø) bridada tipo RF en ANSI 150
22	2	Pza	Válvulas de bronce de esfera de 1/4 de vuelta de 12.7 mm (1/2" Ø) roscada NPT
23	1	Pza	Válvulas de bronce de esfera de 1/4 de vuelta de 6.35 mm (1/4" Ø) roscada NPT
24	1	Pza	Válvula de seguridad angular Mca. Vayremex, calibrada a 2.9 kg/cm² con conexión de entrada roscada macho de 12.7 mm (1/2"Ø) y conexión de salida roscada hembra de 19.05 mm (3/4"Ø)
25	3	Pza	Válvulas de aguja de Latón de 6.35 mm (1/4"Ø) NPT, Modelo 302-HH
26	8	Pza	Junta Flexitalic de DN 50 mm (2" Ø) en ANSI 150
27	8	Pza	Junta Flexitalic de DN 40 mm (1 1/2" Ø) en ANSI 150
28	22	Pza	Espárragos tropicalizados de 15.875 mm X 88.9 mm (5/8"Ø X 3 1/2") de largo con 2 tuercas de 26.988 mm (1 1/16")
29	30	Pza	Espárragos tropicalizados de 12.7 mm X 82.55 mm (1/2" de Ø X 3 1/4") de largo con 2 tuercas de 22.225 mm (7/8")
30	10	Pza	Tornillo de 15.875 mm x 50.8 mm (5/8" de Ø x 2") de largo Ac. c. con su respectiva rondana de presión alta resistencia
31	1	Pza	Filtro Tipo "Y" Bridado de acero al carbón DN 40 mm (1-1/2" Ø) en ANSI 150 (con conexiones de purga de 12.7mm (1/2"Ø))
32	1	Pza	Regulador CL-34-2IM, Conexión de DN 50 mm (2"Ø), Orificio 9.525 mm (3/8")
33	1	Pza	Medidor Tipo Pistón Rotativo Modelo G-100, bridado de DN 50 mm (2" Ø) tipo RF en ANSI 150
34	1	Pza	Manómetro de DN 50 mm (2") de caratula, rango de 0-11 kg/cm² con conexión inferior de 6.35 (1/4"Ø) NPT
35	2	Pza	Manómetro de DN 50 mm (2") de caratula, rango de 0-4 kg/cm² con conexión inferior de 6.35 mm (1/4"Ø) NPT



1.5. MEMORIA DE CÁLCULO.

1.5.1. CÁLCULO DE DIÁMETROS Y VELOCIDADES.

CONDICIONES DE OPERACIÓN.

$P_{in\ max}$	=	6.86 Bar	7.00 Kg/cm ²	99.56 Psig	686.7 kpa
$P_{in\ min}$	=	5.39 Bar	5.50 Kg/cm ²	78.23 Psig	539.55 kpa
$P_{out\ max}$	=	2.94 Bar	3.00 Kg/cm ²	42.67 Psig	294.3 kpa
$P_{out\ min}$	=	1.96 Bar	2.00 Kg/cm ²	28.45 Psig	196.2 kpa

$$Q_{max} = 200.000 \text{ SCMH} = 0.170 \text{ MMSCFD}$$

$$P_{atm} = 14.67 \text{ Psia} \quad \text{Elevación (m.s.n.m.):} \quad 42$$

DIÁMETROS Y VELOCIDADES.

Utilizando la Ecuación de Continuidad de la Mecánica de Fluidos obtenemos las velocidades de entrada y salida en la Estación de Regulación y Medición.

$$Q = v * A$$

Donde:

Q → Flujo
 v → velocidad
 A → Área

Ubicación del Medidor: **BAJA PRESIÓN**

Línea de Filtración y Regulación

ENTRADA

$$Q_{act\ in} = Q_{s\ max} \left(\frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{in\ min} + P_{atm}) (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ in} = 30.407 \text{ ACMH}$$

$$D_{in} \geq \left(\sqrt{\frac{Q_{act\ in}}{0.785 \cdot v(m/s) \cdot 3,600}} \right) \left(\frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 20 \text{ m/s}$$

Diámetro de entrada requerido:

$$D_{in} \geq 0.913 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de entrada

$$DN_{in} = 1 \frac{1}{2}" \emptyset \quad \text{CED 40}$$

$$D_{int\ in} = 1.610$$

$$v_{in} = \left[\frac{(Q_{act})_{in}}{0.785 \cdot (DN_{in})^2} \right] \left(\frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{in} = 6.434 \text{ m/s} \quad 21.109 \text{ ft/s}$$

SALIDA

$$Q_{act\ out} = Q_{s\ max} \left(\frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{out\ min} + P_{atm}) (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ out} = 65.517 \text{ ACMH}$$

$$D_{out} \geq \left(\sqrt{\frac{Q_{act\ out}}{0.785 \cdot v(m/s) \cdot 3,600}} \right) \left(\frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 20 \text{ m/s}$$

Diámetro salida requerido:

$$D_{out} \geq 1.340 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de salida

$$DN_{out} = 2" \emptyset \quad \text{CED 40}$$

$$D_{int\ out} = 2.067$$

$$v_{out} = \left[\frac{(Q_{act})_{out}}{0.785 \cdot (DN_{out})^2} \right] \left(\frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{out} = 8.411 \text{ m/s} \quad 27.594 \text{ ft/s}$$

Donde:

$DN_{out} \rightarrow$ Diámetro del Medidor y de Salida de la ERM.



1.5.2. SELECCIÓN DEL REGULADOR

1.5.4. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

Número de Válvulas	1

VARIABLE	CANTIDAD/UNIDADES	
Orificio (Diámetro D) Área	0.78	cm ²
Presion de ajuste:	2.40	kg/cm ²
Temperatura:	20.0	°C

Fluido:	GAS NATURAL

Formula empleada según ASME sección VIII, NOM 093.

$$v = \frac{A \cdot 17.2 \cdot K_d \cdot C \cdot P \cdot K_b}{\sqrt{T} \cdot \sqrt{Z} \cdot \sqrt{M}}$$

Tabla de simbología y significados de las variables de la formula anterior.

SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO		COMENTARIOS	
Kd	Factor de descarga	0.874	Factor Vayremex	Adimensional
P	Presión Absoluta a la entrada de la válvula	3.7	Bar	
	Se calcula sumando:			
	Presión de Ajuste:	2.4	Bar	
	Sobre-presión:	0.24	Bar	
		10%	de la presión de ajuste	
	Presión atmosferica a nivel del mar:	1.013	Bar	
C	Constante (Relación de calor especifico)			Adimensional
	$C = 520 \sqrt{K \left\{ \frac{2}{K+1} \right\}^{\frac{K+1}{K-1}}}$		K= 1.27	
			C= 344.13	
Kb	Factor de corrección por contrapresión	1		Adimensional
T	Temperatura absoluta a la entrada de la válvula	293	°K	
	Se calcula sumando:			
	Temperatura de relevo:	20	°C	
	Mas °Kelvin	273	°K	
Z	Factor de compresibilidad	1		Adimensional
M	Peso Molecular	19		Adimensional
$v = \frac{14,953.24}{74.61}$				
$v = 200.4 \text{ m}^3/\text{hr}$				



VÁLVULA DE SEGURIDAD - ORIFICIO D - ENTRADA 12.7 mm (1/2" DE Ø) Y SALIDA 19.05 mm 3/4" Ø

1.5.5. CÁLCULO DE ESPESORES DE TUBERÍAS

1.5.5.1. Cálculo para la tubería de DN 40 mm (1½" de Ø)

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

t = espesor de la tubería en milímetros

P = presión manométrica de diseño en kPa;

D = diámetro exterior de la tubería en milímetros

S = resistencia mínima a la cedencia (RMC) en kPa;

F = factor de diseño por densidad de población

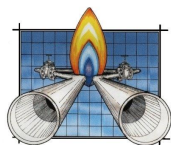
E = factores de eficiencia de la junta longitudinal de la tubería

T = factor de corrección por temperatura del gas;

($T=1$ si la temperatura del gas es igual o menor a 393°K.)

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación ASTM A53 Grado B, Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$S = 35,000 \text{ Psi} = 241,316.5 \text{ KPa}$



De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de DN 40 mm (1½" de Ø) tenga un espesor mínimo de 0.1778 mm (0.007"), más 30% de corrosión, más el 15% de fallas en la construcción nos da un valor de 0.254 mm (0.010") de espesor, la tubería de DN 40 mm (1½" de Ø) ASTM A53 Grado B Cédula 40 instalada tiene 3.683 mm (0.145") de espesor sobrepasando el espesor requerido.

1.5.5.2. Cálculo para la tubería de DN 50 mm (2" de Ø)

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación ASTM A53 Grado B. Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$$S = 35,000 \text{ Psi} = 241,316.5 \text{ KPa}$$

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de DN 50 mm (2" de Ø) tenga un espesor mínimo de 0.1016 mm (0.004"), más 30% de corrosión, más el 15% de fallas en la construcción nos da un valor de 0.1519 mm (0.006") de espesor, la tubería de DN 50 mm (2" de Ø) ASTM A53 Grado B Cédula 40 instalada tiene 3.9116 mm (0.154") de espesor sobrepasando el espesor requerido.

Tabla 5.9. Especificaciones de la Tubería Instalada.

Diámetro Nominal mm (Pulgadas)	Diámetro Exterior mm (Pulgadas)	Espesor mm (Pulgadas)	Especificación
50 mm (2")	60.325mm (2.375")	3.9116 mm (0.154")	Acero al Carbón ASTM A53 Grado B
40 mm (1½")	48.26 mm (1.900")	3.683 mm (0.145")	Acero al Carbón ASTM A53 Grado B



MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN ERM INDUSTRIAL "ALTA PRESION (TIPO 4)"

Las consideraciones para el diseño de la estación están basadas en la NOM-007-SECRE-1999, Transporte de gas natural.

Aunado a lo anterior se menciona que el desarrollo del diseño de esta estación de regulación y medición, se consideraron varios factores de seguridad primordiales para la operatividad de la misma los cuales por mencionar algunos son:

Porcentaje excedente por seguridad en el espesor de las tuberías de acero, factores de diseño de clase 4 que son los más estrictos, válvula de desfogue, válvulas de bloqueo y disparo, juntas dieléctricas y recubrimientos epóxicos para evitar la corrosión.

OBJETIVO DE LA ERM.

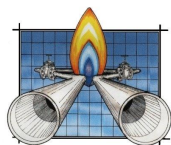
Brindar el servicio de recepción, acondicionamiento y medición de gas natural de manera confiable y segura para cualquier condición de uso del combustible cumpliendo con la presión requerida.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN.

La siguiente descripción es de la Estación de Regulación y Medición que se encargara de suministrar gas natural a las empresas, por parte de **GAS NATURAL DEL NOROESTE S.A. DE C.V.**

Se inicia con una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 cédula 40, seguida por una reducción soldable de acero al carbón de DN 50 mm X 25 mm (2" X 1" de Ø) cédula 40, después se tiene soldada por uno de sus extremos rectos laterales una tee de acero al carbón de DN 25 mm X 25 mm X 25 mm (1" X 1" X 1" de Ø) en cédula 40, a la cual llamaremos **TEE 1**, en la cual por su extremo centro se deriva el By-Pass General de la estación el cual se describirá más adelante.

Por el extremo recto lateral restante de la **TEE 1** en posición vertical con dirección hacia arriba, se deriva el **Tren de Filtración y Regulación**; iniciando con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, que se encuentra unido a una tee de acero al carbón de DN 25 mm X 25 mm X 25 mm (1" X 1" X 1" de Ø) cédula 40 por uno de sus extremos rectos laterales a la cual llamaremos **TEE 2**, en la que por su extremo centro se deriva el **By-Pass de Filtración**, el cual inicia con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, continuando con una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, después se tiene instalada una válvula de esfera de paso completo de 1/4 de vuelta de 25 DN mm (1" de Ø) bridada RF en ANSI 300, posteriormente se tiene una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, después de esta se tiene un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, que tiene en su otro extremo un codo de acero al carbón de DN 90° X 25 mm (90° X 1" de Ø) en cédula 40, posterior a este y en posición vertical se continua con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, seguida por una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, seguida por otra brida soldable Slip On de DN 25



mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, inmediatamente después de esta se tiene instalada una válvula Shut Off marca Fisher modelo 634 de DN 25 mm (1" de Ø) roscada NPT, después de esta se cuenta con una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, continuando con otra brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, continuando con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, seguido por un codo de acero al carbón de DN 90° X 25 mm (90° X 1" de Ø) en cédula 40, después se continua con un pequeño carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, continuando con una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, seguida por otra brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, enseguida se tiene instalado un filtro tipo coalescedor Parker modelo MN4L-4CUG de DN 25 mm (1" de Ø) NPT en ANSI 300, el cual en su otro extremo cuenta con una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, seguido por una válvula de esfera de paso completo de 1/4 de vuelta de DN 25 mm (1" de Ø) bridada RF en ANSI 300, después se localiza una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, continuándole con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, para finalmente unirse al extremo centro de una tee de acero al carbón de DN 25 mm X 25 mm X 25 mm (1" X 1" X 1" de Ø) en cédula 40, la cual identificaremos como **TEE 3** cerrando el **By-Pass de Filtración**.

Regresando al extremo recto lateral restante de la **TEE 2** en posición vertical, se tiene un carrete de tubería acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, el cual se une a una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) en ANSI 300, enseguida a la cual, se encuentra instalada una válvula de esfera de paso completo de 1/4 de vuelta de DN 25 mm (1" de Ø) bridada RF en ANSI 300, posterior a esta se tiene una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300 seguida por un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, el cual se suelda a uno de los extremos rectos laterales de la **TEE 3** antes descrita.

Por el extremo recto lateral restante de la **TEE 3** se continua con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, al cual le sigue un codo de acero al carbón de DN 90° X 25 mm (90° X 1" de Ø) en cédula 40, posterior a este se cuenta con una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300 cédula 40 continuando con una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, inmediatamente después de esta se tiene un regulador Elster modelo 040-C de DN 25 mm (1" de Ø) NPT, posteriormente en el otro extremo de dicho regulador se encuentra instalada una brida soldable Slip On de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300, continuando con una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF en ANSI 300 cédula 40 la cual se encuentra unida a una reducción de acero al carbón de DN 50 mm X 25 mm (2" X 1" de Ø) en cédula 40, soldada a un carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) cédula 40, en el cual se encuentran dos insertos de 6.35 mm (1/4" de Ø), el primero es para la colocación de una válvula de aguja seguida por la colocación de un manómetro para monitorear la presión después del regulador, en el segundo inserto, paralelo al primero, se le coloca una válvula de esfera de paso completo de 1/4 de vuelta para desfogue, aguas abajo del carrete se continua con un codo soldable de acero al carbón de DN 90° X 50 mm (90° X 2" de Ø) en cédula 40, seguido de un pequeño carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) en cédula 40, unido a una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, inmediatamente seguida por un medidor tipo Pistón



Rotativo Dresser Modelo G-100 de DN 50 mm (2" de Ø) bridado RF en ANSI 150, enseguida se encuentra instalada una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, la cual a su vez se encuentra unida a un carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) cédula 40, en el que se encuentran dos insertos, uno de 12.7 mm (1/2" de Ø) para la instalación de un termopozo, y el segundo de 6.35 mm (1/4" de Ø) para la instalación de una válvula de esfera de paso completo de 1/4 de vuelta, para la instalación de la señal de la válvula Shut Off, aguas abajo del carrete se continua con una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, posteriormente se encuentra una válvula de esfera de DN 50 mm (2" de Ø) bridada RF en ANSI 150, después de esta se tiene una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, la cual se suelda al extremo centro de una tee soldable de acero al carbón de DN 50 mm X 50 mm X 50 mm (2" X 2" X 2" de Ø) en cédula 40, a la que llamaremos **TEE 4**.

Finalmente regresando al extremo centro de la **TEE 1**, se tiene el **By-Pass General** de la estación que está compuesta como se describe a continuación; Inicia con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 25 mm (1" de Ø) cédula 40, en el que se localiza un inserto de 6.35 mm (1/4" de Ø) para la instalación de una válvula de aguja seguida por un manómetro para monitorear la presión a la entrada de la estación, aguas abajo del carrete se continua con una reducción soldable de acero al carbón de DN 40 mm X 25 mm (1-1/2" X 1" de Ø) cédula 40, seguida por una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 cédula 40, continuando con una válvula de esfera de paso completo de 1/4 de vuelta de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) bridada RF en ANSI 300, inmediatamente seguida por una válvula de Globo de acero al carbón de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) bridada RF en ANSI 300, después de esta se tiene una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) tipo RF en ANSI 300 en cédula 40, seguida por una reducción de acero al carbón de DN 50 mm X 40 mm (2" X 1-1/2" de Ø) cédula 40, continuándole con un carrete de tubería de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) en cédula 40, en el cual se localizan dos insertos, el primero de 6.35 mm (1/4" de Ø) para la colocación de una válvula de aguja seguida por un manómetro para monitorear la presión a la salida de la estación, y el segundo inserto de 12.7 mm (1/2" de Ø) se coloca una válvula de seguridad, con el cual se termina el By-Pass General; Aguas abajo del carrete se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, la cual está unida a uno de los extremos rectos laterales de la **TEE 4** antes descrita, y en la cual por su extremo recto lateral restante se encuentra una brida de cuello soldable de acero al carbón de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF en ANSI 150 cédula 40, la cual da salida al flujo de gas natural hacia la red de aprovechamiento del cliente.

1.5. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN ERM INDUSTRIAL "ALTA PRESION (TIPO 4)"

1.3.1. FUNCIONES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN.

- Recepción de gas proveniente del gasoducto de una manera confiable y segura.



- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes sistemas que lo manejan.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ERM para cualquier condición de uso del combustible.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación.

1.3.2. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM):

- Un filtro tipo Coalescedor Parker modelo MN4L-4CUG de DN 25 mm (1" de Ø) roscado NPT.
- Un Paso de regulación de presión.
- Un medidor Tipo Pistón Rotativo Dresser modelo G-100.
- Válvula de seguridad.
- Válvula Shut Off Marca Fisher Modelo 634.

1.5.3. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA ERM.

El Gas Natural entrara a la ERM por medio de un tubo de DN 50 mm (2" de Ø) de acero al carbón en cédula 40, después filtrara el gas en un filtro tipo Coalescedor para limpiar el gas de impurezas que puedan dañar el correcto funcionamiento de los equipos sensibles como el medidor y el regulador; Antes de este se tiene instalada una válvula de cierre para alta presión calibrada a 4.0 Kg/cm² (56.89 Psi), como elemento de protección en caso de alguna sobrepresión, posteriormente se regulara la presión de entrada, bajándola de 21.0 Kg/cm² (298.69 Psi) a 3.0 Kg/cm² (42.66 Psi), después de regular el gas fluirá hacia el medidor, donde después haber sido medido el flujo de gas continua hacia la salida de la ERM.

En la parte inferior de la estación se encuentra ubicado el By-Pass General, el cual entrara en funcionamientos cuando sea necesario realizar mantenimiento a los equipos ya sea de filtración, regulación o medición, se dejara fluir el gas abriendo completamente la válvula de paso completo y posteriormente la regulación será controlada mediante la válvula de globo, vigilando la presión con los manómetros ubicados aguas arriba y aguas debajo de esta válvula, antes de la salida misma se tiene una válvula de seguridad calibrada a 2.4 Kg/cm² (34.13 Psi), la cual se releva a la presión anterior en el dado caso de que el regulador fallara y se abriera por completo dejando pasar la presión de entrada a la ERM después de lo anterior el gas saldrá de la ERM para entrar a la Instalación de Aprovechamiento.

1.4. MATERIALES DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN ERM INDUSTRIAL "ALTA PRESION (TIPO 4)"

Tabla 5.10. Lista de materiales "ERM" alta presion (tipo 4).

No.	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN



No.	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	2.5	ML	Tubería A/C ASTM A53 grado B c/c de DN 25 mm (1" de Ø) ced. 40
2	2.5	ML	Tubería A/C ASTM A53 grado B c/c de DN 50 mm (2" de Ø) ced. 40
3	3	PZA	Codo soldable A/C de DN 90° X 25 mm (1" de Ø) radio largo ced. 40
4	1	PZA	Codo soldable A/C de DN 90° X 50 mm (2" de Ø) radio largo ced. 40
5	3	PZA	Tee soldable A/C de DN 25 mm (1" de Ø) en ced. 40
6	1	PZA	Tee soldable A/C de DN 50 mm (2" de Ø) en ced. 40
7	1	PZA	Reducción concéntrica soldable A/C de DN 40 mm X 25 mm (1-1/2" x 1" de Ø) ced 40
8	2	PZA	Reducción concéntrica soldable A/C de DN 50 mm X 25 mm (2" x 1" de Ø) ced 40
9	1	PZA	Reducción concéntrica soldable A/C de DN 50 mm X 40 mm (2" x 1-1/2" de Ø) ced 40
10	7	PZA	Brida cuello soldable A/C de DN 50 mm (2" de Ø) tipo RF ANSI 150 ced. 40
11	4	PZA	Brida cuello soldable A/C de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF ANSI 300 ced. 40
12	2	PZA	Brida cuello soldable A/C de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) tipo RF ANSI 300 ced. 40
13	14	PZA	Brida deslizable (S.O.) A/C de DN 25 mm (1" de Ø) tipo RF ANSI 300
14	6	PZA	Cople roscado A/C de 6.35 mm (1/4" de Ø) ced. 80
15	3	PZA	Cople roscado A/C de DN 15 mm (1/2" de Ø) ced. 80
16	2	PZA	Tapón macho solido de A/C de 6.35 mm (1/4" de Ø) ced. 40
17	1	PZA	Tapón macho roscable de A/C de 12.7 mm (1/2" de Ø) ced. 40
18	6	PZA	Niple corrido de 6.35 mm X 50.8 mm (1/2" X 2") de largo en A/C cédula 40
19	1	PZA	Niple corrido de 12.7 mm X 76.2 mm (1/2" X 3") de largo en A/C cédula 40
20	1	PZA	Conector a 90° de A/C de 6.35 mm NPT X 9.525 mm (1/4" NPT X 3/8") tubing
21	2	PZA	Conector recto de 6.35 mm NPT – 9.525 mm (1/4" NPT – 3/8") tubing
22	1	ML	Tubing A/I de 9.525 mm (3/8" de Ø) sin costura
23	1	PZA	Válvula esfera de DN 50 mm (2" de Ø) bridada RF en ANSI 150
24	3	PZA	Válvula esfera de DN 25 mm (1" de Ø) bridada RF en ANSI 300
25	1	PZA	Válvula esfera de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) bridada RF en ANSI 300
26	1	PZA	Válvula Globo de A/C de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) bridada RF en ANSI 300
27	1	PZA	Válvula Shutoff Fisher modelo 634 de DN 25 mm (1" de Ø) NPT con disco de fractura color amarillo (3.4 a 4 bar).
28	1	PZA	Válvula De Seguridad Mca. Vayremex, Mod 211, En Bronce, orificio de entrada de 12.7 mm X 19.05 mm (1/2" X 3/4") con palanca, calibrada a 3.2 Kg/cm²
29	3	PZA	Válvula De Aguja de 6.35 mm (1/4" de Ø) NPT de A/I
30	2	PZA	Válvula de esfera de 6.35 mm (1/4" de Ø) roscable NPT
31	1	PZA	Válvula de esfera de DN 15 mm (1/2" de Ø) roscable NPT
32	1	PZA	Medidor tipo pistón rotativo G-100 de DN 50 mm (2") bridado RF en ANSI 150
33	1	PZA	Regulador Elster mod. 040-C de DN 25 mm (1" de Ø) NPT con orificio de 6.35 mm (1/4") resorte color blanco rango 20-60 psi.
34	2	PZA	Manómetro de DN 50 mm (2" de Ø) de caratula con glicerina, rango de 0-4 kg/cm² con conexión inferior de 6.35 mm (1/4") NPT
35	1	PZA	Manómetro de DN 50 mm (2" de Ø) de caratula con glicerina, rango de 0-42 kg/cm² con conexión inferior de 1/4" NPT
36	7	PZA	Flexitallic de DN 50 mm (2" de Ø) ANSI 150
37	14	PZA	Flexitallic de DN 25 mm (1" de Ø) ANSI 300
38	3	PZA	Flexitallic de DN 40 mm (1-1/2" de Ø) ANSI 300



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

No.	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
39	72	PZA	Espárragos tropicalizados de 15.875 mm X 88.9 mm (5/8" X 3-1/2") de largo con 2 tuercas de 1-1/16"
40	14	PZA	Espárragos tropicalizados de 19.05mm X 101.6 mm (3/4" X 4") de largo con 2 tuercas de 1-1/4"
41	1	PZA	Filtro Parker Tipo Coalescedor DN 25 mm (1") Mod. MN4L-4CUG ANSI 300
42	10	PZA	Tornillo de 15.875 mm X 50.8 mm (5/8" x 2") de largo c/rondana de presión de alta resistencia
43	1	PZA	Niple corrido de 6.35 mm X 50.8 mm (1/4" X 2") de largo en A/C cédula 80
44	3	PZA	Niple de A/C de 25.4 mm X 152.4 mm (1" X 6") de largo en A/C cédula 80



1.5. MEMORIA DE CÁLCULO.

1.5.1. CÁLCULO DE DIAMETROS Y VELOCIDADES.

CONDICIONES DE OPERACIÓN.

$P_{in\ max}$	=	20.59 Bar	21.00 Kg/cm ²	298.69 Psig	2060.1 kpa
$P_{in\ min}$	=	11.77 Bar	12.00 Kg/cm ²	170.68 Psig	1177.2 kpa
$P_{out\ max}$		3.92 Bar	4.00 Kg/cm ²	56.89 Psig	392.4 kpa
$P_{out\ min}$		1.96 Bar	2.00 Kg/cm ²	28.45 Psig	196.2 kpa

$$Q_{max} = 300.000 \text{ SCMH} = 0.254 \text{ MMSCFD}$$

$$P_{atm} = 14.67 \text{ Psia} \quad \text{Elevación (m.s.n.m.):} \quad 42$$

DIAMETROS Y VELOCIDADES.

Utilizando la Ecuación de Continuidad de la Mecánica de Fluidos obtenemos las velocidades de entrada y salida en la Estación de Regulación y Medición.

$$Q = v \cdot A$$

Donde:

Q → Flujo
v → velocidad
A → Área

Ubicación del Medidor: **BAJA PRESIÓN**

Línea de Filtración y Regulación

ENTRADA

$$Q_{act\ in} = Q_{s\ max} \left(\frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{in\ min} + P_{atm}) (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ in} = 22.86 \text{ ACMH}$$

$$D_{in} \geq \left(\sqrt{\frac{Q_{act\ in}}{0.785 \cdot v(m/s) \cdot 3,600}} \right) \left(\frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 20 \text{ m/s}$$

Diámetro de entrada requerido:

$$D_{in} \geq 0.792 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de entrada

$$DN_{in} = 1" \emptyset \quad \text{CED 40}$$

$$D_{int\ in} = 1.049$$

$$v_{in} = \left[\frac{(Q_{act})_{in}}{0.785 \cdot (DN_{in})^2} \right] \left(\frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{in} = 11.394 \text{ m/s} \quad 37.382 \text{ ft/s}$$

SALIDA

$$Q_{act\ out} = Q_{s\ max} \left(\frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{out\ min} + P_{atm}) (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ out} = 98.275 \text{ ACMH}$$

$$D_{out} \geq \left(\sqrt{\frac{Q_{act\ out}}{0.785 \cdot v(m/s) \cdot 3,600}} \right) \left(\frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 20 \text{ m/s}$$

Diámetro salida requerido:

$$D_{out} \geq 1.642 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de salida

$$DN_{out} = 2" \emptyset \quad \text{CED 40}$$

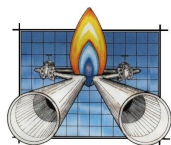
$$D_{int\ out} = 2.067$$

$$v_{out} = \left[\frac{(Q_{act})_{out}}{0.785 \cdot (DN_{out})^2} \right] \left(\frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{out} = 12.616 \text{ m/s} \quad 41.391 \text{ ft/s}$$

Donde:

$DN_{out} \rightarrow$ Diámetro del Medidor y de Salida de la ERM.



1.5.2. SELECCIÓN DEL REGULADOR

DEMOSTRACIÓN DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DE FLUJO DEL REGULADOR PARA UNA PRESIÓN DE ENTRADA DE 21.0 Kg/cm² (298.69 Psi), Y UN FLUJO DE 274.08 m³/hr.

$$Q = K\sqrt{P_o(P_i - P_o)} \quad \text{Cuando } P_i / P_o < 1.894$$

$$Q = KP_i/2 \quad \text{Cuando } P_i / P_o > 1.894$$

Dónde:

$Q \rightarrow$ Máximo flujo en m³/hr (SG = 0.6).

$K \rightarrow$ Constante de flujo presión manométrica de diseño.

$P_i \rightarrow$ Presión de entrada Absoluta (Bar).

$P_o \rightarrow$ Presión de Salida absoluta (Bar).

$$\frac{P_i}{P_o} = \frac{21.605}{2.973} = 7.267 \rightarrow \frac{P_i}{P_o} > 1.894$$

Por lo tanto: $Q = KP_i/2$

La constante K para orificio de 6.35 mm (1/4") es igual a 54.1.

$$Q = (54.1) \frac{21.605}{2} = 584.41 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

De lo anterior se demuestra que para la Presión de entrada a 21 Kg/cm² (298.69 Psi), el regulador tiene la capacidad de suministrar el flujo máximo que se requiere de 300.00 m³/hr (10,594.40 SCFH).

1.5.3. SELECCIÓN DEL MEDIDOR.

Tomando en cuenta la altitud donde se efectuará el consumo de Gas Natural, tenemos que el máximo flujo en la línea de salida en condiciones actuales es:

Pressure Factor...

Flowing Conditions...

Metering Pressure: 28.45 Psi Elevation: 42 Meters

Flowing Temp: 20 Celsius

Volume Values...

Metered Volume: 98.964 M³ Adjusted Volume: 300.00 M³

Calculate

Calculated Values...

Pressure Factor: 3.0314 Atmospheric P: 14.667 Psi

Base Conditions Get Save Print Close



$$Q_{act\ out} = 98.96\ ACMH$$

Con este valor y la presión mínima de salida de 2 Kg/cm² (28.45 Psi), podemos determinar el tipo y tamaño del medidor que debemos utilizar, para las condiciones que nos arrojan los cálculos anteriores:

Line Mounted											
Model			G16	G25	G40	G65	G100	G160 3"	G160 4"	G250	G400 4"
Base Rating (m ³ /h)			25	40	65	100	160	250	250	400	650
Meter Oper. Press.			Corrected Capacity at Metering Pressure in Nm ³ /h								
PSIG	kPa	Bar									
3	21	0,2	29,5	47,3	76,8	118,1	189,0	295,3	295,3	472,5	767,8
5	34	0,3	32,9	52,7	85,6	131,7	210,7	329,3	329,3	526,8	856,1
10	69	0,7	41,4	66,3	107,7	165,6	265,0	414,1	414,1	662,6	1076,7
15	103	1,0	49,9	79,8	129,7	199,6	319,3	499,0	499,0	798,4	1297,4
20	138	1,4	58,4	93,4	151,8	233,5	373,7	583,8	583,8	934,1	1518,0
30	207	2,1	75,4	120,6	195,9	301,4	482,3	753,6	753,6	1205,7	1959,3
40	276	2,8	92,3	147,7	240,1	369,3	590,9	923,3	923,3	1477,3	2400,5

Para las condiciones de operación mencionadas con anterioridad se seleccionó un **Medidor Tipo Pistón Rotativo G-100 DN 50 mm (2"Ø) ANSI 150**, el cual podrá medir un flujo en condiciones actuales de 160m³/h, que a la máxima presión de salida, respectivamente, nos dará un flujo corregido aproximado de:

Pressure Factor...

Flowing Conditions...

Metering Pressure: 28.45 Psi Elevation: 42 Meters

Flowing Temp: 20 Celsius

Volume Values...

Metered Volume: 160.00 M³ Adjusted Volume: 485.026 M³

Calculate

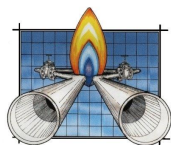
Calculated Values...

Pressure Factor: 3.0314 Atmospheric P: 14.667 Psi

Base Conditions Get Save Print Close

$$Q_{MAX} = 485.026\ ACMH$$

De acuerdo al cálculo anterior el medidor G-100, estará trabajando al 61.9% de su capacidad.



1.5.4 SELECCIÓN DE LA VÁLVULA SHUT OFF.

La selección de la Válvula Shut off se realiza de acuerdo a manuales proporcionados por el fabricante y de acuerdo a las condiciones de operación calculadas. De acuerdo a las tablas se puede comprobar que la válvula seleccionada 634M de DN 25 mm (1" de Ø), cumple con las condiciones de flujo y presión (300.00 m³/h (10,594.4 SCFH), 12.0 kg/cm² (170.68 Psi) presión de entrada y 2.0 kg/cm² (28.45 Psi) presión de salida)

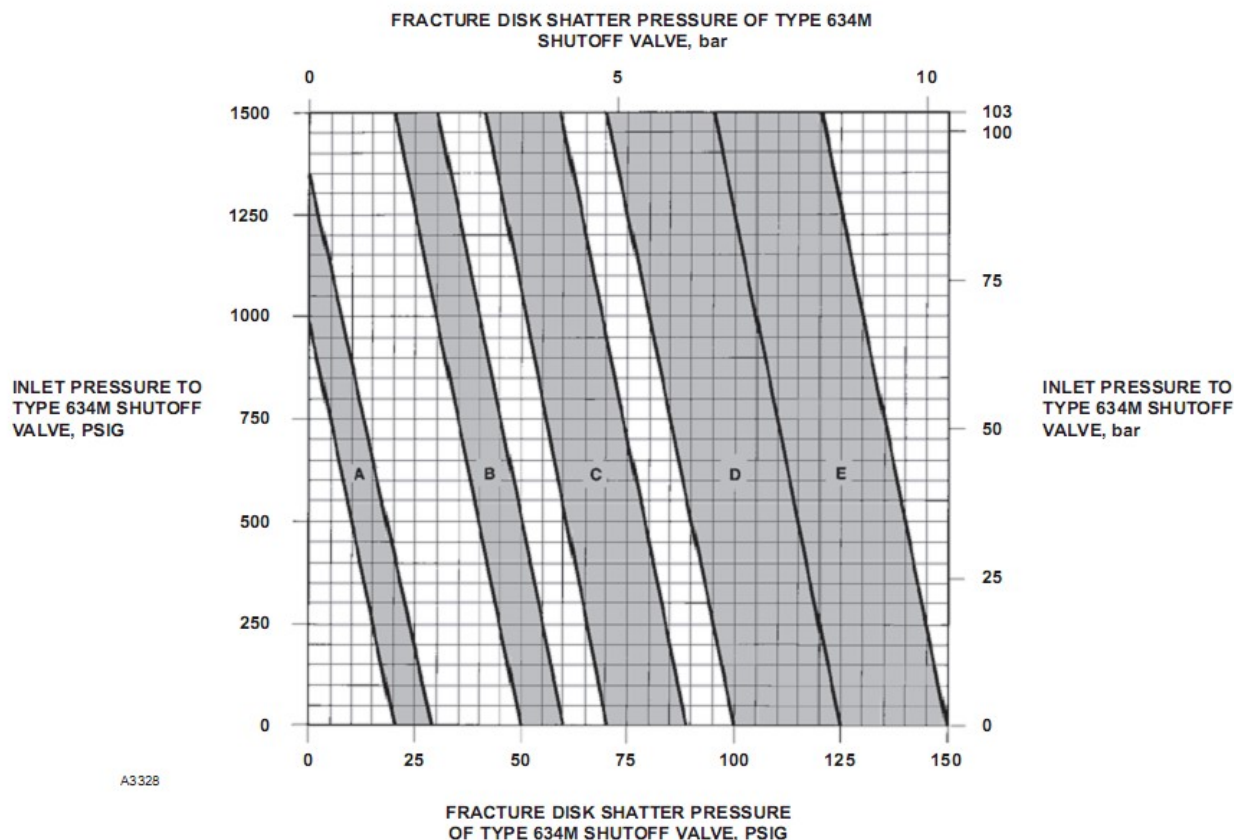


Tabla 5.11. Capacidades típicas.

PRESION DE ENTRADA A LA VÁLVULA SHUT OFF, Psig (bar)	CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA VALVULA SHUTOFF Psig (bar)	FLUJO ENSCFH (m ³ /h), GRAVEDAD ESPECIFICA 0.6	
		¾" CUERPO	1" CUERPO
100 (6,9)	1 (0,069)	6,000 (161)	7,000 (188)
	5 (0,34)	13,000 (348)	15,000 (402)
500 (34)	1 (0,069)	13,000 (348)	15,000 (402)
	5 (0,34)	29,000 (777)	34,000 (911)
1000 (69)	1 (0,069)	18,000 (482)	21,000 (563)
	5 (0,34)	40,000 (1072)	46,000 (1233)



PRESIÓN DE RUPTURA		DISCO DE FRACTURA	
Válvula shut off tipo 634	Válvula shut off tipo 634M	Color	No. Parte
20 a 28 psig (1,4 a 1,9 bar)	20 a 28 psig (1,4 a 1,9 bar) de 0 psig (0 bar) presión de entrada; ver curva A para otras presiones.	Rojo	29A1936X012
50 a 60 psig (3,4 a 4,1 bar)	50 a 60 psig (3,4 a 4,1 bar) de 0 psig (0 bar) presión de entrada; ver curva B para otras presiones.	Amarillo	29A1936X022
72 a 88 psig (5,2 a 6,1 bar)	72 a 88 psig (5,2 a 6,1 bar) de 0 psig (0 bar) presión de entrada; ver curva C para otras presiones.	Blanco	29A1936X032
100 a 125 psig (6,9 a 8,6 bar)	100 a 125 psig (6,9 a 8,6 bar) de 0 psig (0 bar) presión de entrada; ver curva D para otras presiones.	Negro	29X1936X042
125 a 150 psig (8,6 a 10 bar)	125 a 150 psig (8,6 a 10 bar) de 0 psig (0 bar) presión de entrada; ver curva E para otras presiones.	Azul	29A1936X052



1.5.5 SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD.

Número de Válvulas	1

VARIABLE	CANTIDAD/UNIDADES	
Orificio (Diámetro D)	0.78	cm ²
Área		
Presion de ajuste:	2.40	kg/cm ²
Temperatura:	20.0	°C

Fluido:	GAS NATURAL

Formula empleada según ASME sección VIII, NOM 093.

$$v = \frac{A \cdot 17.2 \cdot K_d \cdot C \cdot P \cdot K_b}{\sqrt{T} \cdot \sqrt{Z} \cdot \sqrt{M}}$$

Tabla de simbología y significados de las variables de la formula anterior.

SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO		COMENTARIOS	
Kd	Factor de descarga	0.874	Factor Vayremex	
			Adimensional	
P	Presión Absoluta a la entrada de la válvula	3.7	Bar	
	Se calcula sumando:			
	Presión de Ajuste:	2.4	Bar	
	Sobre-presión:	0.24	Bar	
		10%	de la presión de ajuste	
	Presión atmosférica a nivel del mar:	1.013	Bar	
C	Constante (Relación de calor específico)		Adimensional	
$C = 520 \sqrt{K \left\{ \frac{2}{K+1} \right\}^{\frac{K+1}{K-1}}}$				
		K=	1.27	
		C=	344.13	
Kb	Factor de corrección por contrapresión	1	Adimensional	
T	Temperatura absoluta a la entrada de la válvula	293	°K	
	Se calcula sumando:			
	Temperatura de relevo:	20	°C	
	Mas °Kelvin	273	°K	
Z	Factor de compresibilidad	1	Adimensional	
M	Peso Molecular	19	Adimensional	
$v = \frac{14,953.24}{74.61}$				
		v =	200.4	m³/hr

VALVULA DE SEGURIDAD - ORIFICIO D - ENTRADA 12.7 mm (1/2" de Ø) Y SALIDA 19.05 (3/4" de Ø)



1.5.5 CÁLCULO DE ESPESORES DE TUBERÍAS

1.5.5.1 Cálculo para la tubería de DN 50 mm (2" de Ø).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Dónde:

- t → Espesor mínimo de la tubería
- P → Presión manométrica de diseño
- D → Diámetro exterior de la tubería
- S → Resistencia mínima a la cadencia
- F → Factor de diseño por densidad de población
- E → Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería
- T → Factor de corrección por temperatura del gas.
- T → 1 si la temperatura del gas es $\leq 400^\circ \text{K}$

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación ASTM A53 Grado B, Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$$S = 35,000 \text{ Psi} = 241,316.5 \text{ KPa}$$

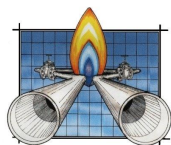
Pipe Data...	
Diameter:	2.375 Inches
Wall Thickness:	0.025 Inches
SMYS:	35000 Psi
Pressure:	298.69 Psi

Design Factors...	
Class Location:	Class 4
Location Exceptions:	Fabricated assemblies
Longitudinal Joint:	ASTM A53 - Electric Resistance Welded
Operating Temperature:	250 F (121 C) or less

Value...
0.40
1.00
1.000

Calculate

Get Save Print Close



De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de DN 50 mm (2" de Ø) tenga un espesor mínimo de 0.635 mm (0.025"), más 30% de corrosión, más el 15% de fallas en la construcción nos da un espesor de 0.9493 mm (0.0374"), la tubería de DN 50 mm (2" de Ø) ASTM A53 Grado B Cédula 40 instalada tiene 3.9116 mm (0.154") de espesor sobrepasando el espesor requerido.

1.5.5.2 Cálculo para la tubería de DN 25 mm (1" de Ø)

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación ASTM A53 Grado B. Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$$S = 35,000 \text{ Psi} = 241,316.5 \text{ KPa}$$

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de DN 25 mm (1" de Ø) tenga un espesor mínimo de 0.0762 mm (0.003"), más 30% de corrosión, más el 15% de fallas en la construcción nos da un espesor de 0.1139 mm (0.0045"), la tubería de DN 25 mm (1" de Ø) ASTM A53 Grado B Cédula 40 instalada tiene 3.3782 mm (0.133") de espesor sobrepasando el espesor requerido.

Tabla 5.12. Especificaciones de la Tubería Instalada.

Diámetro Nominal mm (Pulgadas)	Diámetro Exterior mm (Pulgadas)	Espesor mm (Pulgadas)	Especificación
50 mm (2")	60.325 mm (2.375")	3.9116 mm (0.154")	Acero al Carbón ASTM A53 Grado B
25 mm (1")	33.401 mm (1.315")	3.3782mm (0.133")	Acero al Carbón ASTM A53 Grado B



VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

VI.1. Antecedentes de accidentes e incidentes ocurridos en ductos similares

Hasta este momento de operaciones de la **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.** no se han registrado ningún tipo de accidentes en sus instalaciones, por lo que se presenta un archivo de investigación de accidentes en otros ductos en México.

Dentro de los eventos ocurridos en los últimos años relacionados con gasoductos en la República Mexicana, se encuentran los que se enlistan a continuación, antes cabe hacer mención que el común denominador en la mayoría de estos accidentes es que son provocados por acciones humanas.

Dentro de los eventos ocurridos en los últimos 15 años relacionados con el gas natural, se encuentran los siguientes:

El día 5 de julio de 2007 un hundimiento en la delegación Iztapalapa ocasionó que se cerrara el ducto de ocho pulgadas Añil-Cuernavaca.

Ese mismo día, en Guanajuato se registró una explosión en la válvula de seccionamiento ubicada en la carretera Salamanca-Valle de Santiago.

Posteriormente el 8 de julio el vocero de Petróleos Mexicanos (PEMEX), Alfonso García Moreno, confirmó que fue puesto en operación el primer tramo (Celaya-Salamanca) del gasoducto de 36 pulgadas que resultó afectado por las explosiones del 5 de julio y que se encuentra en terreno salmantino. También agregó que para la reanudación de operación del ducto trabajaron 300 técnicos en el lugar de los hechos.

A través de un boletín informativo Pemex detalló que para la reparación del gasoducto en ambos tramos fue necesario colocar un 'bypass' que permitió unir los tramos no afectados para, posteriormente, reanudar el suministro de gas natural por esta vía.

Antes de que fuera abierto en servicio el ducto, se realizó un protocolo de seguridad que garantiza la integridad física y hermeticidad.

El comunicado aclara que el suministro de gas en las distintas regiones no se suspendió gracias a que éste fue relevado por mecanismos alternos. Mientras tanto en Salamanca, Valle de Santiago y Celaya los trabajadores de la paraestatal y de las compañías contratadas para la rehabilitación de los ductos afectados con las explosiones continuaron.



Estas averiguaciones obedecían a las denuncias presentadas por el representante legal de Petróleos Mexicanos, con motivo de las explosiones de ductos pertenecientes a esta paraestatal en los municipios de Celaya y Salamanca, así como la fuga de gas en un ducto del municipio de Celaya, Guanajuato, según informó la PGR a través de un comunicado.

Petróleos Mexicanos (Pemex) suspendió el suministro de gas natural en el estado de Querétaro, luego de que la madrugada del martes 11 de julio, 2007 una explosión en la caseta de válvulas de seccionamiento ocasionó una pérdida de presión inusual en el gasoducto de 36 pulgadas México-Guadalajara.

Asimismo, se suspendió la operación del gasoducto LPG, de 14 pulgadas Cactus-Guadalajara, Pemex y el suministro del combustible se realizó por medio de pipas, además de que la mayor demanda que se registró, debido a que las empresas de la zona no tenían gas natural, quedó cubierta con el combustible que se tenía en existencia en las plantas de almacenamiento de la entidad.

Se estimó que el oleoducto de 16 pulgadas Poza Rica-Salamanca estaría reparado en unas 48 horas. Disminuyendo de esta forma la producción de gasolinas.

En cuanto a la refinería Ingeniero Antonio M. Amor, la producción de gasolinas disminuyó en 45 mil barriles, la de diésel 25 mil barriles y la de lubricantes quedó interrumpida por el momento y para satisfacer la demanda de gasolinas el suministro de éstas se realizó desde la refinería Miguel Hidalgo, en Tula, Hidalgo, y para el diésel a través de las terminales de Almacenamiento y Reparto de Manzanillo, Tula y Cadereyta, y de las refinerías de estas dos últimas ciudades.

Aunque el incendio fue controlado por personal de la paraestatal en coordinación con elementos de Protección Civil estatal y municipal, a fin de garantizar la seguridad de las personas, fueron desalojados los habitantes de las poblaciones aledañas al lugar.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuicola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0



El 20 de Julio de 2007 se detectaron dos fugas de gas natural en un gasoducto de Celaya de la compañía Gas Natural México (GNM). La primera fuga se descubrió el miércoles 18 de julio en un ducto de GNM instalado en las inmediaciones de la comunidad Crespo (en Celaya); a sólo 300 metros de donde ocurrió una de las explosiones del 5 de julio y cerca de zonas habitadas.

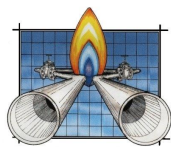
Personas que acudieron a reparar la avería, comentaron que la fuga fue ocasionada por una fisura en la tubería y que logró ser controlada. Sin embargo, la mañana del jueves se detectó otra fuga más a sólo tres metros de donde personal de la compañía hizo las primeras reparaciones.

Elementos de la empresa controlaron el incidente y buscaron más fugas en las inmediaciones, aunque sin informar a los lugareños qué fue lo que ocurrió. Iram Álvarez de la Rosa, titular de Protección Civil en Celaya, señaló que las fugas quedaron completamente reparadas y sin que se hubieran generado riesgos para la población.



El 22 de mayo de 2008 Una fuga de gas de la empresa Gas Natural en la carretera Panamericana, en el entronque con el Eje Norponiente Manuel Clouthier, originó un desquiciamiento de vialidad sobre esta zona, ya que las unidades de vialidad tuvieron que cerrar la Panamericana desde donde empieza el puente (en la Pepsi con circulación de oriente a poniente) que permite entroncar este eje con el Juan Pablo II, hasta la entrada a Pemex por la circulación de poniente a oriente.

De acuerdo a lo manifestado por Alfredo Ahedo de Protección Civil de Celaya, esta dependencia recibió el reporte de una fuga de gas en el sitio señalado a las 18:30 hrs., aproximadamente,



acudiendo en la unidad 05 y constatando que era positivo el reporte, mencionando que probablemente la fuga de este carburante se debió a que unos trabajadores de esa empresa al realizar sus labores afectaron un ducto de 2.5 pulgadas, con 2.5 kilogramos de presión sobreviniendo el escape que preocupó a los trabajadores y que movilizó a una serie de unidades.

Para esto, cuando arribaron patrullas y la unidad de Protección Civil, en el lugar estaban las unidades 0363 y 0440 de gas natural, así como otra unidad al parecer de la misma empresa. Para facilitar las labores de corrección, se utilizó un trascabo "mano de chango", que cavó una buena dimensión de terreno sobre la carretera para que los trabajadores de la empresa gasera pudieran laborar, estas labores fueron apoyadas por bomberos.

Dos trabajadores de esa empresa estuvieron haciendo labores en donde estaba la fuga y de repente se escuchó un fuerte ruido que resultó ser un escape de gas que levantó una cortina transparente, probablemente fue para desfogar la presión en el ducto que surte a las empresas de esa región. Cinco minutos fue lo que duró ese escape de gas, hasta que empezaron a echarle tierra para apaciguarlo y así dos empleados bajaron con tanques de oxígeno y caretas protectoras, para tratar de corregir la fuga, "pinzando" el ducto y así poder cerrar la fuga.

La unidad 0324 de Gas Natural, llegó con material para seguir con los trabajos de restauración. El cierre de esa circulación duró más de tres horas.

Es de señalar que acudieron por parte de la Guardia Municipal las unidades 026, 415, 02; así como las unidades 63 y 024 de Tránsito municipal y las unidades 03239 y 03403 de Tránsito y Transporte del Estado. Atentos y apoyando en todos los trabajos estuvieron los elementos de bomberos del centro con la unidad M-4, por fortuna no hubo nada lamentable, solamente la preocupación por esta fuga.



A principios del mes de noviembre del 2008, ocurrió un incendio no controlado debido a tres explosiones registradas en la madrugada de un ducto de gas LP y ducto de gasolina magna, Premium y diésel de refinación 10, de PEMEX, en los municipios de Salamanca, Valle de Santiago, Cortázar, Pueblo Nuevo y Celaya. La primera detonación ocurrió en el gasoducto que va de Salamanca a Guadalajara, en el tramo entre Celaya y Salamanca, alrededor de la una de la



mañana, la segunda detonación a la altura de la caseta de válvulas del gasoducto en la ciudad de Celaya, donde una pequeña parte de la población fueron desalojados y refugiados en el Seminario Diocesano.

Respecto a la tercera explosión, se registró una fuga de gas en el Valle de Santiago, donde hubo una fuga de gas que fue controlada a tiempo.

Fuentes oficiales indicaron que los tramos carreteros de Valle de Santiago y Salamanca fueron reabiertos en su totalidad y solo queda pendiente la apertura del Libramiento Sur de Celaya.

La coordinación de Protección Civil estatal solicitó el apoyo del Ejército para evacuar a los habitantes que se refugiaron en las partes altas de la ciudad de Salamanca y sobre las carreteras después de los primeros estallidos.

El fuego y el humo eran visibles desde gran parte de los municipios aledaños, incluso desde la ciudad de León, ya que las llamas alcanzaron varios metros de altura; las primeras reacciones de la gente fueron de pánico, pues pensaban que serían alcanzados por las explosiones y el fuego.

El gobernador de Guanajuato, Juan Manuel Oliva Ramírez, afirmó en rueda de prensa que en el caso de Celaya esperarán a que gasolina y gas se consuman en su totalidad por cuestiones de seguridad, lo que podría ocurrir el sábado.

Sin embargo, a pesar de que la situación en ese municipio estaba controlada y las personas ubicadas en los albergues debieron esperar la autorización de las autoridades correspondientes para retornar a sus casas.

Sobre otros incidentes en el manejo de gas natural a través de gasoductos se cuenta con los siguientes reportes.

Antecedentes de accidentes reportados en la zona conurbada de la Cd. de México, perteneciente al Estado de México, relativos a Redes de Gas Natural, son los siguientes:

- El martes 4 de noviembre de 2003 se registró una explosión en las calles 16 de Septiembre, 5 de Mayo y Niños Héroes, en la colonia Santa María Tepepan, en la delegación Xochimilco, la cual fue provocada por una fuga de gas natural en el gasoducto para gas natural que se estaba instalando en la zona la empresa Metrogas.
- El 12 de septiembre de 2008, a la altura del kilómetro 34 de la autopista México-Querétaro, un ducto de gas natural estalló en el municipio mexiquense de Cuautitlán Izcalli que originó llamas de 50 metros de altura. El accidente se registró cuando se realizaban trabajos de reparación en unos ductos de gas cercanos a la zona de la Unidad Militar, en la colonia las Conchitas del Estado de México.

Como se aprecia, uno fue por falla en una de las piezas de la tubería y el otro por accidente en el momento de hacer trabajos cerca de estas instalaciones. Si se tienen los cuidados necesarios, la posibilidad de accidentes así es mínima.

Antecedentes de incidentes con gasoductos en los Estados de Tamaulipas y Nuevo León por las varias líneas de conducción que pasan por esta zona. La paraestatal Petróleos Mexicanos (Pemex), registró este lunes 14 de noviembre de 2011 una explosión en un gasoducto en el



municipio de General Bravo, Nuevo León, accidente que se atribuye en primera instancia a la toma clandestina de combustible.

La explosión del ducto de 35 pulgadas dejó el saldo de una persona herida, quien según cita el diario El Universal, circulaba a bordo de su vehículo a la altura del kilómetro 143 de la carretera libre Monterrey-Reynosa en el momento del accidente.

El director de Protección Civil de la entidad, Jorge Camacho Rincón, informó que la llama del incendio registra hasta 10 metros de altura, mientras se esperaba que se consuma el gas que contiene el ducto.

En 2012 Pemex ha enfrentado al menos tres incendios de consideración, dos de ellos en la refinería Madero, en el estado de Tamaulipas, y uno más en una plataforma marina.

El día 2 de septiembre de 2012 se produjo una conflagración en una planta hidrosulfuradora de la refinería Madero, donde el saldo fue de cuatro trabajadores con lesiones graves y daños materiales menores que no llegaron a afectar los procesos de la planta. Casi un mes antes, en esa misma refinería estalló una caldera de la planta hidrosulfuradora U-300. En esa ocasión no se reportaron lesionados.

El día 18 de septiembre de 2012 Petróleos Mexicanos informó que se desató en uno de los principales centros de distribución del gas producido en la cuenca de Burgos (que abarca parte de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas).

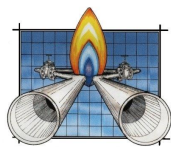
En todo momento se descartó, en principio, que la causa de los daños fuera una toma clandestina abierta para el robo del combustible o de algún tipo de sabotaje. El director de la paraestatal informó que los primeros reportes apuntan a una fuga de gas.

De acuerdo con los datos de Pemex, en el Centro Receptor de Gas y Condensados, donde ocurrió el siniestro, se concentra buena parte de la producción de la cuenca de Burgos e incluso combustible importado. Desde allí es enviado a diversas plantas criogénicas que se encuentran en la zona para luego entregarlo a Pemex Gas y Petroquímica Básica para su posterior distribución y venta final en la mayor parte del país.

El gasoducto que corre de Reynosa a Monterrey explotó a las 10:45 y provocó la muerte al menos de 26 trabajadores de la paraestatal y de empresas contratistas, así como lesiones diversas a otros 46 (según las últimas cifras) y siete desaparecidos que se encontraban en las instalaciones del Centro Receptor de Gas y Condensados de Pemex Exploración y Producción, en Reynosa, Tamaulipas.

El fuego, según la versión oficial, empezó a las 10:45 y fue controlado a las 12:40 gracias a la intervención de bomberos estatales y municipales, así como las unidades contra incendio de Pemex. También se contó con el apoyo de elementos de Mission, en el sur de Texas, que fueron alertados de la explosión.

En el campo del transporte y distribución de gas natural en el ámbito internacional, sí existen ejemplos de accidentes que han sido motivo de análisis y de generación de reglamentos y normatividades cuyo objetivo ha sido el enfoque a la minimización de sus riesgos.



Los principales riesgos derivados del manejo del gas natural se concentran en la acumulación de éste en espacios cerrados principalmente, ya que la presencia de roturas en líneas de conducción hacia la atmósfera tiene una relativa área reducida de afectación, como podrá apreciarse en los resultados de la estimación de los distintos escenarios que serán tratados en este estudio; a diferencia de accidentes de instalaciones de gas natural licuado en donde las acumulaciones del producto serán mucho muy superiores a las resultantes de ductos en fase gaseosa.

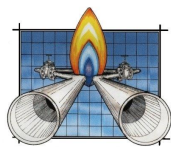
A continuación, se citan algunos ejemplos de accidentes originados por gas natural, originados de instalaciones cuyo manejo era en fase gaseosa:

Debido a Fugas. El poder de destrucción de este combustible quedó evidenciado en uno de los accidentes más graves de la historia del estado de Texas en los Estados Unidos de América el 18 de Marzo de 1937. Un edificio escolar de concreto y acero de reciente construcción en New London, TX., fue destruido y cerca de 300 personas entre estudiantes y profesores murieron a consecuencia de una explosión ocasionada por una fuga de gas natural y una chispa eléctrica proveniente del accionar de un interruptor de circuito. Este accidente ocasionó que se establecieran nuevas prácticas en el uso de gas natural y en sus instalaciones: Se implementó el uso de aditivos aromatizantes para darle olor al gas para hacer posible su detección cuando ocurra una fuga. En su estado natural, el gas natural, compuesto principalmente de metano (80% – 95%), no tiene olor ni color, y esta fue una de las razones del porqué la fuga no fue detectada a tiempo. Lo que permitió la acumulación de gas dentro del edificio escolar hasta alcanzar la concentración necesaria para su inflamación y explosión (límite explosivo: de 5% hasta 15% en volumen, mezclado con aire, a condiciones de 1 atm de presión y 25°C). Además, también como consecuencia de este accidente, se revisaron y mejoraron las prácticas de ingeniería y los requisitos para las instalaciones de distribución de gas natural.

El día 17 de Octubre de 2004, ocurrió una explosión en un cuarto de control de la línea 1 del metro, localizada en la Ciudad de Monterrey N. L., originando el derrumbe de dicho cuarto de control causando heridas a personas que esperaban el camión colectivo sobre esa acera. Se determinó que existían fugas debidas a la porosidad del gasoducto. Se observó, además, que no existía colchón de arena que protegiera la tubería de la acción de piedras, puesto que el relleno contenía tierra con gran cantidad de ellas (que originan en parte el desgaste de la tubería), línea propiedad de una distribuidora de gas.

Por fenómenos meteorológicos. Otro incidente ocurrió el día 21 de Julio de 2005, cuando se presenta un colapso en un Puente, en el municipio de Guadalupe de Nuevo León, causado por la Tormenta Tropical Emily, a las 4:00 A.M. El daño se debió por un deslave de tierra y fuga de gas, línea propiedad de una distribuidora.

Por daños provocados por terceras personas. El 18 de abril de 2006 se presentó una fuga de gas natural originada por un trasecho de la compañía contratista que realizaba la ampliación de la carretera en el municipio de Escobedo, N. L., dicha maquinaria golpeó el ducto de una empresa privada de distribución de gas, provocando el cierre de la carretera Saltillo-Monterrey-Nuevo Laredo durante casi una hora. El accidente fue atendido de inmediato para reparar el ducto y se procedió al monitoreo de la fuga para controlar el riesgo y detectar una posible propagación del



gas. No se registraron lesionados ni hubo necesidad de reubicar a personas, ya que el incidente ocurrió en una zona despoblada.

Problemática de Riesgo por el manejo de Gas Natural. Los riesgos mayores en la industria del gas natural se presentan cuando éste es condensado para su transporte o almacenamiento, generando grandes volúmenes de concentración de gas en relativamente pequeños espacios confinados. La ocurrencia de un descontrol operativo, una falla mecánica de material, una afectación por causas externas a las instalaciones, originan grandes riesgos de incendio y explosión. Lo anterior es debido a que el manejo de volúmenes de gas natural líquido genera grandes volúmenes de gas en forma de vapor, 442 litros de vapor de gas son generados por la evaporación de un litro de gas natural licuado.

El manejo de gas natural en estado gaseoso reduce considerablemente estos riesgos. Existen gran cantidad de accidentes relacionados con instalaciones de gas natural licuado mientras que en instalaciones de gas natural gaseoso los accidentes que figuran en la literatura son mínimos respecto a las primeras.

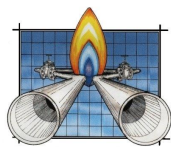
No obstante, lo anterior el gas natural en estado vapor debe ser tratado como un elemento peligroso por su capacidad de riesgo hacia el incendio y la explosión.

El gas natural en forma abierta o confinada a una concentración en el aire, que oscile entre el 5 y 15% y expuesto a una fuente de ignición, desarrolla una combustión violenta que producirá una onda expansiva proporcional a la masa de gas expuesta. En condiciones de no confinamiento, se requiere una masa superior a 454 kilogramos de gas en una nube para producir una explosión.

Las explosiones se caracterizan por una onda de choque que puede producir un estallido y causar daños a personas o a materiales. Las lesiones y los daños son ocasionados primeramente por la onda de choque de la explosión.

Los efectos de la onda de choque varían según las características del material involucrado, su cantidad y el grado de restricción de la nube. Por consiguiente, las presiones máximas en una explosión varían de una ligera sobrepresión a cientos de kilopascals (KPa). Las lesiones directas se producen a presiones de 5 a 10 Kpa (0.7 a 1.4 Psi) una sobrepresión mayor origina por lo general la pérdida de la vida, mientras que las edificaciones se derrumban y las ventanas y las puertas se rompen a presiones tan bajas como de 3 (0.4 Psi) a 10 Kpa (1.4 Psi).

Las explosiones pueden producirse en forma de una deflagración o de una detonación, en función de la velocidad de combustión durante la explosión. Se produce una deflagración cuando la velocidad de combustión es relativamente lenta, del orden de 1 m/seg. En una detonación, en cambio, la velocidad de la llama es extremadamente elevada. El frente de la llama se desplaza como una onda de choque, con una velocidad normal de 2,000 a 3,000 m/seg. Una detonación genera mayores presiones y es mucho más destructiva que una deflagración. La presión máxima causada por una deflagración en una tubería con una fuga a la atmósfera gira en torno a los 70 – 80 Kpa (10 – 11.6 psi), mientras que una detonación puede alcanzar fácilmente una presión de 200 Kpa (29 psi).



El hecho de que se produzca una deflagración o una detonación dependerá de las características de la fuga y las condiciones de su ocurrencia. En el presente estudio se analizarán estas condiciones y características de posibles eventos.

La diferencia entre una mezcla inflamable y una mezcla explosiva depende de la cantidad y localización de la mezcla en el momento de la ignición. Por ejemplo, si una mezcla correcta de gas y aire pasa por un tubo venturi a las espreas de salida de un quemador, esta mezcla arderá en el momento que se encienda, continuando igual mientras siga proporcionando gas correctamente.

Si la mezcla se confina dentro de un área sin suficiente ventilación, como un cuarto, un sótano, un edificio etc., se tornará explosiva y si se enciende explotará. Sin embargo, si la mezcla de gas y aire se vuelve demasiado pobre o demasiado rica en contenido de gas no podrá explotar. Estas dos diferentes condiciones son los llamados límites de inflamabilidad, que se miden por porcentajes de contenido. Entre los límites inferior y superior, existe un porcentaje de mezcla que recibe el nombre de "mezcla carburada" y es el objetivo a conseguir en un quemador eficiente.

En México se empezó a distribuir gas natural desde finales de la década de los años 1920 en el norte del país y actualmente el número de usuarios en todos sus niveles está por arriba de los 1.5 millones. Los accidentes que se han presentado en este periodo de tiempo se han circunscrito a deflagraciones, incendios y explosiones originados por fugas en lugares confinados que impidieron la dispersión del gas.

No se reportan accidentes o incidentes causados por gas natural en el estado de Sonora.

VI.2. Puntos probables de riesgo

VI.2.1. Metodología para la identificación de los puntos de riesgo

El transporte y distribución de gas natural, es una actividad comúnmente adoptada en la industria y en las instalaciones de aprovechamiento, la cual se enfoca en los riesgos de su manejo y utilización a la generación de incendios o explosiones derivadas de fugas. Por tal motivo la determinación de éstos, en sus aspectos cualitativos, cuantitativos y de consecuencias se basan en procesos y prácticas ampliamente conocidas.

El proceso de análisis de riesgo consiste en la identificación, valoración y mitigación sistemática de los riesgos potenciales de la red a ampliar de transporte de **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**

Esta es una función importante en el proceso de las actividades gerenciales, enfocadas a la seguridad que requieren de una cantidad sustantiva de tiempo, esfuerzo y aplicación de expertos especializados. La importancia de esta actividad está contenida en la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) PSM Standard Title 29 CFR 1910.119, la cual requiere de un proceso de análisis de riesgo inicial de todos los procesos bajo este estándar.

El análisis de los riesgos del sistema requiere de una identificación proactiva de éstos, su evaluación y su disminución o prevención.



Los criterios de selección de la metodología para la identificación y jerarquización de riesgos dependen del alcance y la profundidad de identificación de éstos, ya que existen técnicas tan simples como ¿Qué pasa Sí?, Listas de verificación, índices de Dow o Mond, etc., que son aplicadas a procesos simples y dan buenos resultados de análisis con unos minutos de aplicación.

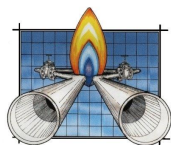
Otras metodologías más estructuradas y de aplicación a procesos más complejos pueden ser tales como el análisis de modos de fallo efecto y criticidad (FMECA), análisis de árbol de fallas o árbol de sucesos, análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP), etc., dado que éste último considera a los procesos desde su diseño, la construcción de la instalación, su operación y mantenimiento, es una de las técnicas más utilizadas, ya que engloba todas las fases y todas las operaciones del campo motivo de análisis.

Metodología para el análisis de consecuencias

Se entiende por análisis de consecuencias la evaluación cuantitativa de la evolución espacial y temporal de las variables físicas representativas de los fenómenos peligrosos en los que intervienen sustancias peligrosas, y sus posibles efectos sobre las personas, el medio ambiente y los bienes, con el fin de estimar la naturaleza y magnitud del daño.

Los análisis de consecuencias deben estudiar los diferentes tipos de accidentes potenciales en establecimientos industriales que pueden producir fenómenos peligrosos para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales. Estos tipos de accidentes potenciales se seleccionan a partir de un correcto análisis e identificación de riesgos. Son los siguientes:

1. Fugas o derrames incontrolados de sustancias peligrosas: líquidos o gases en depósitos y conducciones.
2. Evaporación de líquidos derramados.
3. Dispersión de nubes de gases, vapores y aerosoles.
4. Incendios de charco o "Pool fire".
5. Dardos de fuego o "Jet fire".
6. Deflagraciones no confinadas de nubes de gases inflamables o "UVCE".
7. Estallido de depósitos o "BLEVE".
8. Explosiones físicas y/o químicas.
9. Vertido accidental al medio ambiente de sustancias contaminantes, procedente de fugas o derrames incontrolados.



De entre todos estos posibles tipos de accidentes, tanto en las conducciones (gasoductos) como en los depósitos de gas a presión, la aparición de una pequeña fisura en las paredes trae como consecuencia la descarga del gas contenido formando un chorro de gas a presión. Si el gas fugado se halla a alta presión produce un chorro o fuga inercial que ocupa una larga zona muy limitada transversalmente, con concentraciones de la sustancia progresivamente decrecientes al alejarse del origen de la fuga. En el caso de tratarse de gases inflamables, si se produce su ignición se forma un dardo de fuego o "jet fire" análogo a un soplete de grandes dimensiones, aunque de alcance limitado.

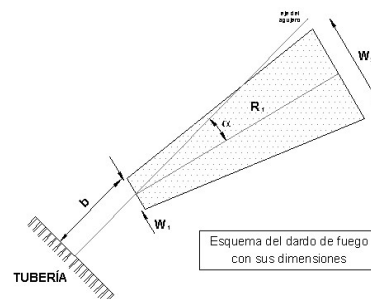


Figura 6.1. Esquema del dardo de fuego o "jet fire" con sus dimensiones, usado para el cálculo de fugas en gasoductos.

Este modelo calcula tanto la forma del dardo, representado como un cono truncado; como la radiación superficial emitida por dicho cono, considerado como cuerpo sólido. Es por esto que se usa este modelo para hacer los cálculos de riesgo para gasoductos de gas natural.

Este modelo nos servirá por tanto para cualquier tipo de fugas en tubería o depósito, siempre que conozcamos la presión en el interior y podamos suponer que ésta permanece constante.

Con él, podremos estimar tanto las dimensiones del dardo de fuego formado, como la radiación que llegaría a distintas distancias o, de otro modo, la distancia a la que nos llega una determinada radiación.

La clasificación de riesgos es una herramienta para ayudar a la administración a decidir dónde hay que asignar recursos en técnicas de evaluación. Un principio clave de la evaluación de riesgos es que las técnicas sólo deben utilizarse en el grado necesario para tomar decisiones en cuanto al control del riesgo. Con una clasificación de riesgos efectiva, la empresa puede concentrar el esfuerzo de evaluación del riesgo en donde proporcione el valor máximo.

Todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) o la CMA (Chemical Manufacturers Association).

Por lo anterior la siguiente metodología será aplicada para la identificación y posterior evaluación de éstos en el presente proyecto:

1. Examinar los riesgos típicos en una tubería de transporte o distribución de gas natural y cómo éstos son disminuidos desde el diseño.
2. Determinación de la probabilidad de ocurrencia de una situación de riesgo para eventos operacionales y extra operacionales. A través de una técnica reconocida y aplicada en sistemas de tuberías de hidrocarburos se analizan eventos operacionales y extra operacionales que originan peligros, logrando identificar y estimar su probabilidad de acaecer.



3. A través de la información recopilada en el estudio de campo realizado para el proyecto se reconocen los puntos de riesgo, logrando la combinación de éstos con el entorno del trazo del gasoducto permitiendo armonizar los escenarios que posteriormente serán simuladas sus consecuencias para la determinación de los radios de afectación.
4. Posteriormente se realiza un análisis Hazop en donde un equipo de expertos define los puntos sensibles al riesgo, determinando nodos que son examinados a través de desviaciones de las variables importantes del proceso de distribución del gas natural. En este ejercicio se logran recomendaciones con enfoque operativo y de seguridad que minimizan o eliminan su ocurrencia. Al término del análisis se evalúa las severidades, las frecuencias y consecuencias de estas desviaciones para ponderar su peligrosidad.

En toda instalación de transporte de gas natural existe una variedad de elementos de falla, como tuberías, filtros, válvulas, accesorios, uniones, equipos de medición y regulación etc., sujetos a defecto o roturas, bajo determinadas circunstancias y dadas las condiciones de presión positiva en su interior, el evento resultante termina en una emisión de gas a la atmósfera.

La emisión de gas a la atmósfera genera un área volumétrica cuya forma y contenido de material fugado, depende de la cantidad de masa del gas, el tiempo de emisión dado hacia la atmósfera, la presión del fluido y las condiciones meteorológicas en el punto de emisión. Los enfoques de clasificación de riesgos son cualitativos por naturaleza y presentan situaciones potenciales de los peligros del peor de los escenarios y asignan causas o componentes del sistema que representan los más probables a originar éste.

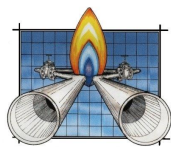
VI.2.2 Análisis y evaluación de riesgos en una tubería de transporte o distribución de gas natural

El análisis y evaluación de riesgos proporciona información relacionada con los procedimientos de diseño para controlar los riesgos asociados, inherentes a la actividad y a los sistemas y luego se desarrolla un análisis de riesgo operacional específicamente hecho para el sistema y las medidas para reducir los peligros y prevenir los accidentes.

El análisis de riesgo operacional es abordado ya que es la fase de vida del sistema que más conflictos a la seguridad puede originar, la fase de construcción, que no involucra la manipulación de gas, se ve notoriamente reducida y acotada a eventos comunes de utilización de herramientas y maquinarias de general uso.

Riesgos en áreas de proceso

En la vida en general y en la actividad industrial en particular es usado el término "riesgo" para hacer referencia a situaciones que entrañan algún peligro para el ser humano, el medioambiente o los bienes en general. Peligro, riesgo y consecuencia (o daño) son a menudo usados indistintamente, sin embargo, es importante tener claros los términos usados y diferenciar correctamente unos de otros para entender bien el concepto asociado al riesgo.



Por tanto, ha de quedar claro que Peligro y Riesgo no son sinónimos, aunque se tienda a confundirlos. Éstos se diferencian en un punto fundamental, mientras que un peligro se puede determinar objetivamente, la estimación del riesgo es estadística. Se habla de estimación y no de cálculo puesto que la materialización de un peligro no es un suceso seguro, sino que hay que hacer uso de la probabilidad para poder cuantificarla.

Dado que la actividad industrial involucra el uso de gran cantidad de sistemas técnicos, cuyo funcionamiento tiene asociado un riesgo de fallo que puede dar lugar a escenarios peligrosos, que desemboquen en accidentes y por consiguiente en daños de distinta tipología en los sistemas técnicos.

Seguridad y Riesgo

Seguridad es estar exento de que un riesgo inaceptable que ocasione lesiones físicas o daños a la salud humana de forma directa o indirecta, como resultado de un daño a la propiedad o al Medio Ambiente.

Riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un suceso con efectos adversos sobre la salud humana, los bienes materiales o el medio ambiente como consecuencias de la exposición de un riesgo a un peligro que pueda provocar un accidente.

El riesgo de un sistema técnico se puede cuantificar como función de la frecuencia de ocurrencia y de la gravedad de las consecuencias:

$$R = f(f,c)$$

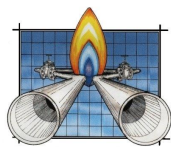
De esta igualdad se puede fácilmente deducir que reduciendo la frecuencia de incidentes y mitigando las posibles consecuencias el riesgo se abate hasta valores aceptables.

Los riesgos en los sistemas técnicos pueden reducirse invirtiendo más dinero en los mismos (por ejemplo, usando materiales más resistentes que mejoren el confinamiento en las tuberías o los tanques de combustible) pero es imposible evitarlos por completo. Teniendo en cuenta que hay que asumir cierto grado de riesgo.

Identificación de Riesgos de la Tubería

Existen riesgos bien identificados asociados con la construcción y operación de sistemas de transporte de gas natural. Basados en este reconocimiento, los criterios relacionados con el riesgo elaboran procedimientos específicos para la construcción, operación y el abandono de los sistemas de tuberías de gas.

Los riesgos asociados con el gas natural en un sistema de transporte o distribución surgen en primer lugar durante el proceso de puesta en servicio, en que el gas se usa para purgar aire que permanece dentro del sistema antes que éste entre en operación.



La mezcla de gas natural y aire se descarga a la atmósfera en cantidades pequeñas y bajo controles estrictos propios del sistema. Un minucioso control por monitoreo impide que la descarga llegue a formar una mezcla potencialmente explosiva.

Peligros similares ocurren durante el retiro del servicio y el abandono, los que se reducen al mínimo en la misma forma.

Los peligros asociados con el funcionamiento de las tuberías durante su operación han sido bien investigados y definidos (por ejemplo, Amad, 1988; Elber y Jones, 1992; Mayer et al. 1987; Kent Muhlbauer, 1992, entre otros). En primer identificaremos los riesgos potenciales asociados con la operación del sistema y luego las medidas de diseño que generalmente son tomadas para reducir estos peligros a un nivel internacionalmente aceptable.

Los siguientes riesgos potenciales del transporte de gas son comúnmente conocidos en orden decreciente de importancia:

Daño Mecánico - Es la razón más común de falla en un sistema, ocasionada por contacto durante la realización de actividades de excavación en la vecindad del ducto.

Corrosión Externa- Esto ocurre generalmente en áreas en que las capas protectoras externas, se han perdido o ha sido dañadas, tales como recubrimientos anticorrosivos, cintas o películas plásticas y epóxicos.

Otras causas potenciales de corrosión externa son la pérdida de protección catódica, y la ubicación de las tuberías en un ambiente externo altamente corrosivo. La corrosión externa generalmente produce defectos u orificios localizados que reducen la integridad estructural de la tubería, y en el peor de los casos puede inducir a una fuga, pero no a una explosión severa.

Pérdida de Apoyo del Terreno -El terreno en el que se apoya la tubería del gas puede estar sometido a movimiento debido a eventos sísmicos, hundimientos, desplomes de terreno, inundaciones y canalización natural. Un sistema sin uniones mecánicas como el gasoducto a construirse está en mejores condiciones de soportar estos movimientos.

Fatiga- La tubería puede estar sometida a torsiones o tensiones durante la construcción, o tener defectos de material o de construcción. Con el tiempo, puede aparecer una fuga de gas, pero no una explosión severa. Para evitar que esto ocurra, todo el material debe ser sometido a un control de calidad estricto. Así mismo, el proceso de construcción debe usar también procedimientos de inspección y control de calidad de validez internacional. Además, una prueba de resistencia previa a la puesta en servicio, realizada a presiones mayores que las presiones de operación, servirá para detectar defectos en los materiales y en la construcción, los que eventualmente pueden provocar fallas durante la vida operativa del sistema.

Sabotaje o Intervención de Terceros- El daño proveniente de actividades de sabotaje o maliciosas es poco común en la mayoría de las áreas del mundo. Como la tubería es subterránea, el sabotaje es relativamente difícil. Las instalaciones superficiales están cercadas y protegidas. El sistema regulador de presión es vigilado a distancia reduciendo de esa manera pérdidas del sistema.

Niveles de Riesgo - Estándares Internacionales.



Autoridades fiscalizadoras internacionales han definido criterios para los niveles aceptables de riesgo tanto en los Países Bajos como en el Reino Unido.

Los Países Bajos han determinado el nivel aceptable de riesgo para un individuo si la fatalidad se da en 10^{-6} (una oportunidad en un millón) por año (Plan de Política Ambiental Nacional Holandés, de 1990; modificado por estudios de riesgo posteriores).

El riesgo insignificante está definido en un nivel de 10^{-8} por año. Por lo tanto, las exigencias en relación a la tubería y su proximidad a edificaciones están definidas de modo de asegurar que los niveles de riesgo fluctúen entre 10^{-6} y 10^{-8} anual, considerando el tipo de instalaciones y el grado de sensibilidad del área.

En el Reino Unido los niveles de riesgo han sido estudiados por un Grupo de Estudios de la Sociedad Real (The Royal Society, 1983) y sus recomendaciones fueron adoptadas en el país como pautas de planificación del uso de la tierra adyacente a sectores industriales de alto riesgo (Comisión de Seguridad y Salud del Reino Unido, 1989). Se adoptaron exigencias similares para las instalaciones cercanas a los sistemas de tuberías (Carter Jonas, 1989). En cuanto a las tuberías, se identificaron tres niveles de riesgo:

- 10^{-5} posibilidades al año de recibir una dosis peligrosa (se define abajo) en el caso de pequeños proyectos.
- 10^{-6} posibilidades al año de recibir una dosis peligrosa en el caso de proyectos medianos y grandes.
- $0,3 \times 10^{-6}$ posibilidades al año, un nivel en el que el riesgo se considera sin importancia y que no se debería exceder donde existan instalaciones sensibles como colegios, hospitales, asilos de ancianos, etc.

Mientras los niveles holandeses se refieren al riesgo de muerte, los niveles del Reino Unido se refieren al riesgo de dosis peligrosa. Una dosis peligrosa producirá una seria desgracia a todas las personas comprometidas, requiere de tratamiento médico para una parte considerable de los afectados, algunas personas requerirán un tratamiento prolongado, y las personas más sensibles pueden morir.

Una vez que ha sido determinado el nivel de riesgo aceptable, se debe usar una metodología para determinar el nivel de riesgo asociado a una actividad en particular.

Afortunadamente, Gran Bretaña y Estados Unidos han realizado una amplia investigación sobre la definición de los riesgos del transporte de gas y mediante el uso de una extensa base de datos histórica, están en condiciones de proporcionar una serie de normas que han sido aceptadas internacionalmente para el diseño de sistemas de transporte, normas que han sido adoptadas en nuestra regulación nacional.

Criterios de Diseño Relacionados con el Riesgo y Medidas de Reducción del Riesgo.

Los principios de diseño usados para el sistema están de acuerdo a la norma internacionalmente reconocida como ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems, para los



sistemas de tuberías de transporte de gas. Cumpliendo estas normas, el nivel de riesgo potencial estará en los niveles siguientes o bajo ellos:

10^{-6} de posibilidades al año para tuberías que atraviesan áreas pobladas, $0,3 \times 10^{-6}$ de posibilidades al año en áreas que tienen instalaciones sensibles tales como hospitales, colegios, etc.

A modo de comparación, a continuación, se describen los niveles de riesgo de muerte por año relacionados con diversos eventos en Gran Bretaña:

Evento	Frecuencia	Probabilidad
Golpeados por un rayo	1 en 1,000,000	1×10^{-6}
Accidentes en ferrocarriles	1 en 100,000	1×10^{-5}
Homicidios	1 en 100,000	1×10^{-5}
Accidentes en el trabajo	1 en 43,500	2.3×10^{-5}
Accidentes en la casa	1 en 26,000	3.8×10^{-5}
Accidentes en la vía pública	1 en 8,000	1.2×10^{-4}
Causas naturales a los 40 años	1 en 850	1.17×10^{-3}
Fumadores de 10 cigarrillos al día	1 en 200	5×10^{-3}

Claramente de estas cifras se desprende que el riesgo anual de muerte proveniente de una tubería bien diseñada es del mismo orden del evento, muy poco probable de ser golpeado y resultar muerto a causa de un rayo.

Los criterios de diseño para reducir el riesgo se centran en acciones de la siguiente manera:

Mayor espesor de pared del gasoducto- El gasoducto a construir sobre algún derecho de vía usará un espesor de pared capaz de resistir varias veces el nivel de presión de diseño.

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

Dónde:

t = espesor mínimo de la tubería.

P = presión manométrica de diseño.

D = diámetro exterior de la tubería.

S = resistencia mínima a la cedencia.

F = factor de diseño por densidad de población.



E = eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

T = factor de corrección por temperatura del gas.

T=1 si la temperatura del gas es igual o menor a 400° K.

Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

S = 42,000 psi = 289,380.00kPa

Utilizando la presión de diseño, que es de 35.15 kg/cm² (500.00 psi).

Pipe Data...	
Diameter:	10.750 Inches
Wall Thickness:	0.160 Inches
SMYS:	42000 Psi
Pressure:	500 Psi

Design Factors...	
Class Location:	Class 4
Location Exceptions:	Pipelines, mains, and service lines
Longitudinal Joint:	API 5L - Electric Resistance Welded
Operating Temperature:	250 F (121 C) or less

Value...

0.40
1.00
1.000

Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior para una tubería de 10 pulgadas de diámetro se requiere que la tubería tenga un espesor mínimo de 0.160 pulgadas.

Al espesor calculado se adiciona 10% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de 0.085".

El diseño determina que se utilizará tubería API 5L Grado X42 de 10" de diámetro nominal que tiene un espesor de 0.219" sobrepasando el espesor mínimo requerido.

Aumento de la profundidad de ubicación de la tubería

La norma NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, establece una profundidad mínima de la tubería de 0.60 m en suelo normal.

Profundidad mínima, para ductos de transporte enterrados, la profundidad mínima medida del lomo de tubo hasta la superficie debe cumplir con lo que indica la siguiente tabla.

El proyecto contempla una profundidad para el ramal principal de mínimo 1.2 m, sobrepasando los requerimientos de la norma.



Tabla 6.1. Tabla de cubierta mínima de acuerdo con la norma.

Ubicación		Excavación normal (cm)	Excavación en roca (cm)
En general			
-Tubería hasta 508 mm (20 pulg) de diámetro		60	45
-Tubería > 508 mm (20 pulg) de diámetro		75	60
En derechos de vía, de carreteras o ferrocarriles		75	60
Cruzamientos de carreteras		120	90
Cruzamientos de ferrocarriles			
-Tubería encamisada		120	120
-Tubería sin encamisar		200	200
Cruces de vías de agua		120	60
Bajo canales de drenaje o irrigación		75	60
Acometidas	Presión de operación ≤ 689 kPa	45	30
	Presión de operación > 689 kPa	60	45

Inspección Regular de la Superficie- Para asegurarse de que no se están llevando a cabo construcciones u otras actividades en el área del gasoducto que pudieran provocarle daños, y que no haya pérdida del terreno de apoyo de la tubería.

Por ejemplo, un ducto a construir que se alojará sobre el derecho de vía de alguna carretera federal, o vialidad estatal o municipal, lo que asegura el ocupar un terraplén estabilizado previamente y construido con requisitos para la operatividad de la vía, lo que implica que cuenta con estudios y acciones de mecánica de suelos e hidráulicos. Por lo que la continuidad de la supervisión de la franja de desarrollo desde su concepción es por arriba de los requerimientos normativos.

Patrullaje Regular de Fugas- Para asegurarse de que cualquier fuga que pueda producirse en el sistema, sea detectada y reparada antes de que la situación se torne peligrosa.

Los apartados 10. Inspección y 13. Mantenimiento de la norma NOM-003-SECRE-2011, dictan criterios para la detección de fugas en sistemas de distribución y la norma en sí, establece las características de los patrullajes a efectuar para cuidar la integridad de la tubería.

Los permisionarios de transporte de gas natural tienen establecidas estas actividades en sus procedimientos operativos y la calificación de su cumplimiento se realiza a través de los dictámenes de operación y mantenimiento que otorgan Unidades de Verificación autorizadas.

El hecho de ocupar un derecho de vía debe de dar mayor certidumbre a la vigilancia de la tubería ante actividades de construcción, reparaciones, etc., que pudiese estar realizando alguna dependencia o entidad.

El procedimiento de patrullaje de **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, contempla el patrullaje diario del trazo.



Sistema de Información Geográfica Computarizado- Permite proporcionar rápidamente a las autoridades y a otras personas que puedan estar trabajando dentro del área del gasoducto, la información y los mapas detallados relacionados con el emplazamiento de las tuberías.

Ruta Bien Marcada- Para asegurarse la ubicación del gasoducto y además que los números de contactos telefónicos estén claramente indicados. Los señalamientos sobre el trazo del ducto son importantes elementos de prevención de accidentes; la norma específica:

Ductos enterrados, este tipo de señalamiento deberá ser instalado sobre un soporte, colocado a los lados de la franja de afectación del ducto y debe observar las siguientes características:

Debe cubrir la distancia mínima entre cada señalamiento, como lo señala la siguiente tabla.

Tabla 6.2. Distancia mínima entre cada señalamiento conforme a la norma.

Clase de localización	Distancia en metros
1 y 2	Cada 1000
3	Cada 500
4	Cada 100

Monitoreo Continuo del Sistema de Protección Catódica- Las medidas de protección catódica, serán monitoreadas para observar las desviaciones de límites pre-establecidos. Esto permitirá que el sistema reaccione y rectifique cualquier operación defectuosa antes de que surja una situación de peligro. Por ejemplo, un gasoducto que esté frente a las instalaciones de una empresa cualquiera estará protegido contra la corrosión externa mediante el sistema de Corriente Impresa, dicho sistema forma parte de la evaluación que una Unidad de Verificación, realiza anualmente al transportista.

VI.2.3 Determinación de la Probabilidad de Ocurrencia de una Situación de Riesgo para eventos operacionales y extra operacionales

La siguiente metodología utilizada en sistemas de transporte de hidrocarburos es ampliamente aplicada con la finalidad de identificar qué riesgos son los más factibles de suceder y ofrece una primera ponderación de su riesgo.

Este método relaciona eventos operacionales y extra operacionales. Los primeros extensamente conocidos en sistemas de distribución y transporte y los segundos resultan de la interacción de elementos interrelacionados con la tubería sobre el terreno específico que circunda el sistema de gas.

La fuente de esta técnica es tomada del Capítulo VII de Análisis y evaluación de riesgos en gasoductos de la empresa YPFB (Yacimientos Petroleros Fiscales de Bolivia), adaptada para este estudio.



Como ya se mencionó, el riesgo es una función entre la frecuencia y la consecuencia de un evento, por lo que la Probabilidad de Ocurrencia de la Situación de Riesgo (P), se puede manifestar como:

$$P = H \times V$$

Dónde:

P = Probabilidad de Ocurrencia de la Situación de Riesgo

H = Probabilidad de Ocurrencia del Evento Independiente

V = Factor de Vulnerabilidad

Además, H y V se definen como sigue:

- Probabilidad de Ocurrencia del Evento Independiente (H) o HAZARD; se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento sin considerar concatenación de eventos en los efectos que pueda acarrear tal.
- Para determinar (H) se utilizan los datos estadísticos, el conocimiento de los sistemas de gas, la zona propuesta para la operación, la información sobre la ocurrencia de fenómenos similares y las estimaciones desarrolladas por especialistas.
- Factor de Vulnerabilidad (V) es la capacidad de respuesta de la estructura involucrada; en otras palabras, mide cuán vulnerable es la estructura ante el evento.

El Factor de Vulnerabilidad no comprende la magnitud ni la consecuencia del efecto, ni tampoco sus consecuencias.

Se estimó el Factor de Vulnerabilidad usando una escala de 1 a 5, en que 1 representa la vulnerabilidad menor y 5 la vulnerabilidad máxima del sistema.

Puesto que la Probabilidad de Ocurrencia (H) se calcula en una escala de 1 a 100, y el Factor de Vulnerabilidad (F) en una de 1 a 5, (P) se calcula como el equivalente a (H), multiplicado por $(0.68e^F)$. La (P) resultante está, entonces, en una escala de 1 a 100.

Esta metodología ha probado ser exitosa en los estudios HAZOP anteriores para entregar un medio excelente para separar el riesgo en cinco niveles. Las cinco categorías de Probabilidad de Ocurrencia de la Situación de Riesgo (P) se indican en la siguiente Tabla.



Tabla 6.3. Categorías que definen la probabilidad de ocurrencia de una situación de riesgo (P).

Categoría de Probabilidad	Definición Cualitativa	Definición Cuantitativa
A	Existe una alta probabilidad de ocurrencia del evento durante la vida útil del proyecto.	> 10%, importante
B	El evento podría producirse esporádicamente. Podría haber eventos aislados.	5%-10%, significativo
C	Existe una razonable probabilidad de que se produzca el evento en algún punto.	1%-5%, moderado
D	Es poco probable que se produzca el evento en algún punto.	0,1-1,0%, bajo
E	Es casi imposible que se produzca el evento.	< 0,1%, insignificante

Consecuencia del Evento

La Consecuencia del Evento representa la seriedad del efecto provocado por el evento. En este análisis, se desarrollan cinco categorías de Consecuencia del Evento. La siguiente tabla, presenta la definición de cada categoría con respecto a sus posibles consecuencias en la salud y seguridad humana, el medio ambiente, preocupación pública y posibles problemas legales.

Tabla 6.4. Categorías de consecuencia del evento utilizadas en esta evaluación.

Categoría de Consecuencia	CONSIDERACIONES			
	Impacto en la Salud y Seguridad	Impacto en el Medio Ambiente	Nivel de Trascendencia y Preocupación del Público.	Impacto Legal
I	Muerte / Impacto serio en el público.	SEVERO. Destrucción irreparable. Impacto de larga duración. Requiere de respuesta en gran escala.	Traspasaría las fronteras regionales/nacionales.	Paro operativo. Revisión de responsabilidades. Restauración importante. Sanciones
II	Lesiones graves a empleados. Impacto limitado en el público.	SERIO. De duración moderada. Destrucción parcial de comunidades y deterioro severo del medio ambiente. Requiere de recursos importantes para mitigación.	Se limita a la región.	Citación/Multa. Juicio por indemnización. Restauración menor.
III	Asistencia médica para el personal afectado. Sin impacto en el público.	MODERADO. De corta duración. Requiere de respuesta limitada y breve.	Traspasaría el límite de la compañía. Afecta a la comunidad local.	Advertencia.
IV	Impacto menor en el personal.	MENOR. Requiere sólo de una respuesta menor o ninguna.	Una trascendencia mínima o ninguna.	Requiere explicación, pero no tiene consecuencias legales.



Nivel de Riesgo

Como se indica en la siguiente Tabla, se utilizan cuatro clases de Consecuencia del Evento y cinco clases de Probabilidad de Ocurrencia de la Situación de Riesgo (P) para desarrollar los siguientes tres niveles de riesgo:

Matriz de riesgos que indica los niveles de riesgo alto (H), moderado (M) y bajo (L) en función de la probabilidad de ocurrencia de una situación de riesgo (P) y la consecuencia del evento.

Tabla 6.5. Probabilidad de Ocurrencia de una Situación de Riesgo (P).

Consecuencia	CATEGORÍA DE PROBABILIDAD				
	A	B	C	D	E
I	H	H	H	M	M
II	H	H	M	M	M
III	H	M	L	L	L
IV	M	L	L	L	L

- Alto (H) Eventos con una alta probabilidad de ocurrencia y alta consecuencia, y para los cuales se adoptarán medidas mitigantes para el diseño y construcción del sistema.
- Moderado (M) Eventos en el rango medio de probabilidad de ocurrencia y consecuencia, y para los cuales se adoptarán medidas mitigantes para disminuir el perfil del riesgo.
- Bajo (L) Eventos con una baja probabilidad de ocurrencia y consecuencia, para los cuales no son necesarias acciones en este momento.

Descripción de posibles eventos

Se consideran los eventos como obras-eventos cuando se considera que el mismo evento tendrá un impacto en las obras del Proyecto (el ducto e instalaciones asociadas).

Este análisis de riesgo desarrolló un total de 12 posibles eventos, en base a 6 posibles eventos extra operacionales y 6 posibles eventos operacionales. Un evento específico (ejemplo: incendio cerca del sistema de gas), toma en cuenta el gasoducto existente en el derecho de vía. Se indican en el siguiente cuadro los eventos seleccionados.

Tabla 6.6. Eventos posibles seleccionados.

Eventos extra Operacionales	Eventos Operacionales
<i>Lluvia torrencial</i>	Defectos de diseño y construcción
<i>Sismo de alta intensidad</i>	Corrosión
<i>Aluviones</i>	Falla producto de error humano
<i>Fallas geomecánicas</i>	Daños por terceros
<i>Crecida centenaria</i>	Falta de mantenimiento/Inspección visual
<i>Incendio cerca del sistema de gas</i>	Falla de materiales



Eventos Extra Operacionales.

Un evento meteorológico, hidrológico, sísmico o geotécnico que se produce en forma independiente de la existencia de las operaciones en el área, como serían:

- Una lluvia torrencial local.
- Un sismo de máxima intensidad.
- Aluviones.
- Fallas geomecánicas.
- Crecida centenaria.
- Incendio cerca del gasoducto.

Eventos Operacionales.

Un evento que se produce como consecuencia directa de la operación del sistema, como los siguientes:

- Deficiencias de diseño y construcción/fallas de materiales.
- Corrosión.
- Falla operativa producto de error humano.
- Daños por terceros.
- Deficiencias causadas por falta de mantenimiento e inspección visual.

Se describe adicionalmente a cada uno de estos posibles eventos para el área del proyecto:

Eventos Extra Operacionales

- **Lluvia Torrencial Local**- Este evento podría producirse en el lugar del proyecto con una frecuencia anual, ya que todos los años caen lluvias torrenciales en la ciudad de Hermosillo, incluso un récord histórico de 80 mm el 27/Jul/2017. De producirse, se estiman daños menores al derecho de vía ya que éste se encuentra por encima del nivel de los terrenos aledaños y adicionalmente la tubería estará a 1.2 m de profundidad.
- **Sismo de máxima intensidad**- Un terremoto local, siendo su epicentro dentro de un radio de 500 km y su magnitud superior a 6.5 en la Escala de Richter, el cual produce aceleraciones superficiales de más de 0.2 g. (g = aceleración de la gravedad: 9.8 m/s^2). Aunque este evento es factible, está demostrado que intensidades como la estimada no dañan ductos de acero, la flexibilidad de éste absorbe las ondulaciones que se den en el terreno y la tubería de polietileno tiene propiedades de flexibilidad aún mayores a la del acero. Aunque no existe un registro confiable de la sismicidad reciente de Sonora, en los últimos 150 años se han notado centenares de sismos, la mayoría de los detectados fueron de baja intensidad, sin embargo, algunos han excedido de magnitud 5 en la escala de Richter, esto sugiere que Sonora es un



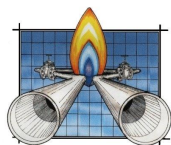
estado moderadamente activo y que, en el futuro, sismos importantes pueden ocurrir. El 13/Abr/2012 se presentó el sismo más fuerte de los últimos 37 años con una intensidad de 6.9 en la escala de Richter, sin embargo, no suelen producir afectaciones importantes.

- **Aluviones-** Esta situación incluye el deslizamiento y flujo de sedimentos finos por quebradas o taludes como consecuencia de lluvias fuertes o deshielos. Este evento puede provocar aumentos importantes y repentinos en el flujo de ríos y quebradas. Los aluviones también pueden causar bloqueos de los cursos de agua en algunos sectores. Estos bloqueos podrán ser inestables, lo que puede producir deslizamientos adicionales de lodo y piedras en la medida que se rompan. Los aluviones son un riesgo importante en los gasoductos, pero éstos son factibles en laderas, declives, desniveles, etc., cercanos o aledaños a la tubería. En el área del proyecto la posibilidad de este evento es mínima, ya que no existen declives o laderas en su trazo.
- **Fallas Geomecánicas-** Este tipo de evento comprende las fallas geomecánicas que pudieran afectar las cimentaciones de obras como túneles, edificios y represas o pudieran crear taludes de cerros inestables. El patrón geológico-estructural de Sonora consiste de fallas y fracturas de considerable longitud con orientaciones NW-SE, N-S, E-W y NE-SW. La falla de Hermosillo, con rumbo N 45° E, es interesante e importante desde el punto de vista de los asentamientos humanos. Atraviesa la porción sur de la ciudad, a la altura de la colonia Villa de Seris, y se localiza a menos de 1 km. al sur de la cortina de la presa Abelardo L. Rodríguez. Una posible ruptura de la corteza terrestre en Hermosillo, aunque no pasa por la zona del proyecto, puede causar daño y destrucción con efectos adversos como derrumbes, resbalamientos de suelo y roca, inundaciones e incendios.

Este tipo de riesgo es poco factible en el área del proyecto, sin embargo, un análisis de flexibilidad sobre tubería de acero puede sin ningún problema sufrir deformaciones por falta de apoyo en secciones de hasta más de 40 metros sin que se comprometa la integridad del gasoducto. Pero es un riesgo potencial que se debe considerar.

- **Crecida Centenaria-** Este evento podrá producirse en la temporada de lluvia a intervalos de anuales y tiene una magnitud de flujo según el área de las cuencas hidrológicas del río "Sonora" y de la "Costa de Hermosillo". Puede ser un evento probable, pero de escasa generación de riesgo. En la zona del proyecto no hay presencia de ríos.
- **Incendio Cerca del Gasoducto** - Este evento considera la ocurrencia de un incendio grave y difícil de controlar (en cuanto a magnitud y duración) que pudiera producirse en una instalación cercana al gasoducto y pudiera provocar daños debido a la alta temperatura del mismo.

La zona del proyecto cuenta con los siguientes escenarios: en el primer tercio del tramo correspondiente al sistema de transporte de gas natural, presenta un escenario con poca vegetación natural y más de ornato en las aceras y camellones de las vialidades como producto de la urbanización e instalación de infraestructura de servicios, en el segundo tercio del trazo del gasoducto, la vialidad Hermosillo – Bahía Kino corre a través de una zona con amplios predios que aún conservan abundante vegetación en estado natural, aún cuando existen parques industriales incrustados en dicha zona a ambos lados de la vialidad y en el último tercio del trazo, predomina la



vegetación de matorral tipo huizachal y mezquital y aunque no son frecuentes eventos de incendio en ésta zona, es un riesgo posible que habrá de considerar, debido a las altas temperaturas.

Eventos Operacionales

Se analizaron los siguientes eventos relacionados con la operación del sistema:

- **Deficiencias del Proyecto (fallas en el diseño, en la construcción o en los materiales):** Este tipo de evento se produce debido a posibles deficiencias en cualquier parte del sistema, medidas según los niveles normales de calidad que se consideran aceptables para ese componente particular del sistema. En general, los errores de diseño o construcción y fallas de materiales no se percatan hasta que el flujo de gas llegue más allá de las condiciones de diseño mínimas o máximas.
- **Corrosión-** Este evento refleja la posible filtración del ducto de acero que puede ser producto de la corrosión electroquímica. Eventos de fuga ocasionados por este proceso generalmente repercuten en fugas que son detectables con oportunidad y solucionadas.
- **Defectos Operacionales causados por Error Humano-** Estos eventos son producto de error operacional y humano, por ejemplo, por la incorrecta operación de las válvulas del sistema.
- **Daños por terceros-** Este tipo de evento contempla los riesgos que involucran el ducto como consecuencia de daños intencionales y accidentales provocados por terceros, como actos terroristas y sabotaje o excavaciones efectuadas por particulares o compañías de servicios. Existen muchos ejemplos de este posible evento, desde el traspaso que llega a realizar alguna obra, tendido de otros servicios, como fibra óptica, obras de transporte de agua, etc.
- **Deficiencias causadas por Falta de Mantenimiento-** Este evento considera las fallas del sistema que pudieran evitarse mediante la detección anticipada de acuerdo al mantenimiento regular o inspección visual.

Resultados de la evaluación

Para cada uno de los eventos mencionados de la tabla anterior, se define el siguiente Cuadro, que muestra la Probabilidad de Ocurrencia del Evento Independiente (H) en una escala de 0 a 100.

Tabla 1 Probabilidad de ocurrencia del evento independiente (H) en base a la información disponible y la experiencia. Escala = 1 a 100.

Eventos seleccionados	
Eventos extra Operacionales	
<i>Lluvia torrencial</i>	45.0
<i>Sismo de alta intensidad</i>	10.0
<i>Aluviones</i>	1.0
<i>Fallas geomecánicas</i>	1.0
<i>Crecida centenaria</i>	25.0



<i>Incendio cerca del sistema de gas</i>	20.0
Eventos Operacionales	
<i>Defectos de diseño y construcción/Falla de materiales</i>	10.0
<i>Corrosión</i>	10.0
<i>Falla producto de error humano</i>	75.0
<i>Daños por terceros</i>	50.0
<i>Falta de mantenimiento/Inspección visual</i>	75.0

Se indica en el siguiente cuadro, en una escala de 1 a 5, el Factor de Vulnerabilidad (F) de cada ocurrencia en base a la experiencia de la ingeniería.

Tabla 6.8. Factor de vulnerabilidad (V) en una escala de 1 a 5.

Eventos seleccionados	
Eventos extra Operacionales	
<i>Lluvia torrencial</i>	1.0
<i>Sismo de alta intensidad</i>	2.0
<i>Aluviones</i>	1.0
<i>Fallas geomecánicas</i>	1.0
<i>Crecida centenaria</i>	1.5
<i>Incendio cerca del sistema de gas</i>	1.0
Eventos Operacionales	
<i>Defectos de diseño y construcción/Falla de materiales</i>	2.0
<i>Corrosión</i>	4.0
<i>Falla producto de error humano</i>	2.0
<i>Daños por terceros</i>	5.0
<i>Falta de mantenimiento/Inspección visual</i>	4.0

En el siguiente cuadro 7 se presenta la Probabilidad de Ocurrencia de una Situación de Riesgo (P), calculada porcentualmente. Cabe hacer notar que este valor está basado en resultados del Cuadro 5, multiplicados por 0,68 veces la constante base de los logaritmos naturales elevado al valor exponencial de los valores proporcionados en el Cuadro 6.

Tabla 6.9. Probabilidad cuantitativa de ocurrencia de una situación de riesgo (P) en términos porcentuales.

Eventos seleccionados	
Eventos extra Operacionales	
<i>Lluvia torrencial</i>	0.83
<i>Sismo de alta intensidad</i>	0.34
<i>Aluviones</i>	0.02



<i>Fallas geomecánicas</i>	0.02
<i>Crecida centenaria</i>	0.03
<i>Incendio cerca del sistema de gas</i>	0.37
Eventos Operacionales	
<i>Defectos de diseño y construcción/Falla de materiales</i>	0.34
<i>Corrosión</i>	1.15
<i>Falla producto de error humano</i>	2.55
<i>Daños por terceros</i>	10.62
<i>Falta de mantenimiento/Inspección visual</i>	8.65

El siguiente Cuadro 8 entrega estos mismos resultados, pero en términos cualitativos. Refiérase al Cuadro 7 anterior para los valores cuantitativos, y el Cuadro 1 para la definición de categorías. (A=Importante, B=Significativo, C=Moderado, D=Bajo, E=Insignificante).

Tabla 6.10. Probabilidad cualitativa de ocurrencia de una situación de riesgo (P).

Eventos seleccionados	
Eventos extra Operacionales	
<i>Lluvia torrencial</i>	D
<i>Sismo de alta intensidad</i>	D
<i>Aluviones</i>	E
<i>Fallas geomecánicas</i>	E
<i>Crecida centenaria</i>	E
<i>Incendio cerca del sistema de gas</i>	D
Eventos Operacionales	
<i>Defectos de diseño y construcción/Falla de materiales</i>	D
<i>Corrosión</i>	C
<i>Falla producto de error humano</i>	C
<i>Daños por terceros</i>	A
<i>Falta de mantenimiento/Inspección visual</i>	B

Se categoriza la Consecuencia del Evento, estimada para cada situación de riesgo, en el siguiente Cuadro 9. Refiérase al Cuadro 2 para la definición de cada nivel. (I=severo, IV=menor).

Tabla 6.11. La consecuencia del evento para cada par de eventos.

Eventos seleccionados	
Eventos extra Operacionales	
<i>Lluvia torrencial</i>	IV
<i>Sismo de alta intensidad</i>	III
<i>Aluviones</i>	II
<i>Fallas geomecánicas</i>	II



<i>Crecida centenaria</i>	III
<i>Incendio cerca del sistema de gas</i>	II
Eventos Operacionales	
<i>Defectos de diseño y construcción/Falla de materiales</i>	II
<i>Corrosión</i>	I
<i>Falla producto de error humano</i>	I
<i>Daños por terceros</i>	I
<i>Falta de mantenimiento/Inspección visual</i>	I

En el siguiente Cuadro10 se presentan los resultados del análisis en términos de consecuencia, probabilidad y riesgo.

Recordando el Cuadro 3 Matriz de riesgos en donde:

- Alto (H) Eventos con una alta probabilidad de ocurrencia y alta consecuencia, y para los cuales se adoptarán medidas mitigantes para el diseño y construcción del sistema.
- Moderado (M) Eventos en el rango medio de probabilidad de ocurrencia y consecuencia, y para los cuales se adoptarán medidas mitigantes para disminuir el perfil del riesgo.
- Bajo (L) Eventos con una baja hasta moderada probabilidad de ocurrencia y consecuencia, para los cuales no son necesarias acciones en este momento.



Tabla 6.12. Los resultados del análisis y el riesgo de cada evento.

Eventos seleccionados			
Eventos	Consecuencia	Probabilidad	Riesgos
Eventos extra Operacionales			
<i>Lluvia torrencial</i>	IV	D	L
<i>Sismo de alta intensidad</i>	III	D	L
<i>Aluviones</i>	II	E	M
<i>Fallas geomecánicas</i>	II	E	M
<i>Crecida centenaria</i>	III	D	L
<i>Incendio cerca del sistema de gas</i>	II	D	M
Eventos Operacionales			
<i>Defectos de diseño y construcción/Falla de materiales</i>	II	D	M
<i>Corrosión</i>	I	C	H
<i>Falla producto de error humano</i>	I	C	H
<i>Daños por terceros</i>	I	A	H
<i>Falta de mantenimiento/Inspección visual</i>	I	A	H

Usando los resultados según el Cuadro 10, la distribución de posibles riesgos en el sistema de transporte de gas en Hermosillo, Sonora vistos con una ponderación de sus resultados es la siguiente:

- Eventos de Alto Riesgo = 4
- Eventos de Riesgo Moderado = 4
- Eventos de Bajo Riesgo = 3

Los eventos de alto riesgo se concentran en actividades operacionales destacando el daño ocasionado por terceros.

Estos resultados permitirán orientar al grupo especialista sobre los nodos a analizar en la dinámica del Hazop del proyecto en el sentido de considerar los eventos operacionales como extra operacionales.

Resumen:

Los riesgos probables en una red de gasoductos están centrados principalmente a eventos operacionales. Destacando como el más alto en probabilidad de ocurrencia y consecuencia, los posibles daños por terceros.

Las condiciones operativas y sus riesgos implícitos son abordados desde la concepción del proyecto y autoridades reguladoras como la CRE y la ASEA, vigilan el establecimiento y la ejecución de medidas preventivas y de mitigación, para los impactos ambientales y su riesgo.



El cumplimiento de los procedimientos de operación y mantenimiento es la forma más categórica de evitar y reducir a su mínima expresión el riesgo.

La industria del transporte de hidrocarburos por ducto tiene más de 100 años y actualmente es el medio de mayor utilización, no solo por su economía, sino por representar la forma más segura de manejar sustancias que representan un riesgo por su naturaleza.

VI.2.4. Identificación de riesgos en el estudio de campo

Se llevó a cabo un recorrido en campo con la finalidad de identificar los sitios sensibles y perceptibles al riesgo. El equipo participante del proceso se abocó a la caracterización de los elementos sujetos a riesgo que aplica a todo sistema que transporte gas. Este análisis fue material de referendo del grupo de especialistas que realizó el análisis Hazop.

Para este ejercicio el personal que realizó el análisis reconoció los siguientes puntos del sistema de transporte:

- La red de transporte de gas está conformada por dos tipos diferentes de material (acero con 8.17 km y polietileno con 6.56 km).
- El sistema operará a dos diferentes niveles máximos de presión (21 y 7 kg/cm²), en correspondencia con los materiales.
- El sistema será controlado por medio de una red de 2 Estaciones de Regulación (ER) y 3 Estaciones de Regulación y Medición (ERM).
- El gasoducto contará con 1 válvula de seccionamiento.
- El proyecto requerirá 12 perforaciones direccionales para cruces: (6 en vialidades y 6 en cauces hídricos).

Durante los días del 22 al 24 de Julio de 2017 se realizó un recorrido sobre los distintos trazos del gasoducto, con la finalidad de identificar posibles impactos y riesgos, tanto en la construcción como en la fase operación y mantenimiento. El resultado de este levantamiento fue concluyente para la elección de nodos de riesgo.

El resumen de este estudio de campo arrojó la siguiente información:

La intención del estudio fue la identificación y el registro de estaciones o etapas que determinan el sitio y las ubicaciones de puntos de riesgo activo y pasivo en su entorno. De dicho tránsito se generó un informe conteniendo la descripción de las etapas, las coordenadas y el registro fotográfico del mismo. Dicho informe se incluye en el Anexo 4.

Las zonas más importantes del proyecto son:

- **Estación de Regulación (ER) DOMEQ e inicio del trazo del gasoducto** y tubería de salida de 10" de Ø de Acero al Carbón (AC), en el punto de interconexión con el gasoducto existente, en las coordenadas: 29°05'59.38" N y 111°01'22.02" O.



- **Válvula de seccionamiento (VS) y tubería de salida de 10" de Ø de AC**, en las coordenadas: 29°05'17.54" N y 111°03'11.74" O.
- **Estación de Regulación y Medición (ERM) SELECTA**, que recibirá gas natural del ducto principal por medio de una conexión con tubería de 2" de Ø de Acero al Carbón (AC), en las coordenadas: 29°04'51.16" N y 111°04'04.72" O.
- **Estación de Regulación (ER)**, que recibirá tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón (AC) y dará salida a tubería de 8" de Ø de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), para conectar con la tubería de 6" de Ø de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) que constituye el ramal que dará servicio a BACHOCO y ACUÍCOLA, en las coordenadas: 29°03'58.96" N y 111°05'28.83" O.
- **Estación de Regulación y Medición (ERM) BACHOCO**, que recibirá tubería de 6" de Ø de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), en las coordenadas: 29°05'39.06" N y 111°07'01.89" O.
- **Estación de Regulación y Medición (ERM) ACUÍCOLA**, que recibirá tubería de 6" de Ø de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), en las coordenadas: 29°03'13.21" N y 111°05'28.84" O.

La vegetación en casi toda la geografía del municipio es del tipo mezquital, entre los que se encuentran: el palo fierro, palo verde, huizache, brea; también se encuentran plantas halófilas en la parte costera, en las cercanías a Bahía de Kino existe vegetación de dunas. En cuanto a la fauna del municipio, predomina el sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón, víboras de coralillo, cascabel, sorda, chirrionera, venado cola blanca, borrego, berrendo, puma linco, conejo, zorra, armadillo entre los principales.

Casi todo el trazo del gasoducto corre por zona urbana sobre el derecho de vía de la vialidad Hermosillo – Bahía Kino y aunque existen varios cruces sobre corrientes de agua, no hay alguna que pudiera ser desviada, interrumpida o alterada por causa del proyecto, debido a que donde sea necesario hacer un cruce sobre alguna corriente de agua por pequeña que esta sea, se realizará por medio de perforación direccional.

El uso de suelo y vegetación en el área del proyecto, según las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie V (2016), son los siguientes:

- Suelo urbano.
- Suelo con Matorral de tipo Mezquital Desértico con fisonomía subinerme.

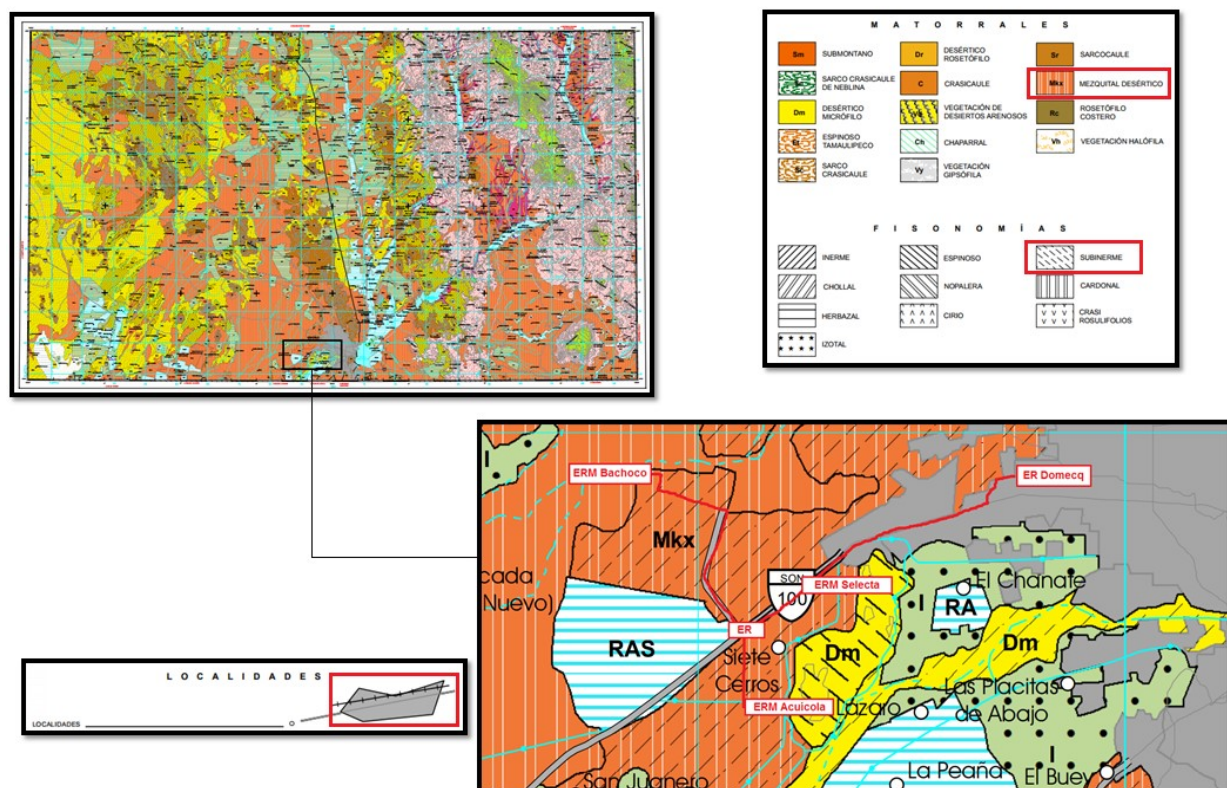


Figura 6.2. Uso de suelo y vegetación en el área del proyecto, según las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI serie V.

También se hace referencia a la clasificación de INEGI serie III 2005, consultado en el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad – CONABIO, donde el Uso de Suelo y Vegetación es el siguiente:

- Asentamientos humanos
- Pastizal
- Matorral
- Huizachal

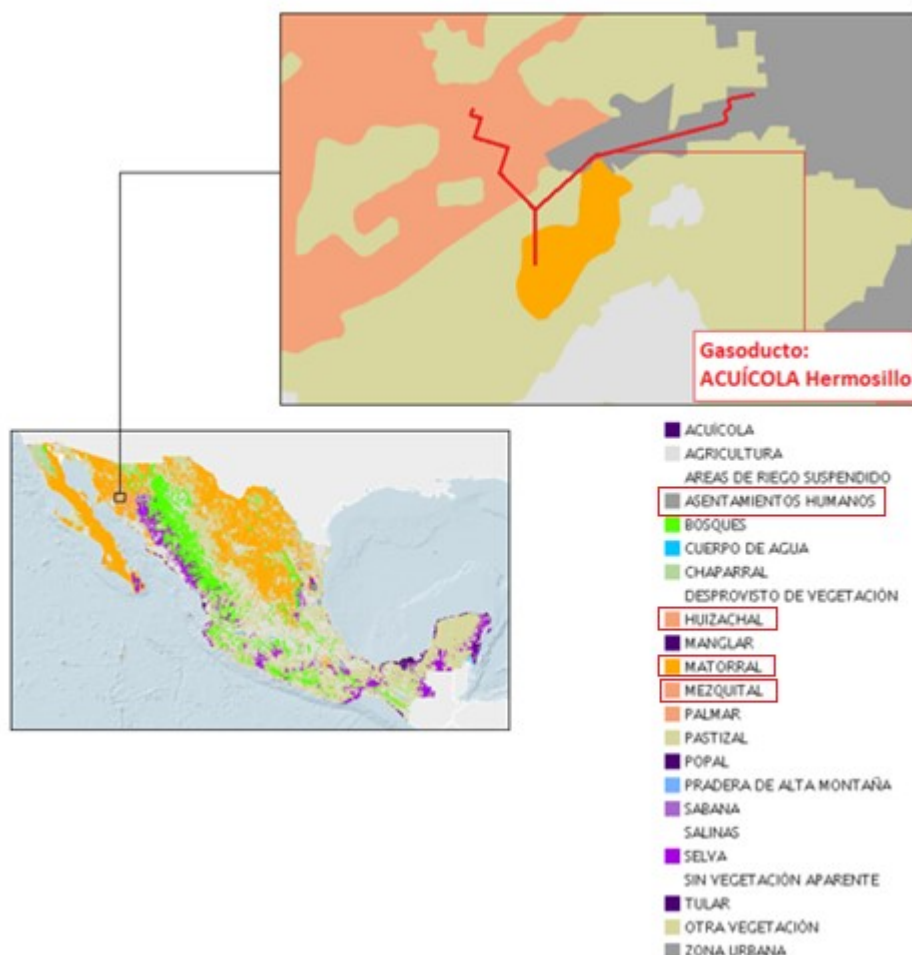
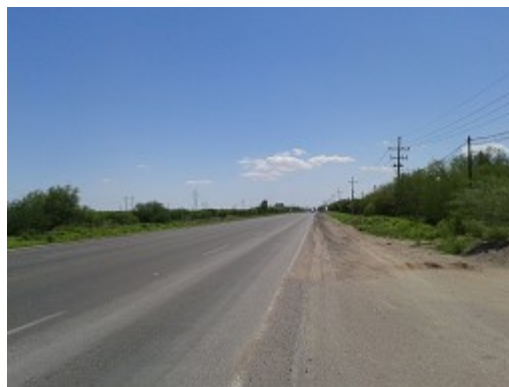
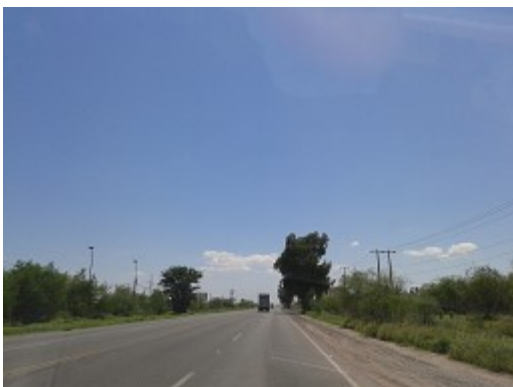


Figura 6.3. Uso de suelo y vegetación en el área del proyecto, según el Uso de Suelo y Vegetación del INEGI serie III (2005).

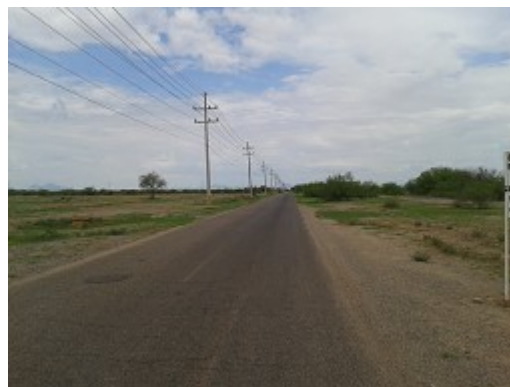
La zona del proyecto presenta tres escenarios diferentes: el primero es un escenario con poca vegetación natural y más de ornato en las aceras y camellones de las vialidades como producto de la urbanización, en el segundo, la vialidad Hermosillo – Bahía Kino corre a través de una zona con amplios predios que aún conservan abundante vegetación en estado natural de matorral espinoso y en el último, predomina la vegetación de matorral tipo huizachal y mezquital.



Escenario 1: Imágenes ilustrativas de la ruta que sigue el trazo del gasoducto por zona urbana sobre la carretera Hermosillo – Bahía Kino.



Escenario 2: Imágenes ilustrativas de la ruta que sigue el trazo del gasoducto por zona urbana sobre la carretera Hermosillo – Bahía Kino.



Escenario 3: Imágenes ilustrativas de la ruta que sigue el trazo del gasoducto por la zona de huizachal y mezquital.

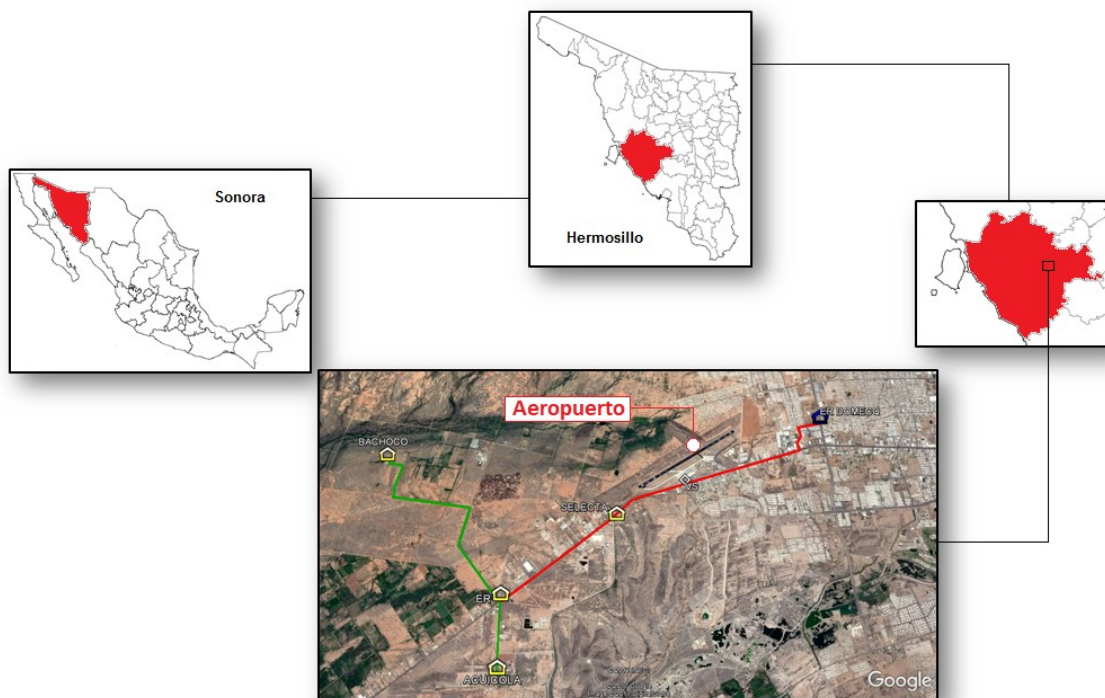


Figura 6.4. Ampliación del sistema de distribución de gas natural en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

La zona elegida para la construcción del gasoducto ACUÍCOLA en el municipio de Hermosillo, Sonora, se compone de suelo urbano con zonas totalmente impactadas por el desarrollo de complejos habitacionales, comerciales e industriales. En sus alrededores existen grandes extensiones de Matorral espinoso de tipo Mezquital, sin embargo, se encuentran numerosas empresas de todo tipo instaladas en las cercanías del trazo.



Figura 6.5. Complejos industriales en los alrededores del trazo del gasoducto.



Objetivo del recorrido

Analizar las características ambientales sobre la franja de desarrollo en las vialidades donde se instalará la ampliación del sistema de transporte de gas natural y determinar los posibles impactos ambientales y de riesgo que pudieran originarse.

Metodología

Se realizó un recorrido a lo largo de los aprox. 15 km de la longitud del trazo de la nueva tubería del sistema de distribución de gas natural en el municipio de Hermosillo, estado de Sonora, donde se tomaron datos de las condiciones ambientales de sitios que se denominaron estaciones.

En cada una de las estaciones se tomaron con GPS, las coordenadas geográficas y se analizaron las características de la vegetación, inclinación del terreno, uso de suelo y puntos de riesgo activos y pasivos que se observaron en el recorrido, este análisis fue estructurado por Tipos, que es una agrupación de determinadas características físicas, biológicas y sociales.

Se utiliza una clasificación de estaciones para los puntos ubicados en el área del recorrido, conforme al uso de suelo que se desarrolla, estableciendo 9 distintos tipos, los cuales se representan con números romanos y a continuación se describen las características de cada tipo de estación.

Descripción de cada uno de los Tipos de estaciones:

TIPO I.- Área Urbana y/o Industrial.

La afectación (polvo, ruido, tránsito de maquinaria, etc.) y los riesgos (fugas, explosiones, etc.) provocados a la población durante y después de la obra de instalación se incrementan proporcionalmente a la densidad poblacional.

TIPO II.- Agrícola.

Se aprecian plantaciones y agricultura con valor comercial.

TIPO III.- Combinación de Erial y Pastizal.

Se observa utilización variada de terrenos con pasto silvestre y terrenos sin uso aparente.

TIPO IV.- Canales, Ríos y Arroyos.

Aunque presenten o no flujo de agua durante todo el año, este tipo es importante en el flujo de la escorrentía superficial durante la temporada de lluvias. La inclinación de sus laderas puede hacer que sea propenso a la erosión, por lo que su estabilidad puede verse dañada al alterar el suelo. Además, presentan vegetación, si no riparia, en mayor concentración debido al efecto de la cañada. Considerar la presencia de agua durante las obras de instalación dependiendo de la época del año en que se realice.

TIPO V.- Cruces Carreteros y FFCC, o utilización de los derechos de vía de éstos.

La utilización de derechos de vía concesionados a dependencias federales, estatales o municipales obliga al permiso de la dependencia y al cumplimiento de las condicionantes que



se impongan por dichas dependencias. Aunque estos puntos son áreas impactadas, pueden originarse nuevas afectaciones a distintos receptores de percusiones.

TIPO VI.- Gasolineras y Gaseras.

Los riesgos ocasionados por el tránsito de maquinaria y excavaciones (fugas, explosiones, etc.) hacen necesario indicar detalladamente este tipo de zonas como de alto riesgo, y de su existencia y ubicación se deberá de establecer la ubicación de equipos o accesorios que requiera el gasoducto.

TIPO VII.- Centros Educativos y Centros de Salud.

La afectación (polvo, ruido, tránsito de maquinaria, etc.) y los riesgos (fugas, incendios o explosiones, etc.), provocados a pacientes, alumnos y personal, durante y después de la construcción de la obra, se incrementan proporcionalmente a la densidad poblacional concentrada en estos puntos.

TIPO VIII.- Forestal.

Se aprecian terrenos con diversa vegetación natural, de clasificación forestal.

TIPO IX Otros.

Instalaciones eléctricas (líneas de alta tensión, subestaciones eléctricas) y de otros combustibles que pudieran verse afectadas por incidentes con el gasoducto y afectar los suministros energéticos de la zona.

Descripción de los tipos de Riesgo:

La clasificación de los tipos de riesgo se centra en caracterizarlos según la presencia o ausencia de instalaciones y/o edificaciones, sus dimensiones, número y características de riesgo por los procesos o sustancias que manejen, así como por la concentración de personas en estos sitios y su proximidad a los puntos de riesgo, dando como resultado 3 clasificaciones de tipo de riesgo:

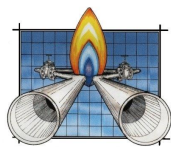
TIPO A.- Punto de riesgo activo.

Los riesgos activos son aquellos que se suman a las consecuencias en un evento de ocurrencia, como puede ser por ejemplo la cercanía de un gasoducto o de la Estación de Regulación y Medición a instalaciones industriales catalogadas como de alto riesgo por sus procesos y los materiales involucrados en éstos, otro caso puede ser la presencia de almacenamiento o confinación de productos combustibles o explosivos en cercanías de las estaciones de recibo y medición.

TIPO P.- Punto de riesgo pasivo.

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 gente en las colindancias de las instalaciones de la red, por ejemplo, escuelas, hospitales, estadios etc., otro riesgo pasivo puede ser el incremento de la densidad poblacional en áreas de afectación (derechos de vía).

Tipo B.- Punto de Riesgo Bajo



Son los sitios que no son puntos de riesgo Activo o Pasivo, pero que se seleccionaron para ser una estación de análisis de riesgo porque en ellos se localizan elementos importantes del sistema que representan una posibilidad de riesgo bajo y posible afectación que se origine por una fuga, como son una Válvula de Seccionamiento, una Estación de Regulación, o una Estación de Regulación y Medición.

TIPO SR.- Sin Riesgo.

Sitio que no representa ningún tipo de riesgo para instalaciones, edificaciones o personas por estar localizado en una zona natural despoblada, representando solo un riesgo para el entorno natural en caso de algún incidente.

Descripción de cada una de las Clases de Localización:

La norma NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas LP por ductos, establece que un gasoducto debe de ser catalogado en función de la densidad demográfica de un área unitaria (superficie de un paralelogramo de 1,600 x 400 m) que pase por el centro de esta superficie. Estableciendo una de las cuatro clases de localización, siendo 1 la de menor densidad y 4 la de mayor concentración humana.

Clases de localización. Las clases de localización por donde pasará un ducto deberán ser en conformidad con lo siguiente:

Localización clase 1. El área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones para ocupación humana.

Localización clase 2. El área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones para ocupación humana.

Localización clase 3. El área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más para ocupación humana.

El tramo de una tubería clase 1 o 2 será reclasificado como clase 3 cuando el eje de dicho tramo se encuentre a una distancia igual o menor a 100 metros de:

- a) Una construcción ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días en la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles y centros de reunión;
- b) Un área al aire libre definida que sea ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días a la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: campos deportivos, áreas recreativas, teatro al aire libre u otro lugar público de reunión, o
- c) Un área destinada a fraccionamiento o conjunto habitacional o comercial que no tenga las características de la clase 4.

Localización clase 4. El área unitaria en la que predominan construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja, donde el tráfico vehicular es intenso o pesado y donde pueden existir numerosas instalaciones subterráneas.



Resultados

En el recorrido de los aprox. 15 km del trazo de la ampliación del sistema de distribución existente, para el proyecto gasoducto ACUÍCOLA, se reconocieron **39** puntos importantes clasificados por estaciones con diferente clasificación de **Tipos de Estaciones** y de cada una se registró su repetición, como se presenta en la siguiente tabla de resumen. Así mismo, se reconocieron y se muestran en las siguientes tablas **4 Tipos de Riesgo** del total de estaciones y **3 Clases de Localización** de los tipos determinados por la NOM-003-SECRE-2011. El análisis de campo se realizó del 22 al 24 de Julio de 2017.

Tabla 6.13. Tipos de estaciones registrados en el recorrido del trazo de la ampliación del sistema de distribución de gas natural existente.

TIPO de Estación	Número de registros de cada Tipo de Estación
I. Área Urbana y/o Industrial	17
II. Agrícola	-
III. Combinación de Erial y Pastizal	-
IV. Canales, Ríos y Arroyos	6
V. Cruces Carreteros y FFCC	6
VI. Gasolineras y Gaseras	3
VII. Centros Educativos y Centros de Salud	-
VIII. Forestal	6
IX. Otros: Instalaciones eléctricas, otros combustibles	1
Total:	39

Tabla 6.14. Tipos de riesgo registrados en el recorrido del trazo de la ampliación del sistema de distribución de gas natural existente.

Tipo de Riesgo en estaciones	Número de registros de cada Tipo de Riesgo
TIPO A.- Punto de riesgo activo.	4
TIPO P.- Punto de riesgo pasivo.	20
TIPO B.- Punto de riesgo bajo.	2
TIPO SR.- Sin Riesgo	13
TOTAL:	39

Tabla 6.15. Clases de localización según la NOM-003-SECRE-2011 registrados en el recorrido del trazo de la ampliación del sistema de distribución de gas natural existente.



Clase de localización en estaciones	Número de registros de cada Clase de Localización
Localización clase 1	7
Localización clase 2	-
Localización clase 3	9
Localización clase 4	23
TOTAL:	39

Tabla 6.16. Coordenadas de las estaciones del recorrido día 1.

ESTACIONES	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
1. Kinder	29°05'59.05"	111°01'35.50"
2. Motel	29°05'42.02"	111°01'39.60"
3. Motel	29°05'38.08"	111°01'55.77"
4. Escuela	29°05'37.51"	111°01'58.87"
5. Motel	29°05'34.85"	111°02'07.98"
6. Distribuidora de combustóleo	29°05'34.59"	111°02'10.47"
7. Gasolinera # 5134	29°05'30.74"	111°02'24.35"
8. Aeropuerto	29°05'27.77"	111°02'35.69"
9. Cruce carretero (de vialidad) 2	29°05'24.39"	111°02'44.03"
10. Escuela	29°05'22.92"	111°02'46.77"
11. Cruce carretero (de vialidad) 3	29°05'22.88"	111°02'49.79"
12. Cruce carretero (de vialidad) 4	29°05'20.66"	111°02'58.46"
13. Escuela	29°05'18.00"	111°03'08.01"
14. PGR Sonora	29°05'16.73"	111°03'13.04"
15. Válvula de Seccionamiento	29°05'17.54"	111°03'11.74"
16. Iglesia	29°04'11.24"	111°05'13.74"
17. Gasolinera # 10300	29°04'02.71"	111°05'26.18"
18. ER DOMEQ	29°05'59.38"	111°01'22.02"
19. ERM SELECTA	29°04'51.16"	111°04'04.72"
20. Estación de Regulación (ER)	29°03'58.96"	111°05'28.83"

Tabla 6.17. Coordenadas de las estaciones del recorrido día 2.



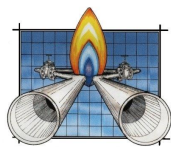
ESTACIONES	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
21. Punto de inflexión hacia BACHOCO	29°04'37.40"	111°06'02.08"
22. Punto de inflexión hacia BACHOCO	29°05'03.85"	111°05'55.31"
23. Cruce de arroyo 6	29°05'07.00"	111°06'12.80"
24. Punto de inflexión hacia BACHOCO	29°05'13.05"	111°06'54.46"
25. Punto de inflexión hacia BACHOCO	29°05'36.04"	111°06'49.82"
26. Empresa BACHOCO	29°05'38.06"	111°07'00.54"
27. ERM BACHOCO	29°05'39.06"	111°07'01.89"
28. Subestación CFE	29°03'54.84"	111°05'28.92"
29. ERM ACUÍCOLA	29°03'13.21"	111°05'28.84"
30. Parque infantil	19°57'31.80"	99°14'40.50"
31. Escuela	29°05'24.60"	111°02'40.10"

Tabla 6.18. Coordenadas de las estaciones del recorrido día 3.

ESTACIONES	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
32. Cruce de arroyo 1	29°05'59.15"	111°01'33.30"
33. Cruce carretero 1	29°05'40.68"	111°01'41.05"
34. Cruce de arroyo 2	29°05'39.40"	111°01'44.10"
35. Cruce de arroyo 3	29°05'36.10"	111°01'57.00"
36. Cruce de arroyo 4	29°05'27.96"	111°02'29.48"
37. Cruce de arroyo 5	29°04'55.90"	111°04'04.20"
38. Cruce carretero 5	29°05'17.05"	111°03'13.38"
39. Cruce carretero 6	29°03'59.06"	111°05'29.89"

De la información anterior puede ser observado que, de las 39 estaciones registradas en el recorrido de campo, 18 de ellas corresponden a área urbana, 6 cruces de corrientes hídricas y 6 cruces carreteros múltiples, se localizan 2 gasolineras y 1 gasera sobre el trazo, 5 centros educativos y 1 subestación eléctrica.

De estas estaciones, 4 de ellas son de riesgo activo o sea que pueden existir interacciones de peligro con ellas, 20 de riesgo pasivo lo cual significa que pueden verse afectadas en un siniestro, 2 de riesgo bajo o sea que son cercanas al gasoducto, pero no están en los radios de peligro de éste y 13 son sin riesgo.



De esta información recabada en campo, en el capítulo Interacciones de riesgo, se presentan las más significativas para mostrar los radios de afectación resultantes de la simulación de algún escenario.

Con la información de este recorrido que muestra los puntos sensibles de generación de un impacto a receptores y el estudio previo sobre la determinación riesgos de eventos operacionales y extra operacionales, el grupo de expertos discutió los nodos.

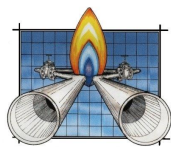
Recapitulando que el riesgo es una función de la probabilidad de ocurrencia y la posible consecuencia de un evento, se realizó un análisis de probabilidad de los sucesos que pueden estar presentes en el sistema de transporte de gas. Dado que las únicas instalaciones que no están ocultas en el sistema son las Estaciones de Regulación, las Estaciones de Regulación y Medición y la válvula de seccionamiento, se realizó un análisis FTA a éstas con la finalidad de contar con un valor de probabilidad de ocurrencia de un siniestro y con este valor formar un criterio de valuación al equipo de expertos en el desarrollo de la determinación de la frecuencia de las desviaciones a determinar en el Hazop. A continuación, se presenta este ejercicio de FTA.

VI.2.5. Análisis Hazop aplicado al proyecto

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

El carácter sistemático del análisis se realiza con un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía, "nodos", que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento, capaz de facilitar la identificación de desviaciones ocasionadas por múltiples causas, para determinar la flexibilidad de las respuestas a afectaciones por errores humanos, fallas de materiales, causas externas a la red, etc. De la misma forma se efectúa el análisis para la parte operativa del proceso comprendiendo el control, el mantenimiento, la supervisión. Cada vez que una desviación razonable es identificada, se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctivas, plasmándose en un registro ordenado de los datos y resultados.

La mecánica propia del HAZOP es el determinar una variable del proceso, por ejemplo "flujo" y analizar el nodo bajo consideración. Entonces una serie de palabras guía son combinadas con la variable "flujo" para crear desviaciones. Por ejemplo, la palabra guía "Desviación" es combinada con la variable "flujo" para dar la desviación "No flujo", iniciando con la búsqueda de la causa que puede resultar en la peor consecuencia posible. Cada causa es registrada con su listado de consecuencias, derivándose de esto protecciones, controles o recomendaciones apropiadas a cada escenario. El proceso es repetido para la siguiente desviación hasta completar el nodo bajo estudio.



El HAZOP se concentra en la identificación de riesgos en la red de transporte de **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, así como en las posibles afectaciones externas.

La metodología aplicada se resume como sigue:

- División de la red en áreas.
- Descripción de la intención de diseño (operación normal, límites y condiciones de seguridad según diseño) de las diferentes secciones definidas.
- Postulación, a través de palabras guía, de desviaciones de la intención de diseño de cada tramo y sus componentes.
- Determinación de las causas y consecuencias posibles de las desviaciones postuladas.
- Determinación de las desviaciones significativas (aquellas cuyas consecuencias implican riesgos importantes y cuyas causas son creíbles, haciéndolas posibles).
- Evaluación de las defensas existentes contra tales desviaciones (Prevención de las causas de las desviaciones, mitigación de sus consecuencias).
- Proposición de mejoras de diseño, procedimientos, programas y capacitación del personal, para la prevención de las desviaciones y la mitigación de sus consecuencias.

El aplicar de forma precisa una metodología a un sistema de transporte de gas, puede llevar a alcanzar resultados que se alejen de una realidad práctica que beneficie el proyecto. El presente ejercicio se basó en utilizar la experiencia de personal involucrado en el diseño, la construcción y la operación de sistemas similares de transporte y distribución de gas.

No se realizó una evaluación del diseño de la instalación ya que el proceso de generación de éste cubrió varios pasos de revisión y aprobación por parte de personal especialista de la empresa y de una Unidad de Verificación, que lleva a calificarlo como confiable y observante de la normatividad.

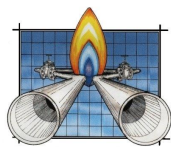
El grupo de expertos fue integrado por cuatro personas, tres pertenecientes a la empresa de transporte de gas, participantes en la elaboración del proyecto y el coordinador del grupo. En el Anexo Hazop se presenta una reseña de ellos y los registros de asistencia recabados.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGO MEDIANTE HAZOP

INTRODUCCIÓN

El Método de Identificación y Evaluación de Riesgos se ha usado con éxito durante muchos años en una gran variedad de aplicaciones. Este Método cubre sistemáticamente todos los aspectos relacionados con la ingeniería, las adquisiciones, la construcción, montaje, puesta en marcha, las operaciones, la mantención, los aspectos jurídicos y económicos de un Proyecto, su amplio campo de aplicación hace que sea una herramienta confiable, y permite una participación multidisciplinaria, en donde se suman los conocimientos y experiencias individuales.

La Identificación y Evaluación de Riesgos debe considerarse como parte integrante del desarrollo de la Ingeniería de Detalles de un Proyecto.



OBJETIVOS

La Identificación y Evaluación de Riesgos a través de:

- Verificar los Diseños del Proyecto desde el punto de vista de riesgos operacionales, que puedan afectar a las personas, a la comunidad, a los bienes físicos y/o al medio ambiente.
- Verificar la confiabilidad operacional de los Sistemas, con el fin de garantizar la continuidad requerida.

De este modo, se busca disponer de una instalación bajo riesgos controlados, con un nivel de seguridad aceptable, dentro del marco legal requerido y de las normas y disposiciones reglamentarias.

ALCANCE

La identificación y evaluación de los riesgos que se desarrollará tendrá como finalidad identificar los riesgos asociados a las nuevas instalaciones, procesos constructivos y futuras operaciones, los cuales podrán afectar a las personas, bienes físicos y medio ambiente, y proponer las medidas de control y recomendaciones que sean necesarias.

DEFINICIONES

Con la finalidad de establecer un lenguaje común para algunos conceptos contenidos en el presente documento, se establecen las siguientes definiciones:

- **Análisis de Riesgos:** Es el proceso formal que se realiza durante la vida del Proyecto, mediante el cual se identifican los factores de riesgo, se analizan y evalúan sus efectos y se definen las acciones a seguir frente a los mismos, con el fin de disponer de una actuación planificada con vista a minimizarlos.
- **Riesgos:** Es un evento probable cuya ocurrencia produce un daño a las personas, bienes físicos, procesos y/o medio ambiente.
- **Consecuencia (C):** Mide el nivel o grado de severidad que pueden revestir los daños a las personas, a los bienes y perjuicios por paralización de la producción, como consecuencia de un incidente.
- **Exposición (E):** El número de veces que el trabajador (es) se expone a un evento en un período determinado. Una escala clasifica en forma cualitativa el número de veces que la tarea está expuesta a un evento, es ejecutada por cada persona o grupo de personas en un determinado tiempo.
- **Probabilidad (P):** Dice relación con la frecuencia de ocurrencia del evento no deseado y se expresa por medio de una escala de categorías que corresponden al nivel de frecuencia de ocurrencia.



- **Magnitud del Riesgo (MR):** Es una medición que permite evaluar y jerarquizar el riesgo en forma cuantitativa, en función de su probabilidad (P), exposición (E) y consecuencia (C).
- **Matriz de Riesgo:** Es una matriz que permite relacionar las componentes (procesos, equipos, instalaciones, insumos y suministros) o alternativas del proyecto versus los riesgos operacionales.

FASES DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGO

Fase 1: Aplicación de la Matriz de Riesgos de acuerdo al Análisis de Riesgos las Personas y a los Bienes Físicos

Fase 2: Identificación de desviaciones a la intención del diseño, a través de la metodología HAZOP

La metodología a aplicar está conformada con la utilización de conceptos de varias técnicas consideradas, siendo las principales:

- Lineamientos para realizar análisis de riesgos de procesos, análisis de riesgos de ductos y análisis de riesgo de seguridad física en instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos subsidiarios. COMERI 144 del 10 de Agosto de 2010.
- Análisis de riesgos NRF-018-PEMEX-2014
- Hazard and operability studies (HAZOP studies) Application guide
BS IEC 61882:2001
- Análisis de Riesgo y de Operabilidad de Procesos HAZOP
Dr. Enrique Ortiz Nadal Departamento de Ingeniería Química ITESM
- The HAZOP (Hazard and Operability)
Method Process Risk Management
AcuTech
- Ingeniería de riesgo Identificación y evaluación
26 ago. 2003 - 1 de 30. Autor Juan Flores Ramírez
www.oilproduction.net/files/HAZOP
www.prevention-world.com
- Guía técnica: Métodos cualitativos para el análisis de riesgos
http://www.proteccioncivil.org/eu/DGPCE/Informacion.carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_215.htm
- Métodos para la evaluación cualitativa de frecuencias de ocurrencia
<http://www.proteccioncivil.es/>
- Manufacturing Technology Committee – Risk Management Working Group



Risk Management Training Guides

Product Quality Research Institute

Proyecto: Gasoducto ACUÍCOLA Hermosillo.

El aplicar de forma precisa una metodología a un sistema de transporte de gas natural, debe sustentarse en un procedimiento universal aplicado, que refleje una práctica internacionalmente aceptada. El presente ejercicio se basó en normatividad y literatura especializada, junto con la experiencia del personal involucrado en el desarrollo del análisis.

No se realizó una evaluación del diseño de la instalación, ya que el proceso de transporte de gas natural es ampliamente conocido y practicado en innumerables instalaciones que lleva a calificarlo como confiable y observante de la normatividad.

El primer paso con el equipo participante de la realización de la metodología fue la identificación de los elementos sujetos a riesgo que aplica al sistema de transporte. De este análisis se derivaron los nodos considerados en el proceso.

Dado que el proyecto es un sistema que comprende dos ER, tres ERM y una Válvula de seccionamiento: dos diámetros en Acero al Carbón y dos diámetros en Polietileno y que pueden operar a presiones diferentes, la evaluación de las consecuencias es un factor que depende directamente de estas variables. Las ER, ERM y VS, con sus respectivas tuberías de salida de 10 y 2 pulgadas de $\varnothing$ de AC y las tuberías de 8 y 6 pulgadas de $\varnothing$ de PEAD, serán las instalaciones que generarán las condiciones de riesgo y sus consecuencias pueden alcanzar efectos que estarán claramente definidos en los resultados de las simulaciones que se realicen en el estudio de riesgo.

Estos argumentos llevan a razonar que la metodología HAZOP será sencilla por tratarse de un proceso simple, lo que llevará a una identificación de condiciones de riesgo enfocadas al proceso de transporte de gas natural.

El estudio de riesgo y la identificación de peligros se enfocan a la ruptura o daño de cualquiera de los elementos importantes que componen el gasoducto, con la consecuente fuga de gas natural, ya que su operación y mantenimiento será controlado y supervisado por personal especializado de la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A de C.V.**

Selección de Nodos

Para el proceso de transporte de gas natural, la selección de nodos fue realizada por el grupo participante bajo los siguientes criterios:

- Pasos relacionados con los elementos importantes que conforman el sistema de transporte de gas natural:
- Estas precauciones generales, tienen que ver con el análisis de la seguridad y conservación en buen estado de las Estaciones de Regulación, Estaciones de Regulación y Medición y Válvula de Seccionamiento, con sus respectivas tuberías de salida o ingreso, según sea el diámetro y tipo de material de cada una de ellas.



Se consideran las siguientes precauciones, de acuerdo con el tipo de infraestructura:

Estaciones de Regulación (E.R.):

Una vez concluida la instalación de las E.R. dentro del registro correspondiente, el personal especializado a cargo de su seguridad, se debe de cerciorar que esta cumpla con todos los requisitos para que sea una estructura segura y resistente al embate de los elementos naturales y a la acción probable de personas que pudieran causarle algún daño. La instalación deberá contar con candados de seguridad, señalamientos adecuados (en tamaño y cantidad), de advertencia y de precaución, así como ser revisada periódicamente, atendida y manipulada exclusivamente por el personal especializado, designado para dichas tareas.

Estaciones de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 2 Baja presión y tipo 4 Alta presión:

Una vez concluida la instalación de las E.R.M. dentro de su jaula de protección o estructura correspondiente, el personal especializado a cargo de su seguridad se debe cerciorar que esta cumpla con todos los requisitos para que sea una estructura segura y resistente al embate de los elementos naturales y a la acción probable de personas que pudieran causarle algún daño. La instalación deberá contar con candados de seguridad, señalamientos adecuados (en tamaño y cantidad), de advertencia y de precaución, así como ser revisada periódicamente, atendida y manipulada exclusivamente por el personal especializado, designado para dichas tareas.

Válvula de Seccionamiento (V.S.):

Una vez concluida la instalación de la V.S. dentro del registro correspondiente, el personal especializado a cargo de su seguridad se debe de cerciorar que esta cumpla con todos los requisitos para que sea una estructura segura y resistente al embate de los elementos naturales y a la acción probable de personas que pudieran dañarla. La instalación deberá contar con candados de seguridad, señalamientos adecuados (en tamaño y cantidad), de advertencia y de precaución, así como ser revisada periódicamente, atendida y manipulada exclusivamente por el personal especializado, designado para dichas tareas.

Bajo estas consideraciones el grupo investigador determinó los siguientes nodos de análisis para el proyecto, utilizando el DTI de cada uno de los elementos considerados.

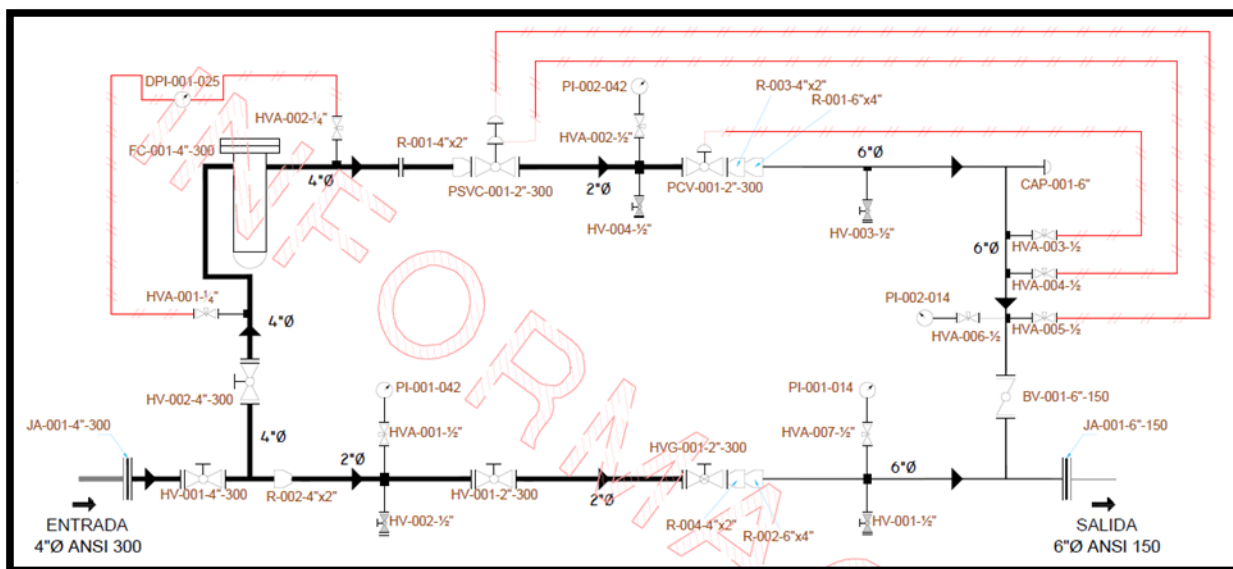
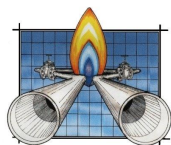


Figura 6.6. Diagrama DTI de la Estación de Regulación (E.R.).

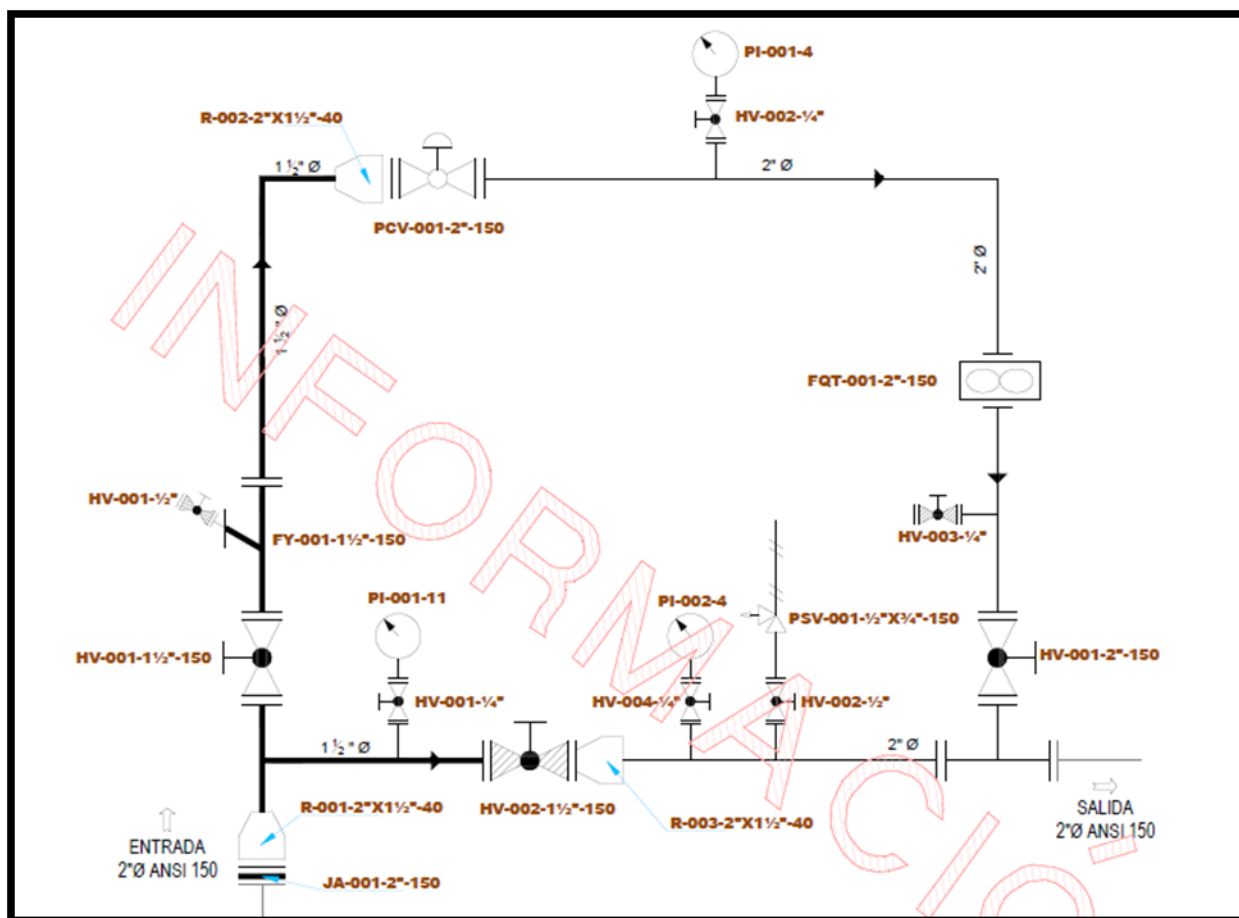


Figura 6.7. Diagrama DTI de la Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 2 Baja presión.

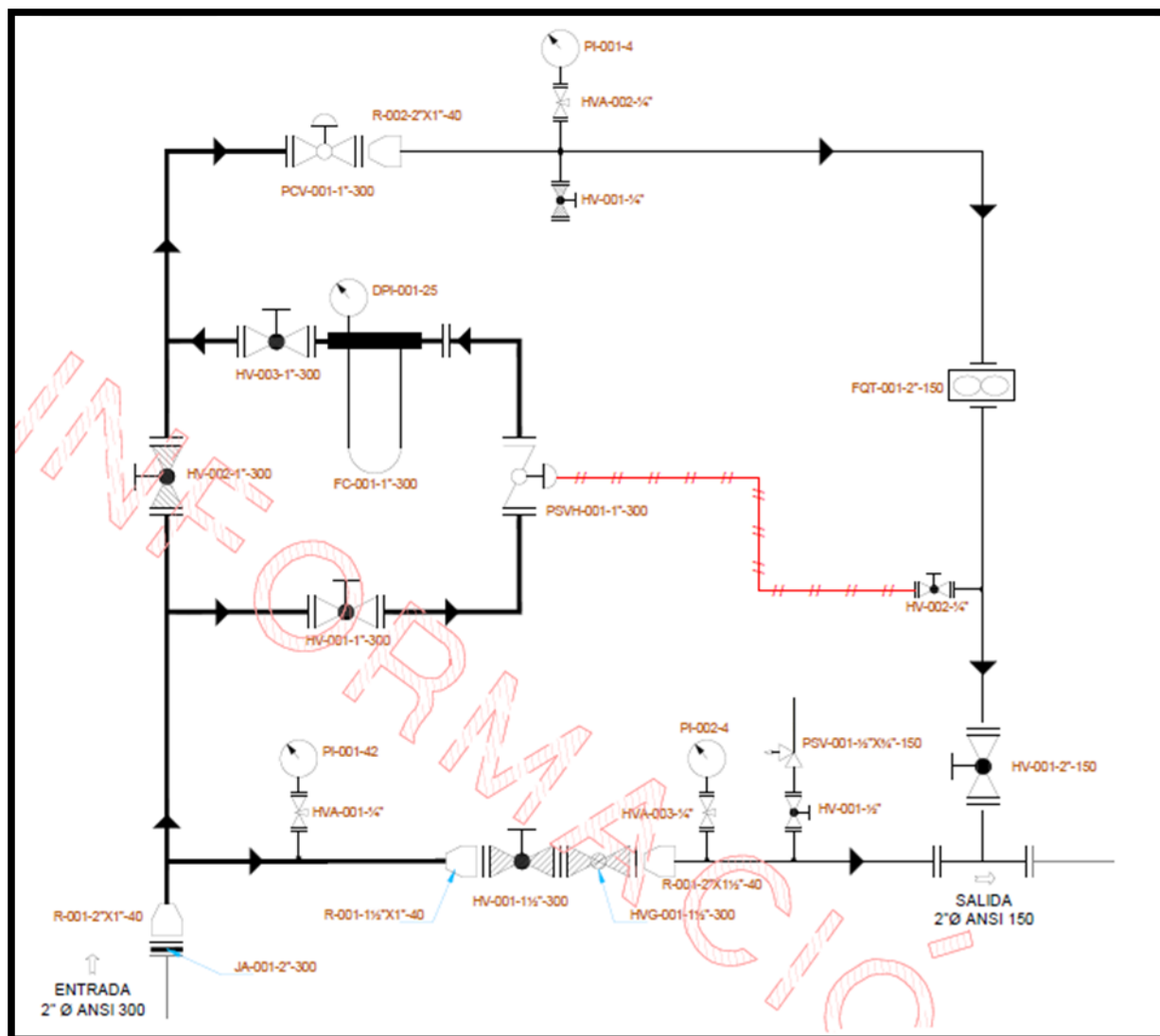
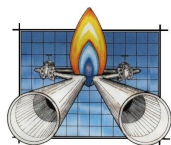
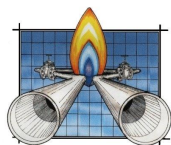


Figura 6.8. Diagrama DTI de la Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 4 Alta presión.

Tabla 6.19. Lista de Nodos.

NODO	TIPO DE NODO
1. Estación de Regulación (E.R.).	Tubería de salida de 10" de Ø de AC
2. Estación de Regulación (E.R.).	Tubería de salida de 8" de Ø de PEAD
3. Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 2 Baja presión.	Tubería de ingreso de 6" de Ø de PEAD
4. Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 4 Alta presión.	Tubería de ingreso de 2" de Ø de AC
5. Válvula de Seccionamiento (V.S.).	Tubería de salida de 10" de Ø de AC



Matriz de análisis primario sobre el nodo No. 1 Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC:

VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Se suspende el flujo en el ducto	Rotura o daño de la E.R. y/o de tubería de salida	Posible fuga de gas	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Se incrementa el flujo en el ducto	Falla en la E.R.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento de la presión sin regulación y fuga de gas	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	La presión del gas se incrementa por arriba de los valores especificados	Falla inesperada de la E.R.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento de la presión sin regulación y fuga de gas	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo por alta presión de flujo y cierre de válvulas
Menos presión	La presión de recibo se reduce por debajo de los valores especificados	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	Menos suministro de producto	Peligro de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	Se incrementa la temperatura del producto por arriba de la temperatura esperada	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor, incendio superficial	No se espera consecuencia mientras no se alcance la temperatura de evaporación del producto y no haya fuga	Peligro de fuga, incendio y explosión	Medio	Sistema de alarma por incendio en el área del registro
Corrosión	Se presentan afectaciones a los componentes	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	Adelgazamiento de paredes de la tubería de salida o alguno de los	Peligro de incendio o explosión	Medio	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores



VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
	metálicos de la E.R. por pérdida de material		componentes de la E.R.			
Mantenimiento	Incumplimiento al programa de mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	Condiciones inseguras de operación y control	Grave por posibles fugas que generen incendio o explosión	Alto	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de integridad física	Falta de programa de vigilancia	Condiciones inseguras	Grave por riesgo de generación de fugas	Alto	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Matriz de análisis primario sobre el nodo No. 2 Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 8" de Ø de PEAD:

VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Se suspende el flujo en el ducto	Rotura o daño de la tubería de salida	Posible fuga de gas	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Se incrementa el flujo en el ducto	Falla en la E.R.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento del flujo sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	La presión del gas se incrementa por arriba de los valores especificados	Falla inesperada de la E.R.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento de la presión sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo por alta presión de flujo y cierre de válvulas
Menos presión	La presión de recibo se	Rotura de tubería de	Posible fuga de producto	Peligro de incendio o	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de



VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
	reduce por debajo de los valores especificados	transporte o desconexión de la misma		explosión		válvulas
Más temperatura	Se incrementa la temperatura del producto por arriba de la temperatura esperada	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	No se espera consecuencia mientras no se alcance la temperatura de evaporación del producto	Suspensión del proceso de transporte	Medio	Sistema de alarma por incendio en el área del registro
Corrosión	Se presentan afectaciones a los componentes metálicos de la E.R. por pérdida de material	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	Adelgazamiento de paredes de la tubería de salida o alguno de los componentes de la E.R.	Peligro de incendio o explosión	Alto	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Incumplimiento al programa de mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	Condiciones inseguras de operación y control	Grave por posibles fugas que generen incendio o explosión	Alto	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de integridad física	Falta de programa de vigilancia	Condiciones inseguras	Grave por riesgo de generación de fugas	Alto	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Matriz de análisis primario sobre el nodo No. 3 Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 2 Baja presión y tubería de ingreso de 6" de Ø de PEAD.

VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Se suspende el flujo en el ducto	Rotura o daño de la tubería de	Posible fuga de gas	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas



VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
		salida				
Más flujo	Se incrementa el flujo en el ducto	Falla en la E.R.M.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento del flujo sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	La presión del gas se incrementa por arriba de los valores especificados	Falla inesperada de la E.R.M.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento de la presión sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo por alta presión de flujo y cierre de válvulas
Menos presión	La presión de recibo se reduce por debajo de los valores especificados	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	Posible fuga de producto	Peligro de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	Se incrementa la temperatura del producto por arriba de la temperatura esperada	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	No se espera consecuencia mientras no se alcance la temperatura de evaporación del producto	Suspensión del proceso de transporte	Medio	Sistema de alarma por incendio en el área del registro
Corrosión	Se presentan afectaciones a los componentes metálicos de la E.R.M. por pérdida de material	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	Adelgazamiento de paredes de la tubería de salida o alguno de los componentes de la E.R.M.	Peligro de incendio o explosión	Alto	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Incumplimiento al programa de mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación	Condiciones inseguras de operación y control	Grave por posibles fugas que generen incendio o	Alto	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas



VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
		al personal		explosión		
Seguridad	Falta de integridad física	Falta de programa de vigilancia	Condiciones inseguras	Grave por riesgo de generación de fugas	Alto	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Matriz de análisis primario sobre el nodo No. 4 Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 4 Alta presión y tubería de ingreso de 2" de Ø de AC.

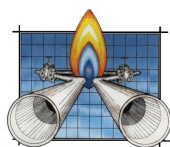
VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Se suspende el flujo en el ducto	Rotura o daño de la tubería de salida	Posible fuga de gas	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Se incrementa el flujo en el ducto	Falla en la E.R.M.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento del flujo sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	La presión del gas se incrementa por arriba de los valores especificados	Falla inesperada de la E.R.M.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento de la presión sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo por alta presión de flujo y cierre de válvulas
Menos presión	La presión de recibo se reduce por debajo de los valores especificados	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	Posible fuga de producto	Peligro de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	Se incrementa la temperatura del producto por arriba de la temperatura esperada	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	No se espera consecuencia mientras no se alcance la temperatura de evaporación del	Suspensión del proceso de transporte	Medio	Sistema de alarma por incendio en el área del registro



VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
			producto			
Corrosión	Se presentan afectaciones a los componentes metálicos de la E.R.M. por pérdida de material	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	Adelgazamiento de paredes de la tubería de salida o alguno de los componentes de la E.R.M.	Peligro de incendio o explosión	Alto	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Incumplimiento al programa de mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	Condiciones inseguras de operación y control	Grave por posibles fugas que generen incendio o explosión	Alto	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de integridad física	Falta de programa de vigilancia	Condiciones inseguras	Grave por riesgo de generación de fugas	Alto	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Matriz de análisis primario sobre el nodo No. 5 Válvula de Seccionamiento (V.S.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC.

VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Se suspende el flujo en el ducto	Rotura o daño de la tubería de salida	Posible fuga de gas	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Se incrementa el flujo en el ducto	Falla en la V.S.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento del flujo sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	La presión del gas se incrementa por arriba de los valores especificados	Falla inesperada de la V.S.	Posible ruptura en la tubería de transporte por aumento de la presión sin regulación	Riesgo de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo por alta presión de flujo y cierre de válvulas



VARIABLES	PALABRAS GUÍA					
	DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
Menos presión	La presión de recibo se reduce por debajo de los valores especificados	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	Posible fuga de producto	Peligro de incendio o explosión	Alto	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	Se incrementa la temperatura del producto por arriba de la temperatura esperada	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	No se espera consecuencia mientras no se alcance la temperatura de evaporación del producto	Suspensión del proceso de transporte	Medio	Sistema de alarma por incendio en el área del registro
Corrosión	Se presentan afectaciones a los componentes metálicos de V.S. por pérdida de material	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	Adelgazamiento de paredes de la tubería de salida o alguno de los componentes de la V.S.	Peligro de incendio o explosión	Alto	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Incumplimiento al programa de mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	Condiciones inseguras de operación y control	Grave por posibles fugas que generen incendio o explosión	Alto	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de integridad física	Falta de programa de vigilancia	Condiciones inseguras	Grave por riesgo de generación de fugas	Alto	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Estos análisis primarios de los elementos estudiados como posible origen de peligro del sistema de transporte de gas natural realizados con la técnica Hazop, son la base para identificar desviaciones del proceso y disgregar orígenes viables.

Una vez identificadas las desviaciones más importantes en el sistema de transporte se puede determinar las secuelas lógicas de éstas a través de las propias palabras que las describen.

Flujo: Tiene como palabra clave rotura, exponiendo una gama amplia de posibilidades. La segunda palabra clave en esta variable es desconexión, como iniciadora de desviaciones que afecten al sistema en diversas proporciones, pudiendo originar afectaciones al proceso y riesgos.



Presión: Esta variable tiene también como palabra clave rotura, con la misma acepción que en la variable anterior. De igual forma, la segunda palabra clave es desconexión, denotando así la relación directa entre estas dos variables, al ser dependientes una de otra.

Temperatura: Esta variable, de acuerdo al análisis es dependiente de un agente externo. Su elevación podrá ser aviso de un incendio y el consecuente riesgo de afectación a materiales y equipos de la instalación.

Corrosión: Esta es una variable de oxidación del metal por efecto de acumulación de humedad que origina pérdida de espesores y queda bajo control a través de programas de una adecuada protección anticorrosiva y la verificación periódica de la calibración de grosores, que preserve las partes metálicas de las tuberías.

Mantenimiento: La falta de programas de mantenimiento, el incumplimiento de los mismos o la deficiencia en su aplicación por falta de capacitación refleja en un posible riesgo, que puede llegar a ser grave si su insuficiencia es recurrente e importante.

Seguridad: La seguridad es un factor que involucra todas las variables, sin embargo, en este punto específicamente, se refiere a la integridad física de la instalación, que envuelve muchos otros aspectos que no sólo están supeditados a factores operativos.

De acuerdo con la finalidad de este estudio, se contemplarán solamente los riesgos que pudieran causar afectaciones con posibles escapes de gas en el entorno de las instalaciones, con su posible incendio y explosión, y se discriminan aquellos riesgos que solamente representen problemas operacionales que afecten continuidad o eficiencia del proceso.

Con estos resultados podemos hacer una primera estimación de las causas más probables que pueden originar un riesgo potencial en el sistema relacionado con la palabra clave del HAZOP.

Tabla 6.20. Riesgos potenciales derivados del estudio HAZOP.

Acción	Causa probable	Riesgo potencial	Palabra clave del HAZOP
Sobre flujo	Rotura o escape	Fuga e incendio	Rotura o desconexión
Sobre presión	Falla en la E.R. y/o V.S.	Fuga e incendio	Daño en equipos o conexiones
Alta temperatura	Posible existencia de fuego externo	Fuga e incendio	Fuga por daño den equipos o conexiones
Corrosión	Afectación a partes metálicas.	Fuga e incendio	Rotura o escape por falla de adecuada protección anticorrosiva y seguimiento a calibración de espesores de los componentes metálicos del sistema
Mantenimiento	Carencia o insuficiencia del mantenimiento	Fuga e incendio	Capacitación y cumplimiento de los programas preventivos.
Seguridad	Falta de un programa de	Fuga e	Afectación a la integridad física



Acción	Causa probable	Riesgo potencial	Palabra clave del HAZOP
	vigilancia y medidas de resguardo de integridad física	incendio	

Una vez determinadas las causas más probables podemos establecer la relación entre los riesgos y los efectos que originarían éstos, para ponderar los riesgos se utiliza una clasificación de su categoría en una escala de niveles del 1 al 4.

Nivel 4: Afectaciones humanas y materiales graves (Incendio y explosión).

Nivel 3: Afectaciones humanas y materiales moderadas (Incendio y explosión).

Nivel 2: Afectaciones humanas y materiales (suspensión del servicio y trastornos leves).

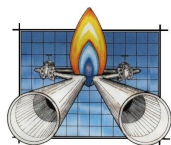
Nivel 1: Desviaciones del servicio y trastornos menores.

Tabla 6.21. Ponderación del riesgo.

Riesgo	Descripción de las principales causas de riesgo	Clasificación
Roturas y escapes	- Sobre presión del sistema - Corrosión en tuberías o componentes de acero - Mantenimiento deficiente - Decisiones erróneas por falta de información - Fallas por errores operativos - Fallas en intervenciones de mantenimiento - Fallas en materiales	Nivel 4 y 3
Afectaciones al servicio	- Fallas en el control del sistema - Bloqueo o cierre inesperado de válvulas	Nivel 2 y 1
Seguridad e integridad física	- Daños accidentales provocados por terceros - Falta de integridad física de las instalaciones (vandalismo o pillaje) - Pobre atención a contingencias - Deficiente capacitación y adiestramiento para la atención de contingencias - Deficiente equipamiento para atención a contingencias - Sismos, vientos y mareas de alto impacto	Nivel 4 y 3

Lo anterior permite aplicar una revisión más exhaustiva a cada nodo que permita establecer severidades, probabilidades y resultados para cada nodo determinado. Tal como se muestra en las siguientes tablas:

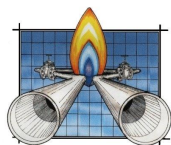
Matriz de severidades, probabilidades y resultados sobre el nodo No. 1 Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC.



VARIABLES	PALABRAS GUÍA				
	CAUSA PROBABLE	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Rotura o desconexión de la tubería de salida o de los componentes de la E.R.	4	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Falla en la E.R.	3	1	4	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	Falla en la E.R.	3	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Menos presión	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	3	2	2	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	3	1	3	Sistema de alarma por incendio en el área del registro
Corrosión	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	4	3	3	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	3	3	3	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de programa de vigilancia	4	2	3	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

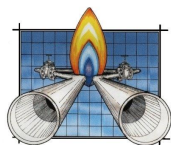
Matriz de severidades, probabilidades y resultados sobre el nodo No. 2 Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 8" de Ø de PEAD.

VARIABLES	PALABRAS GUÍA				
	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Rotura o	4	2	3	Paro automático del bombeo



VARIABLES	PALABRAS GUÍA				
	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
	desconexión de la tubería de salida o de los componentes de la E.R.				y cierre de válvulas
Más flujo	Falla en la E.R.	3	1	4	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	Falla en la E.R.	3	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Menos presión	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	3	2	2	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	3	1	3	Sistema de alarma por incendio en el área del registro
Corrosión	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	4	3	3	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	3	3	3	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de programa de vigilancia	4	2	3	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Matriz de severidades, probabilidades y resultados sobre el nodo No. 3 Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 2 Baja presión y tubería de ingreso de 6" de Ø de PEAD.



VARIABLES	PALABRAS GUÍA				
	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Rotura o desconexión de la tubería de ingreso o de los componentes de la E.R.M.	4	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Falla en la E.R.M.	3	1	4	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	Falla en la E.R.M.	3	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Menos presión	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	3	2	2	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	3	1	3	Sistema de alarma por incendio en el área de la reja de la E.R.M.
Corrosión	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	4	3	3	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	3	3	3	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de programa de vigilancia	4	2	3	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Matriz de severidades, probabilidades y resultados sobre el nodo No. 4 Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 4 Alta presión y tubería de ingreso de 2" de Ø de AC.



VARIABLES	PALABRAS GUÍA				
	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Rotura o desconexión de la tubería de ingreso o de los componentes de la E.R.M.	4	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Falla en la E.R.M.	3	1	4	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	Falla en la E.R.M.	3	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Menos presión	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	3	2	2	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	3	1	3	Sistema de alarma por incendio en el área de la reja de la E.R.M.
Corrosión	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	4	3	3	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	3	3	3	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de programa de vigilancia	4	2	3	Acciones de resguardo y de protección de la instalación

Matriz de severidades, probabilidades y resultados sobre el nodo No. 5 Válvula de Seccionamiento (V.S.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC.



VARIABLES	PALABRAS GUÍA				
	CAUSA PROBABLE	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE PROTECCIÓN (RECOMENDACIONES)
No flujo	Rotura o desconexión de la tubería de salida o de los componentes de la V.S.	4	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más flujo	Falla en la V.S.	3	1	4	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más presión	Falla en la V.S.	3	2	3	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Menos presión	Rotura de tubería de transporte o desconexión de la misma	3	2	2	Paro automático del bombeo y cierre de válvulas
Más temperatura	El gas está siendo calentado por una fuente externa de calor	3	1	3	Sistema de alarma por incendio en el área del registro
Corrosión	Falla de la protección anticorrosiva del sistema	4	3	3	Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
Mantenimiento	Falta de atención al programa o falta de capacitación al personal	3	3	3	Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
Seguridad	Falta de programa de vigilancia	4	2	3	Acciones de resguardo y de protección de la instalación



Tabla 6.22. Resultado del número de Elementos del estudio por Nodo.

NODOS	NÚMERO DE ELEMENTOS DEL ESTUDIO			
	DESVIACIONES	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
1. Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC.	8	8	6	6
2. Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 8" de Ø de PEAD.	8	8	6	6
3. Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 2 Baja presión y tubería de ingreso de 6" de Ø de PEAD.	8	8	6	6
4. Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 4 Alta presión y tubería de ingreso de 2" de Ø de AC.	8	8	6	6
5. Válvula de Seccionamiento (V.S.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC.	8	8	6	6
Total:	40	40	30	30

De la tabla anterior puede observarse que una cantidad importante de las recomendaciones son reiterativas por lo que podemos sintetizar:

Relación de Recomendaciones emitidas en el estudio

1. Paro automático y cierre de válvulas.
2. Paro automático por alta presión y cierre de válvulas.
3. Sistema de alarma por incendio en el área del registro.
4. Protección adecuada y evaluación periódica de espesores.
5. Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas.
6. Acciones de resguardo y de protección de las instalaciones.

Las recomendaciones serán profundizadas en su propósito y alcance en el estudio de riesgo.

Adicionalmente el grupo encargado del análisis calificó tres aspectos que intervienen en el riesgo como son la severidad, la probabilidad o frecuencia y la gravedad de consecuencias o los resultados del evento con la finalidad de evaluar la magnitud del riesgo.



NODO	DESVIACIÓN	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RESULTADOS
1. Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC.	No flujo	4	2	3
	Más flujo	3	1	4
	Más presión	3	2	3
	Menos presión	3	2	2
	Más temperatura	3	1	3
	Corrosión	4	3	3
	Mantenimiento	3	3	3
	Seguridad	4	2	3

NODO	DESVIACIÓN	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RESULTADOS
2. Estación de Regulación (E.R.) y tubería de salida de 8" de Ø de PEAD	No flujo	4	2	3
	Más flujo	3	1	4
	Más presión	3	2	3
	Menos presión	3	2	2
	Más temperatura	3	1	3
	Corrosión	4	3	3
	Mantenimiento	3	3	3
	Seguridad	4	2	3

NODO	DESVIACIÓN	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RESULTADOS
3. Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 2 Baja presión y tubería de ingreso de 6" de Ø de PEAD.	No flujo	4	2	3
	Más flujo	3	1	4
	Más presión	3	2	3
	Menos presión	3	2	2
	Más temperatura	3	1	3
	Corrosión	4	3	3
	Mantenimiento	3	3	3
	Seguridad	4	2	3



NODO	DESVIACIÓN	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RESULTADOS
4. Estación de Regulación y Medición (E.R.M.) tipo 4 Alta presión y tubería de ingreso de 2" de Ø de AC.	No flujo	4	2	3
	Más flujo	3	1	4
	Más presión	3	2	3
	Menos presión	3	2	2
	Más temperatura	3	1	3
	Corrosión	4	3	3
	Mantenimiento	3	3	3
	Seguridad	4	2	3

NODO	DESVIACIÓN	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RESULTADOS
5. Válvula de Seccionamiento (V.S.) y tubería de salida de 10" de Ø de AC.	No flujo	4	2	3
	Más flujo	3	1	4
	Más presión	3	2	3
	Menos presión	3	2	2
	Más temperatura	3	1	3
	Corrosión	4	3	3
	Mantenimiento	3	3	3
	Seguridad	4	2	3

Se puede distinguir que los tres aspectos que intervienen en el riesgo tienen valoraciones similares para los cuatro nodos, lo anterior obedece a que todos estos se localizan en una misma línea de proceso, por lo que desviaciones de las variables analizadas tienen reflejo semejante al resto de los nodos.



Magnitud del riesgo

La Magnitud del Riesgo (MR), se calcula utilizando las siguientes variables:

a) Severidad del fallo para posibles receptores considerando como receptores a las personas y en segundo lugar a las instalaciones

Clasificación	Categoría	Severidad
Ligera	1	El servicio no se ve afectado
Media	2	El servicio se ve afectado por un número reducido de clientes
Considerable	3	El servicio se ve afectado por un número de clientes que supera dos dígitos
Alta	4	El servicio afecta a más del 50% de los usuarios en el área

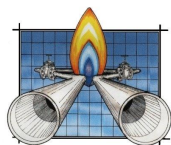
b) Estimación de la probabilidad o frecuencia

Frecuencia o Probabilidad de ocurrencia			
1x10⁻⁵	1x10⁻⁴	1x10⁻³	1x10⁻²
1	2	3	4

c) Estimación de los resultados

Clasificación	Categoría	Resultados
Leve	1	Posible fuga de gas sin fuego o explosión No hay afectación a personas y bienes
Moderada	2	Fuga de gas sin fuego o explosión, pero afecta levemente a personas o sus bienes
Seria	3	Fuga de gas con presencia de incendio y/o explosión y genera lesiones menores a personas o sus bienes
Grave	4	Fuga de gas con incendio y/o explosión y provoca lesiones mayores a personas y bienes

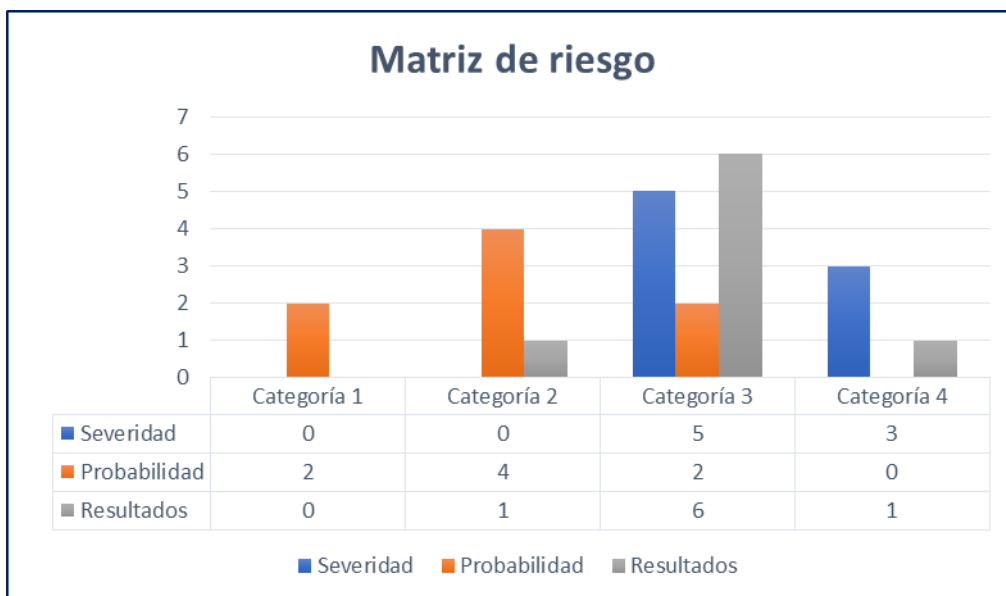
De la información emanada de los aspectos de la Severidad, la Probabilidad y los Resultados de las secuelas se expresan los siguientes gráficos:



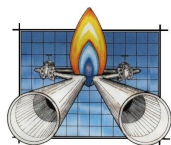
Grafica 6.1. Presentación 3D, matriz de los resultados de niveles de riesgo.

En este gráfico puede ser observado que la Severidad tiene un comportamiento manifiesto en las categorías del 3 y 4, la probabilidad de ocurrencia tiene tendencia hacia la categoría 1, 2 y 3, lo que significa que son eventos claramente fortuitos o de cierto riesgo.

Los resultados o gravedad de la amenaza de los eventos analizados tienen un comportamiento con valoración en la categoría 3 lo que significa que las desviaciones analizadas la gran mayoría son de alto riesgo con altas posibilidades de consecuencias series o graves.



Grafica 6.2. Presentación de barras, matriz de los resultados de niveles de riesgo.



En esta representación de la matriz en columnas se confirma lo expuesto en el texto anterior en donde la severidad es con propensión a una clasificación alta, la probabilidad con clara tendencia a una clasificación con valor de 1×10^{-4} y 1×10^{-5} , o sea a una ocurrencia baja y los resultados manifestados en gravedad de consecuencias son altos para la categoría 3, esperando secuelas de serias a graves.

Evaluación de la criticidad del Riesgo

La Magnitud del Riesgo permite clasificar los riesgos para priorizar las acciones de control en las distintas etapas del proyecto.

$$MR = \text{Severidad} * \text{Probabilidad} * \text{Resultados}$$

Para visualizar la clasificación se construye la matriz del rango de criticidad del riesgo, utilizando la categoría de la consecuencia y la probabilidad de ocurrencia del evento, como dimensiones de la matriz.

Tabla 6.23. Presentación de los niveles de criticidad y su rango.

Nivel de criticidad	Rango (MR)
Grave	24 a 64
Serio	16 a 18
Leve	1 a 12

Dado que los nodos analizados corresponden a la misma línea de transporte de gas natural, los efectos son iguales para cada análisis, diferenciándose en las desviaciones que originan el riesgo y en las medidas de prevención que las prevengan, por lo que podemos expresar el nivel de criticidad del riesgo en una sola tabla:

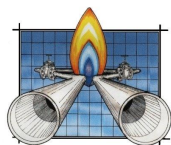


Tabla 6.24. Nivel de criticidad del riesgo.

NODOS	DESVIACIÓN	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RESULTADOS	MAGNITUD DEL RIESGO
1. E.R. y tubería de salida de 10" de Ø de AC. 2. E.R. y tubería de salida de 8" de Ø de PEAD. 3. E.R.M. tipo 2 Baja presión y tubería de ingreso de 6" de Ø de PEAD. 4. E.R.M. tipo 4 Alta presión y tubería de ingreso de 2" de 5.Ø de AC. 5. V.S. y tubería de salida de 10" de Ø de AC.	No flujo	4	2	3	24
	Más flujo	3	1	4	12
	Más presión	3	2	3	18
	Menos presión	3	2	2	12
	Más temperatura	3	1	3	9
	Corrosión	4	3	3	36
	Mantenimiento	3	3	3	27
	Seguridad	4	2	3	24

De esta manera se obtiene un ranking priorizado del inventario de riesgo a los usuarios y a las instalaciones de todos los nodos analizados en el estudio y el nivel de criticidad de dicha magnitud.

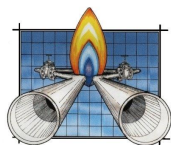
De los 5 nodos analizados se concluye que las desviaciones relacionadas el flujo de distribución, la pérdida de presión, los problemas de corrosión, La falta de mantenimiento y una insuficiente seguridad de la instalación son los elementos que deberán de tener la mayor atención y en la aplicación de las recomendaciones emanadas del estudio.

De las 40 causas de desviación estudiadas en el ejercicio como posible origen de fallo, deberán de ser atendidas en orden de importancia las variables que perturben con mayor percusión aquellas cuyo nivel de criticidad fue destacado en rojo.

VI.2.6 Determinación de las probabilidades de ocurrencia con FTA

Los ejercicios anteriores han permitido identificar y evaluar mediante inferencia una probabilidad de acontecimiento que aporta una idea de la frecuencia de suceso, para poder contar con un valor más estructurado que considere una mayor cantidad de variables que intervienen en un suceso de riesgo recurriremos a este cálculo denominado Fault Tree Analysis (Análisis de Árbol de Fallas), el cual es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados.

El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso, sucesos externos, etc. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.



De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas (OR y AND)". El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

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

Un FTA no proporciona un examen directo del error humano dado que la técnica requiere de información detallada del diseño del proceso, por lo común es utilizado durante o después de que la etapa de diseño ha sido terminada.

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

El árbol de fallas es un diagrama lógico que muestra las interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones pueden ser condiciones ambientales o eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema y fallas de componentes específicos. Así, un árbol de fallas construido coherentemente muestra las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos los cuales pueden guiar a un evento no deseado.

Para la determinación del valor de probabilidad en Estaciones de Regulación y/o la válvula del sistema, recurriremos a un árbol de fallas, que contenga los elementos que conformen la generación de un riesgo.

Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6.25. Valores de probabilidad establecidos por el IEE.

Nivel	Probabilidad	Descripción	Comportamiento individual de falla
A	10^{-1}	Frecuente	Ocorre frecuentemente
B	10^{-2}	Probable	Ocorre varias veces
C	10^{-3}	Ocasional	Ocorre algunas veces



Nivel	Probabilidad	Descripción	Comportamiento individual de falla
D	10^{-4}	Remoto	No ocurre, pero es posible que ocurra
E	10^{-5}	Improbable	Difícil que ocurra no existen experiencias

FUENTE: Health and Safety Briefing No 26a Sept. 2004. The Institution of Electrical Engineers

Una vez elaborado el árbol de fallas para cada riesgo se puede dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos que conformen su posible desarrollo.

El riesgo a analizar bajo esta metodología es el de incendio en una válvula de seccionamiento y una estación de regulación, generando un incendio y/o explosión, según las características de la nube que pudiera ser formada en cuanto a su dispersión y a la existencia de una fuente de ignición en la zona, por lo tanto la probabilidad de su ocurrencia se rige por una compuerta AND, ya que el incendio sólo podrá generarse con la combinación de una fuga de gas natural y la existencia de una fuente de ignición.

La generación de una fuga en cualquier punto de la tubería del gasoducto de transportación de gas natural podrá darse a raíz de tres causas: falta o falla de mantenimiento, situación que puede originar la pérdida de integridad de alguno de los componentes, por una posible sobrepresión que cause una falla en la hermeticidad de los componentes de la instalación o equipo y por fallas en las medidas de seguridad física de la propia red, que podría facilitar el vandalismo o accidentes provocados por terceras personas.

Cada uno de estos posibles eventos es analizado en capas inferiores determinando combinaciones de sucesos que llevan a compuertas AND y OR dando un valor final a la probabilidad de su ocurrencia.

La presencia de la fuente de ignición se analiza a partir de tres eventos independientes y por lo tanto se aplica una compuerta OR y son: la posibilidad de una chispa generada por un acto inseguro de los trabajadores de la empresa encargada de la operación y mantenimiento, al estar realizando actividades con equipo eléctrico, corte y soldadura, etc. Otra de las causas que se considera es un incendio externo que puede ser originado por terceras personas o incendio de hierba seca o basura en las temporadas de sequía y temperaturas altas, así como la posibilidad de una fuente de ignición generada por fenómenos meteorológicos (rayo).

Una vez desarrollado el análisis cualitativo se asignan los valores de probabilidad de ocurrencia, basándose en la estimación de que sucedan, sustentándose en la experiencia de eventos ocurridos durante la vida de redes de transporte, en la propia experiencia del personal que opera y mantiene dicha red y en el conocimiento de sucesos ocurridos en sistemas similares. Lo anterior utilizando los valores de probabilidad sugeridos en la tabla anterior dados por el Instituto de Ingenieros Eléctricos del Reino Unido en el año 2004, para la determinación de probabilidades de ocurrencia de falla en circuitos eléctricos, utilizando la metodología FTA.

En el diagrama del análisis de árbol de fallas se muestran las interrelaciones de posibles eventos y el valor de la estimación de sus probabilidades.



Los diagramas del análisis de árbol de fallas se presentan en el Anexo 8, en donde se puede observar cada una de las probabilidades calculadas para el riesgo de fuga que en caso de encontrar una fuente de ignición desencadenaría un incendio y explosión.

Para la interpretación de la probabilidad de un incendio sobre una Válvula de Seccionamiento y las tuberías de transportación del gas natural, se desarrolla el siguiente planteamiento:

La probabilidad determinada de un incendio en una Válvula de Seccionamiento o Estación de Regulación, llevo al número 4.05×10^{-4} como valor de probabilidad, nos indica que se encuentra en el rango de remoto.

La ocurrencia de fugas es el evento que mayor probabilidad de ocurrencia tiene 2.6×10^{-2} , que se ajusta al rango de probable, siendo la causa más factible las fugas por fallas en las medidas de seguridad, resultando como ocasionales las fugas por falta o fallas en los programas de mantenimiento, con 5.2×10^{-3} , seguida por fugas por sobrepresiones que caen en el rango de improbable., con 1.1×10^{-5} , que caen en el rango de improbable.

Para la presencia de una flama o chispa que inicie un incendio se determinó un valor de probabilidad de 1.3×10^{-2} , que se ajusta a la clasificación de probable, siendo influenciada principalmente por los actos inseguros del personal que da mantenimiento y revisiones periódicas a las instalaciones con la probabilidad de 1×10^{-2} , seguida con la misma probabilidad la presencia de un incendio externo (generado por fogatas, incendio de basura o por la hierba seca en las inmediaciones de la Válvula), o por chispa eléctrica o por carga estática con la probabilidad de 1×10^{-3} con la categoría de ocasionales. Resolviendo matemáticamente el árbol, la frecuencia de ocurrencia de un riesgo de incendio en una estación o una válvula es de 4.05×10^{-4} .



de seccionamiento. Tanto las Estaciones de Regulación como la Válvula de seccionamiento, estarán alojadas en registros bajo el nivel del piso, el acceso a éstos es mayormente factible que las tuberías enterradas.

Por otro lado, el nivel de consecuencias en un incidente de fuga que alcance fuego o explosión es proporcional al diámetro y presión de operación de la tubería.

El sistema de transporte de gas natural está conformado por tuberías de acero de 10 y 2 pulgadas de $\varnothing$ con presión máxima de operación de 21 kg/cm² y de polietileno de alta densidad de 8 y 6 pulgadas de $\varnothing$ con una presión máxima de operación de 7 kg/cm².

VI.3. Radios potenciales de afectación

VI.3.1. Memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones.

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa **Gas Natural del Noroeste S.A. de C.V.**, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen la red de transporte. En todo el sistema existen una serie de uniones, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas la emisión del gas natural a la atmósfera es inmediata.

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

Ambas formas de emisión están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión. El grado de dilución depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI Versión 4.4 y SCRI fuego Versión 1.4, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra. Para las actividades de operación y mantenimiento de la red de transporte de **Gas Natural del Noroeste S.A. de C.V.**, se han identificado **4 escenarios de riesgo potencial**, los cuales involucran eventos por incendio que a su vez podrían desencadenar una explosión.

A partir de estos datos, sumados a los sistemas y equipos de seguridad con los que cuenta **Gas Natural del Noroeste S.A. de C.V.** se están considerando las Estaciones de Regulación (ER), Válvula de Seccionamiento (VS) y Estaciones de Regulación y Medición (ERM), del material y diámetros que contempla el proyecto, como puntos de concentración de riesgos, tal como se pudo establecer en el análisis HAZOP desarrollado.



Modelación de Dispersión de la pluma (Isoconcentraciones).

El modelo de dispersión en aire usado en este análisis de riesgo, para predecir concentraciones para los peores escenarios, fue el SCRI (Modelos atmosféricos para simulación de contaminación y riesgos industriales) en su versión 4.4, este modelo tiene su concepción original en 1985 a través del sistema de información rápida de impacto ambiental "SIRIA", basándose primordialmente en técnicas metodológicas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

El modelo SCRI es utilizado para predecir concentraciones puntuales de exposición de un contaminante de una fuente emisora y sirve para caracterizar otras fuentes de emisión en una instalación industrial sean puntuales, de área, o volumétricas tanto a nivel del suelo como a alturas elevadas. Se basa en análisis de velocidades de viento en conjunción con las condiciones del contaminante emitido.

El modelo de pluma Gaussiana o el Modelo para Gas Pesado son usados en este modelo para estimar las concentraciones en la dirección del viento desde la fuente, mediante la predicción de la forma en que la pluma se dispersará a las condiciones establecidas.

Además, el modelo puede tomar en cuenta factores aerodinámicos, efectos de fricción en edificios, dispersión inducida por fuerzas boyantes y precipitación gravitacional de partículas. Esas opciones son particularmente útiles para estimar el comportamiento de la pluma en los alrededores de las estructuras de los edificios.

El modelo SCRI estima concentraciones al nivel del suelo a distancias específicas alrededor de la fuente emisora. El usuario puede definir receptores en coordenadas polares o cartesianas además de lugares de recepción discretos.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los tres escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego (Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales) en la versión 1.4, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.

El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobre-presión explosiva).



Modelación de incendio:

En el caso de la simulación de los escenarios de incendio son desarrollados a través del programa SCRI Fuego "Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales" en su versión 1.4, que incluye los escenarios de fuego y explosión. Este modelo computa los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kW/m^2 y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m^2 de radiación.

El modelo trabaja con los siguientes parámetros del gas natural:

- Peso molecular
- Gravedad específica
- Temperatura
- Área del incendio

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de los mismos, se utilizan los criterios dados por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades riesgosas del Instituto Nacional de Ecología.

De acuerdo a la NOM-010-STPS-2014, los límites máximos permisibles de exposición para gas natural para toxicidad no se definen, debido a que la sustancia no es clasificada como tóxica sino como asfixiante.

En todos los escenarios definidos, los límites isopléticos para el análisis de dispersión fueron definidos para:

- Límite Superior de Explosividad (LSE) = 150,000 ppm (15%).
- Límite Inferior de Explosividad (LIE) = 50,000 ppm (5%) y
- Valor propuesto para confirmar como una distancia de inicio de riesgo, una concentración de 10,000 ppm (1.0%).

Mientras que para la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT.

Para evaluar estos efectos en un incendio nos basaremos en la siguiente tabla:

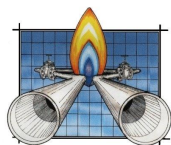


Tabla 6.26. Efectos de radiación térmica según la intensidad de radiación emitida.

Intensidad de radiación (Kw/m ²)	Efecto observado
37.5	Suficiente para causar daños en materiales.
25	Energía mínima para ignición de madera en una exposición indefinida.
12.5	Energía mínima para ignición de madera, fusión de tubería plástica.
9.5	Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos; quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor a personas si no puede ponerse a resguardo en 20 segundos; quemaduras de segundo grado probables.
1.6	No causará incomodidad con exposiciones prolongadas.

FUENTE: Chemical Process Quantitative Risk Analysis, CCPS, 1989.

Inflamabilidad (radiación térmica)

Zona de alta exposición	5 Kw/m ²
Zona de media exposición	3 Kw/m ²
Zona de baja exposición	1.4 Kw/m ²

De acuerdo a la simulación de la dispersión de la nube, los efectos de incendio y explosión, se pueden definir las áreas de seguridad estimadas en las tablas que describen las consecuencias en cada evento, pueden ser consideradas como las distancias mínimas que deberán de ser restringidas al tránsito en un evento similar.

Los efectos producidos por una explosión se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado.

Tabla 6.27. Efectos de sobrepresión según la intensidad del daño producido.

Sobrepresión en kPa	Tipo de daño
0.7 a 1	Cristales 5% rotos
1.4 a 3	Cristales 50% rotos
3 a 6	Cristales 90% rotos
3 a 5	Tejas desplazadas
6 a 9	Marcos de puertas y ventanas rotos
14 a 28	Caída parcial de casas
35 a 80	50% a 75% destrucción de casas



Sobrepresión en kPa	Tipo de daño
80 a 260	Demolición completa

FUENTE: Control de Riesgos de Accidentes Mayores OIT Ginebra

Existen una serie de modelaciones que estiman el potencial explosivo aproximado de una explosión y predicen los daños de ésta, bajo supuestos como que la fuga de material es instantánea, que la formación de la nube asume una determinada forma y que ésta no es distorsionada por los elementos climáticos, que la composición es uniforme y su concentración corresponde al algoritmo seleccionado para tal fin.

Explosividad (sobre presión)

Zona de Alto Riesgo	6.9 kPa
Zona de Medio Riesgo	5.1 kPa
Zona de bajo riesgo (amortiguamiento)	3.4 kPa

La meteorología seleccionada para el estudio está sustentada en la guía del estudio de riesgo ambiental emitido por la SEMARNAT, en el sentido de seleccionar las condiciones ambientales más desfavorables en la zona del proyecto para los escenarios seleccionados.

Velocidad del viento	1.5 m/s
Altura de referencia	10.0 m
Temperatura ambiente	25°C
Humedad	50 %
Aspereza superficial	1 m es el valor para un área urbana.
Estabilidad	Pasquill F Muy Estable.

Una mayor estabilidad atmosférica reduce la dispersión de gases en la atmósfera propiciando las mayores concentraciones del gas en ésta. Se consideran las mismas condiciones meteorológicas en los cuatro escenarios, debido a la corta distancia entre un punto y otro.

Análisis de consecuencias

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en alguna Válvula de Seccionamiento y/o las tuberías de sus bridas, su efecto en la población, en las inmediaciones de la instalación y en el medio ambiente.



Los resultados se utilizan para determinar qué medidas de prevención, protección, control y mitigación se han de tomar.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente.
- Dispersión.
- Efecto.
- Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

VI.3.2. Radios potenciales de afectación determinados.

Conforme a los análisis realizados al sistema de transporte de gas natural ACUÍCOLA Hermosillo, se puede concluir que los riesgos principales que tiene el sistema se dan en los elementos externos de éste, como estaciones de regulación, válvulas de seccionamiento y estaciones de regulación y medición de clientes. Tanto las estaciones de regulación como las válvulas de seccionamiento estarán alojadas en registros bajo el nivel del piso, el acceso a estos es mayormente factible que las tuberías enterradas.

Por otro lado, el nivel de consecuencias en un incidente de fuga que alcance fuego o explosión es proporcional al diámetro y presión de operación de la tubería.

El sistema de transporte de gas natural está conformado por tuberías de acero de 10 y 2 pulgadas de $\varnothing$ con presión máxima de operación de 21 kg/cm² y de polietileno de alta densidad de 8 y 6 pulgadas de $\varnothing$ con una presión máxima de operación de 7 kg/cm².

La definición de los escenarios de riesgo para la simulación de eventos de incendio y explosión fue en base a seleccionar los que comprendieran todas las desviaciones analizadas en los 5 nodos comprendidos en el estudio Hazop y en las estaciones reconocidas como de posible impacto o riesgo en el estudio de campo realizado.



Los escenarios a considerar para la realización de simulaciones de incendio y explosión son:

1. Tubería y/o válvula del gasoducto de 10 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm^2 (2,059.4 kPa).
2. Tubería del gasoducto de 2 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100%, operando a 21 kg/cm^2 (2,059.4 kPa).
3. Tubería del gasoducto de 8 pulgadas de diámetro de PEAD, con una rotura del 100% y 20% operando a 7 kg/cm^2 (686.5 kPa).
4. Tubería del gasoducto de 6 pulgadas de diámetro de PEAD, con una rotura del 100% y 20% operando a 7 kg/cm^2 (686.5 kPa).

Las roturas del 20% de las tuberías expresarán los eventos de escenarios máximos probables y las del 100% las de los eventos máximos catastróficos.



Matriz de análisis Escenario 1.

Tubería y/o válvula del gasoducto de 10 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (2,059.4 kPa).

Ubicación:	Tubería y/o válvula del gasoducto de 10 pulgadas de Ø de A.C. en el trazo del gasoducto desde el punto de interconexión y hasta la E.R	
Etapas de operación:	Distribución de gas natural en el ramal Acuicola	
Causas Probables:	Sobre presión y rotura en la tubería y/o válvula de seccionamiento Vencimiento de los tornillos en bridas, filtro, válvulas, accesorios intermedios, fatiga en partes soldadas Falla en acción de válvula de alivio en estación de regulación Trabajos de terceros. Vandalismo, sabotaje.	
Consideraciones Técnicas	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería de 10" de diámetro alimentada por el ramal principal de Gas Natural del Noroeste se considera de 5 minutos, debido a que el gasoducto y las instalaciones cuentan con válvulas Shut off de seccionamiento automático. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizados. El tipo de liberación es continuo. Se considera que a 5 segundos de iniciada la fuga ésta se incendia y/o detona con una fuente de ignición. El diámetro del orificio es de 254 mm para la rotura al 100%, y de 50.8 mm para la rotura de 20% de la tubería de 10 pulgadas.	
Consideraciones ambientales	→ Temperatura del gas en la tubería	25°C
	→ Velocidad del viento	1.50 m/s
	→ Humedad	50%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio.
	→ Presión	21 kg/cm ² (2,059.4 kPa).
	→ Altura de la fuente de emisión	10.00 m.
Término de la fuente	→ Velocidad de descarga de la fuga	La velocidad de descarga para el evento es de: 111.6 kg/s para el 100% y 4.46 Kg/s para el 20% (Calculados con SCRI Fuego "Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales en la versión 2,0")



RESULTADOS

Tubería y/o válvula del gasoducto de 10 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100%, operando a 21 kg/cm^2 (2,059.4 kPa).

Los resultados obtenidos tras las simulaciones son los siguientes.

Se consideraron condiciones atmosféricas predominantes y aquellas que propician el peor escenario para su dispersión. La estabilidad atmosférica F (Estable), la velocidad del viento 1.5 m/s, dirección del viento noreste, humedad relativa del 50%, y temperatura ambiente de 25°C.

Incendio (Radiación Térmica):

Zona de Alto Riesgo 5.0 kW/m^2 : radio de afectación de 106.5 metros.

Zona de Medio Riesgo 3.0 kW/m^2 : radio de afectación de 137.8 metros.

Zona de Amortiguamiento 1.4 kW/m^2 : radio de afectación de 200.5 metros.

Explosión (Sobrepresión):

Zona de Alto Riesgo 6.9 kPa: radio de afectación de 101.7 metros.

Zona de Medio Riesgo 5.1 kPa: radio de afectación de 129.3 metros.

Zona de Amortiguamiento 3.4 kPa: radio de afectación de 174.7 metros.

Concentraciones a 1 metro de altura:

1% de concentración: 304.0 metros

5% Límite inferior de explosividad: 28.7 metros.

15% Límite superior de explosividad: 5.1 metros.



Matriz de análisis Escenario 2.

Tubería del gasoducto de 2 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100%, operando a 21 kg/cm² (2,059.4 kPa).

Ubicación:	Tubería y/o válvula del gasoducto de 2 pulgadas de Ø de A.C. en el trazo del gasoducto Ramal Acuícola en el cadenamiento 5+168.5 y hasta la E.R C-01	
Etapas de operación:	Distribución de gas natural en el ramal Acuícola	
Causas Probables:	Sobre presión y rotura en la tubería y/o válvula de seccionamiento Vencimiento de los tornillos en bridas, filtro, válvulas, accesorios intermedios, fatiga en partes soldadas Falla en acción de válvula de alivio en estación de regulación Trabajos de terceros. Vandalismo, sabotaje.	
Consideraciones Técnicas	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería de 2" de diámetro alimentada por el ramal principal de Gas Natural del Noroeste se considera de 5 minutos, debido a que el gasoducto y las instalaciones cuentan con válvulas Shut off de seccionamiento automático. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizados. El tipo de liberación es continuo. Se considera que a 5 segundos de iniciada la fuga ésta se incendia y/o detona con una fuente de ignición. El diámetro del orificio es de 50.8 mm para la rotura al 100%	
Consideraciones ambientales	→ Temperatura del gas en la tubería	25°C
	→ Velocidad del viento	1.50 m/s
	→ Humedad	50%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio.
	→ Presión	21 kg/cm ² (2,059.4 kPa).
	→ Altura de la fuente de emisión	10.00 m.
Término de la fuente	→ Velocidad de descarga de la fuga	La velocidad de descarga para el evento es de: 4.45 kg/s para el 100% (Calculado con SCRI Fuego "Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales en la versión 2,0")



RESULTADOS

Tubería y/o válvula del gasoducto de 2 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100%, operando a 21 kg/cm^2 (2,059.4 kPa).

Los resultados obtenidos tras las simulaciones son los siguientes.

Se consideraron condiciones atmosféricas predominantes y aquellas que propician el peor escenario para su dispersión. La estabilidad atmosférica F (Estable), la velocidad del viento 1.5 m/s, dirección del viento noreste, humedad relativa del 50%, y temperatura ambiente de 25°C.

Incendio (Radiación Térmica):

Zona de Alto Riesgo 5.0 kW/m^2 : radio de afectación de 22.9 metros.

Zona de Medio Riesgo 3.0 kW/m^2 : radio de afectación de 29.6 metros.

Zona de Amortiguamiento 1.4 kW/m^2 : radio de afectación de 43.0 metros.

Explosión (Sobrepresión):

Zona de Alto Riesgo 6.9 kPa: radio de afectación de 34.7 metros.

Zona de Medio Riesgo 5.1 kPa: radio de afectación de 44.1 metros.

Zona de Amortiguamiento 3.4 kPa: radio de afectación de 59.7 metros.

Concentraciones a 1 metro de altura:

1% de concentración: 59.6 metros

5% Límite inferior de explosividad: 11.7 metros.

15% Límite superior de explosividad: 0.0 metros.



Matriz de análisis Escenario 3.

Tubería del gasoducto de 8 pulgadas de diámetro de PEAD, con una rotura del 100% y 20% operando a 7 kg/cm² (686.5 kPa).

Ubicación:	Tubería del gasoducto de 8 pulgadas de Ø de PEAD en el trazo del gasoducto Ramal Acuicola en el cadenamiento 8+036 después de la E.R.	
Etapas de operación:	Distribución de gas natural en el ramal Acuicola	
Causas Probables:	Sobre presión y rotura en la tubería y/o válvula de seccionamiento Vencimiento de tla tubería o accesorios, fatiga en uniones Falla en acción de válvula de alivio en estación de regulación Trabajos de terceros. Vandalismo, sabotaje.	
Consideraciones Técnicas	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería de 8" de diámetro alimentada por el ramal principal de Gas Natural del Noroeste se considera de 5 minutos, debido a que el gasoducto y las instalaciones cuentan con válvulas Shut off de seccionamiento automático. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizados. El tipo de liberación es continuo. Se considera que a 5 segundos de iniciada la fuga ésta se incendia y/o detona con una fuente de ignición. El diámetro del orificio es de 203 mm para la rotura al 100% y de 40.6 mm para el 20%	
Consideraciones ambientales	→ Temperatura del gas en la tubería	25°C
	→ Velocidad del viento	1.50 m/s
	→ Humedad	50%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio.
	→ Presión	7 kg/cm ² (686.5 kPa).
	→ Altura de la fuente de emisión	10.00 m.
Término de la fuente	→ Velocidad de descarga de la fuga	La velocidad de descarga para el evento es de: 23.77 kg/s para el 100% y para el 20% de 0.95 kg/s (Calculado con SCRI Fuego "Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales en la versión 2,0")



RESULTADOS

Tubería y/o válvula del gasoducto de 8 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100%, operando a 7 kg/cm^2 (686.5 kPa).

Los resultados obtenidos tras las simulaciones son los siguientes.

Se consideraron condiciones atmosféricas predominantes y aquellas que propician el peor escenario para su dispersión. La estabilidad atmosférica F (Estable), la velocidad del viento 1.5 m/s, dirección del viento noreste, humedad relativa del 50%, y temperatura ambiente de 25°C.

Incendio (Radiación Térmica):

Zona de Alto Riesgo 5.0 kW/m^2 : radio de afectación de 48.6 metros.

Zona de Medio Riesgo 3.0 kW/m^2 : radio de afectación de 64.4 metros.

Zona de Amortiguamiento 1.4 kW/m^2 : radio de afectación de 95.4 metros.

Explosión (Sobrepresión):

Zona de Alto Riesgo 6.9 kPa: radio de afectación de 60.7 metros.

Zona de Medio Riesgo 5.1 kPa: radio de afectación de 77.2 metros.

Zona de Amortiguamiento 3.4 kPa: radio de afectación de 104.3 metros.

Concentraciones a 1 metro de altura:

1% de concentración: 142.1 metros

5% Límite inferior de explosividad: 22.1 metros.

15% Límite superior de explosividad: 3.4 metros.

Tubería y/o válvula del gasoducto de 8 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 20%, operando a 7 kg/cm^2 (686.5 kPa).

Incendio (Radiación Térmica):

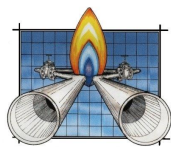
Zona de Alto Riesgo 5.0 kW/m^2 : radio de afectación de 10.4 metros.

Zona de Medio Riesgo 3.0 kW/m^2 : radio de afectación de 13.7 metros.

Zona de Amortiguamiento 1.4 kW/m^2 : radio de afectación de 20.2 metros.

Explosión (Sobrepresión):

Zona de Alto Riesgo 6.9 kPa: radio de afectación de 20.8 metros.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

Zona de Medio Riesgo 5.1 kPa: radio de afectación de 26.4 metros.

Zona de Amortiguamiento 3.4 kPa: radio de afectación de 35.7 metros.

Concentraciones a 1 metro de altura:

0.5% (5,000 ppm) de concentración: 37.4 metros

En este escenario las concentraciones de los límites inferior y superior de explosividad correspondientes a 5% y 15% no son alcanzadas.



Matriz de análisis Escenario 4.

Tubería del gasoducto de 6 pulgadas de diámetro de PEAD, con una rotura del 100% y 20% operando a 7 kg/cm² (686.5 kPa).

Ubicación:	Tubería del gasoducto de 6 pulgadas de diámetro de PEAD en el trazo del gasoducto Ramal Acuícola hacia las estaciones de regulación C-02 y C-03	
Etapas de operación:	Distribución de gas natural en el ramal Acuícola	
Causas Probables:	Sobre presión y rotura en la tubería y/o válvula de seccionamiento Vencimiento de la tubería o accesorios, fatiga en uniones Falla en acción de válvula de alivio en estación de regulación Trabajos de terceros. Vandalismo, sabotaje.	
Consideraciones Técnicas	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería de 6" de diámetro alimentada por el ramal principal de Gas Natural del Noroeste se considera de 5 minutos, debido a que el gasoducto y las instalaciones cuentan con válvulas Shut off de seccionamiento automático. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizados. El tipo de liberación es continuo. Se considera que a 5 segundos de iniciada la fuga ésta se incendia y/o detona con una fuente de ignición. El diámetro del orificio es de 152 mm para la rotura al 100% y de 30.5 mm para el 20%	
Consideraciones ambientales	→ Temperatura del gas en la tubería	25°C
	→ Velocidad del viento	1.50 m/s
	→ Humedad	50%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio.
	→ Presión	7 kg/cm ² (686.5 kPa).
	→ Altura de la fuente de emisión	10.00 m.
Término de la fuente	→ Velocidad de descarga de la fuga	La velocidad de descarga para el evento es de: 13.3 kg/s para el 100% y para el 20% de 0.52 kg/s (Calculado con SCRI Fuego "Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales en la versión 2,0")



RESULTADOS

Tubería y/o válvula del gasoducto de 6 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 100%, operando a 7 kg/cm^2 (686.5 kPa).

Los resultados obtenidos tras las simulaciones son los siguientes.

Se consideraron condiciones atmosféricas predominantes y aquellas que propician el peor escenario para su dispersión. La estabilidad atmosférica F (Estable), la velocidad del viento 1.5 m/s, dirección del viento noreste, humedad relativa del 50%, y temperatura ambiente de 25°C.

Incendio (Radiación Térmica):

Zona de Alto Riesgo 5.0 kW/m^2 : radio de afectación de 37.0 metros.

Zona de Medio Riesgo 3.0 kW/m^2 : radio de afectación de 48.9 metros.

Zona de Amortiguamiento 1.4 kW/m^2 : radio de afectación de 72.4 metros.

Explosión (Sobrepresión):

Zona de Alto Riesgo 6.9 kPa: radio de afectación de 50.0 metros.

Zona de Medio Riesgo 5.1 kPa: radio de afectación de 63.6 metros.

Zona de Amortiguamiento 3.4 kPa: radio de afectación de 86.0 metros.

Concentraciones a 1 metro de altura:

1% de concentración: 114.8 metros

5% Límite inferior de explosividad: 15.8 metros.

15% Límite superior de explosividad: 0.0 metros.

Tubería y/o válvula del gasoducto de 6 pulgadas de diámetro de A.C., con una rotura del 20%, operando a 7 kg/cm^2 (686.5 kPa).

Incendio (Radiación Térmica):

Zona de Alto Riesgo 5.0 kW/m^2 : radio de afectación de 7.9 metros.

Zona de Medio Riesgo 3.0 kW/m^2 : radio de afectación de 10.4 metros.

Zona de Amortiguamiento 1.4 kW/m^2 : radio de afectación de 15.4 metros.

Explosión (Sobrepresión):

Zona de Alto Riesgo 6.9 kPa: radio de afectación de 17.0 metros.



Zona de Medio Riesgo 5.1 kPa: radio de afectación de 21.6 metros.

Zona de Amortiguamiento 3.4 kPa: radio de afectación de 29.2 metros.

Concentraciones a 1 metro de altura:

0.1% (1,000 ppm) de concentración: 69.8 metros

En este escenario las concentraciones de los límites, inferior y superior de explosividad correspondientes a 5% y 15% no son alcanzadas.

VI.4. Ubicación (representación) de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento

Ubicación (representación) de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento

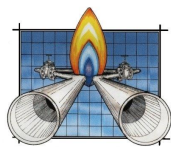
Después de haber analizado todos los escenarios y de acuerdo a las simulaciones realizadas, se determinó y se han proyectado a todo lo largo de la línea del gasoducto y sus ramales, los radios de afectación por Incendio o fuego (radiación térmica) y en caso de explosión de alto y bajo riesgo, este último conocido como zona de amortiguamiento, referente a los incendios sobre personas por exposición a las radiaciones térmicas, que es lo más riesgoso. Es así que se determinó para una rotura del 100%, un radio de amortiguamiento o bajo riesgo a todo lo largo del ramal principal de tubería de 10" de diámetro y su Válvula de Seccionamiento, de 200.50 metros (verde claro), un radio de medio riesgo de 137.77 metros (amarillo), y el radio de alto riesgo en caso de un posible accidente de 106.48 metros (rojo).

Para la tubería de 2" de Ø de AC y su Estación de Regulación y Medición, los radios arrojados por el análisis son un radio de bajo riesgo de 43.01 metros (verde claro), un radio de medio riesgo de 29.61 metros (amarillo) y el radio de alto riesgo en caso de un posible accidente de 22.95 metros (rojo).

Para la tubería de 8" de Ø de PEAD y su Estación de Regulación, los radios arrojados por el análisis son un radio de bajo riesgo de 95.44 metros (verde claro), un radio de medio riesgo de 64.44 metros (amarillo), y el radio de alto riesgo en caso de un posible accidente de 48.65 metros (rojo).

Para la tubería de 6" de Ø de PEAD y sus Estaciones de Regulación y Medición, los radios arrojados por el análisis de riesgo un radio de bajo riesgo de 72.40 metros (verde claro), un radio de medio riesgo de 48.92 metros (amarillo), y el radio de alto riesgo en caso de un posible accidente de 36.97 metros (rojo).

Por otra parte, la Válvula de Seccionamiento y las Estaciones de Regulación, están menos protegidas ante agentes externos o sabotaje y por estar en registros sumarían riesgos. Al estar solo cerca de la tubería del gasoducto por donde pasará enterrado, los riesgos de un incidente se minimizan.



Se presentan las imágenes generales de los radios de afectación, mostrándose las tuberías de 10" y 2" de $\varnothing$ de A.C., operando a 21 kg/cm² (2,059.4 kPa) y las de 8" y 6" de $\varnothing$ de PEAD, operando a 7 kg/cm² (686.5 kPa), ya que representan riesgos importantes.

Se presentan sobre las imágenes las tuberías de 10" de $\varnothing$ de AC en color azul cyan y las de 6" de $\varnothing$ de PEAD en naranja, al centro de lo que es el trazo de las mismas y alrededor de estas el radio de Riesgo Alto, en color rojo y el radio de Riesgo Bajo en color verde o también considerado este el límite de la zona de amortiguamiento.

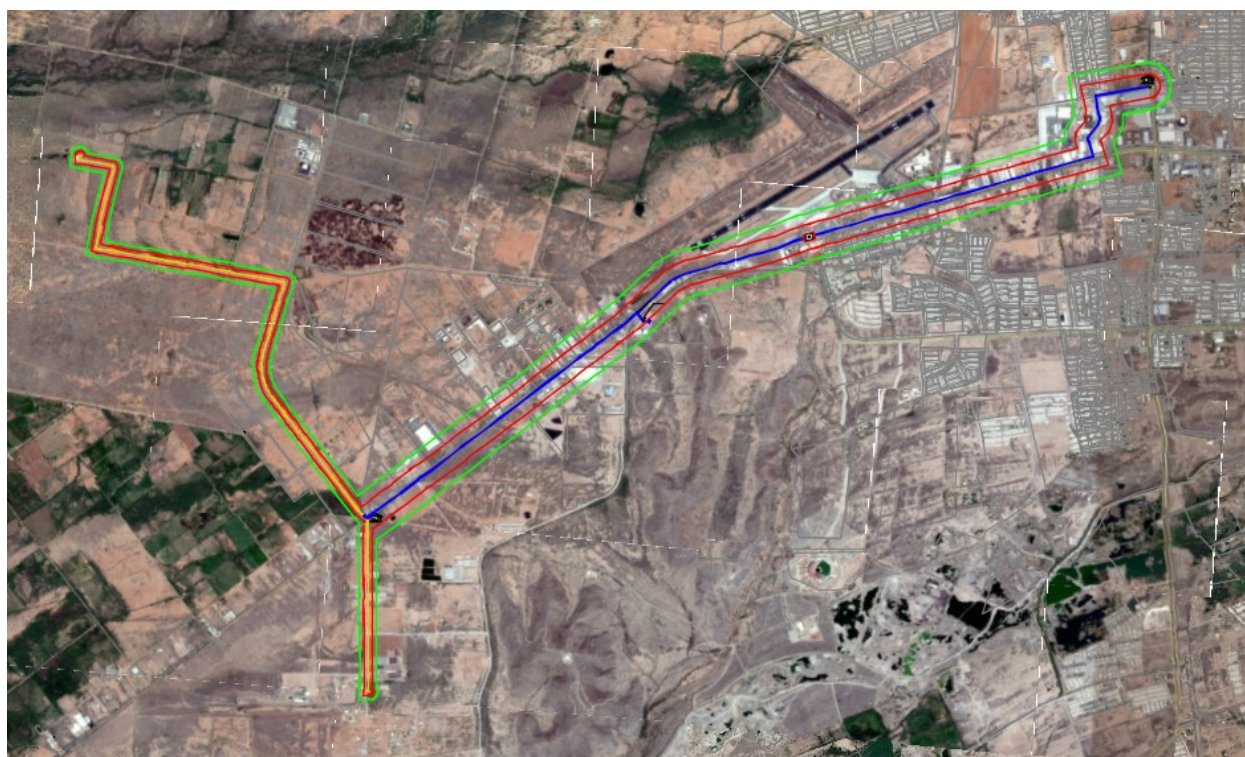


Figura 6.10. Radios de afectación del proyecto del gasoducto ACUÍCOLA Hermosillo, Sonora.

VI.4.1. Interacciones de riesgo

Son varios los sitios de posible riesgo detectados a lo largo del trazo de las tuberías del gasoducto, como son las de 10 y 2" de $\varnothing$ de A.C. y las de 8", 6" de $\varnothing$ de PEAD, por lo que se seleccionaron los sitios de mayor importancia para ilustrar los radios de afectación de cada diámetro de estas tuberías, por el riesgo que representan, considerando que las medidas preventivas se deben aplicar a todos los puntos de riesgo mayor, que son los ubicados con respecto a la V.S. y las E.R., que se encuentran cerca de algún punto de riesgo activo en primer término, y pasivo en segundo término. Sin embargo, las imágenes generales de los radios de riesgo a lo largo de todas estas tuberías dan una imagen de las áreas y puntos a cuidar.



Los detalles de estas áreas se pueden consultar en los planos de detalle, o en el plano digital de los radios de riesgo, en el anexo VIII.5.

Se presentan las posibles interacciones de riesgo de escenarios que contienen las tuberías, con dos sitios de riesgo para cada escenario, excepto para la tubería de 2" de $\varnothing$ de *Acero al Carbón* con una rotura del 20% operando a 21 Kg/cm² de presión (2,059.4 kPa), debido a que tiene radios de afectación para medio y alto riesgo menores a 20 metros, por lo que se prescinde de su proyección.

Para la tubería de 10" de $\varnothing$ de AC, se determinó 1 escenario y 5 sitios, debido a que a lo largo de la tubería se ubican 5 puntos de considerable importancia:

1. Estación de Regulación en la interconexión con el gasoducto existente.
2. Instalaciones de GPA Combustóleo de Sonora, a 100 m de distancia del paso de la tubería.
3. Válvula de seccionamiento sobre la tubería.
4. Gasolinera 1 a 45 m de distancia de la tubería.
5. Gasolinera 2 a 45 m de distancia de la tubería.

Para la tubería de 2" de $\varnothing$ de AC, se determinó 1 escenario y 1 sitio, ya que es la tubería de ingreso a la ERM de la empresa SELECTA.

Para la tubería de 8" de $\varnothing$ de PEAD, se determinó 1 escenario y 1 sitio, ya que es la tubería de salida de la ER que recibe la tubería de 10" de $\varnothing$ de AC para dar salida a la de 8" de $\varnothing$ de PEAD, bajando así la presión de operación del ducto.

Para la tubería de 6" de $\varnothing$ de PEAD, se determinó 1 escenario y 5 sitios, debido a que a lo largo de la tubería se ubican 3 puntos de considerable importancia:

1. Punto de ingreso de la tubería a la ERM de la empresa BACHOCO.
2. Punto de ingreso de la tubería a la ERM de la empresa ACUÍCOLA.
3. Subestación de CFE a solo 15 m de distancia de la tubería.



ESCENARIO 1, sitio 1 29°05'59.38"N y 111°01'22.02"O, Tubería del gasoducto de 10 pulgadas de Ø de A.C. y/o Estación de Regulación.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón y/o de la Estación de regulación, operando a 21 Kg/cm² de presión (2,059.4 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 200.5 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 137.8 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 106.5 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón y/o de la Estación de regulación, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 174.7 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 129.3 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 101.7 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



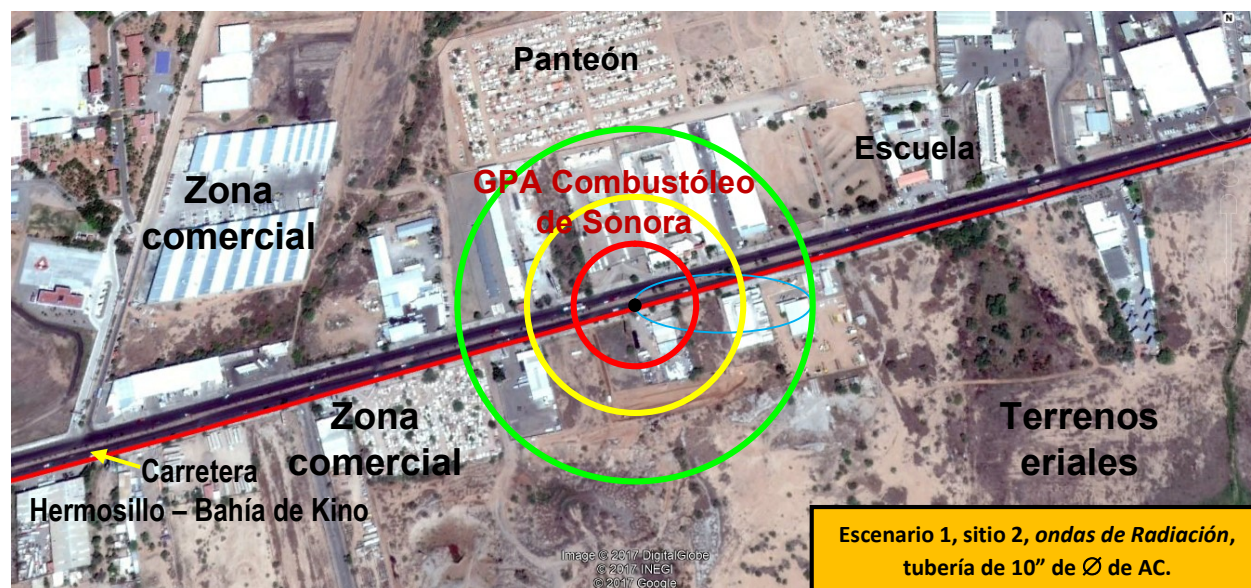
Con estas simulaciones en el escenario 1, sitio 1, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en las coordenadas 29°05'59.38"N y 111°01'22.02"O, es por la afectación a la tubería de 10" de Ø de *Acero al Carbón* y/o de la Estación de regulación, que representan un Riesgo Alto, ya que en el entorno hay asentamientos humanos e industriales que podrían ser afectados en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión de esta instalación de operación del gasoducto. Las vialidades importantes en este cruce, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.

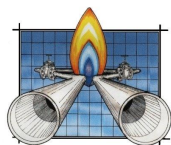


ESCENARIO 1, sitio 2 29°05'34.59"N y 111°02'10.47"O, Tubería del gasoducto de 10 pulgadas de Ø de A.C.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón operando a 21 Kg/cm² de presión (2,059.4 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 200.5 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 137.8 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 106.5 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 174.7 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 129.3 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 101.7 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



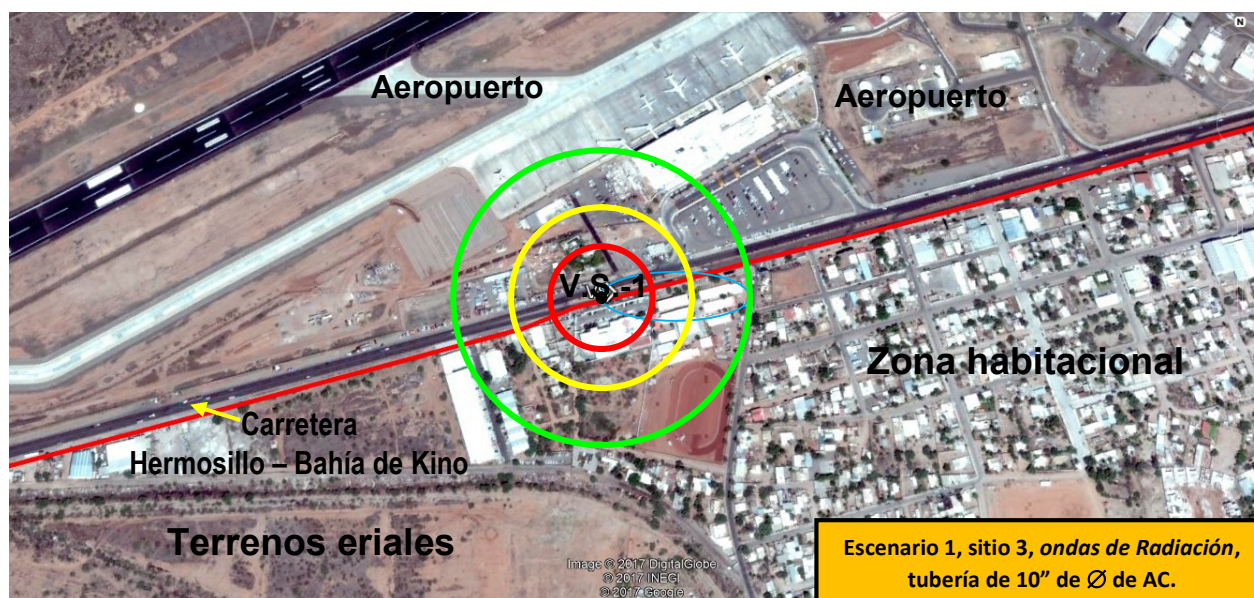
Con estas simulaciones en el escenario 1, sitio 2, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en las coordenadas 29°05'34.59"N y 111°02'10.47"O, es por la afectación a la tubería de 10" de Ø de *Acero al Carbón*, que representan un Riesgo Alto, ya que en el entorno hay una empresa de almacenaje y distribución de combustóleo, que representa un punto de riesgo activo, y podría ser afectados fuertemente en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión del gasoducto. La vialidad importante en este punto, como lo es la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, por la que hay mucho tráfico, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.



ESCENARIO 1, sitio 3 29°05'17.54"N y 111°03'11.74"O, Tubería del gasoducto de 10 pulgadas de Ø de A.C. y/o Válvula de seccionamiento.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón y/o de la Válvula de seccionamiento, operando a 21 Kg/cm² de presión (2,059.4 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 200.5 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 137.8 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 106.5 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón y/o de la Válvula de seccionamiento, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 174.7 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 129.3 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 101.7 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



Con estas simulaciones en el escenario 1, sitio 3, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en las coordenadas 29°05'17.54"N y 111°03'11.74"O, es por la afectación a la tubería de 10" de Ø de *Acero al Carbón* y de la Válvula de Seccionamiento, que representan un Riesgo Alto, ya que en el entorno hay asentamientos humanos, instalaciones aeroportuarias y una escuela, que podrían ser afectados en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión de esta instalación de operación del gasoducto. La vialidad importante que es la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.

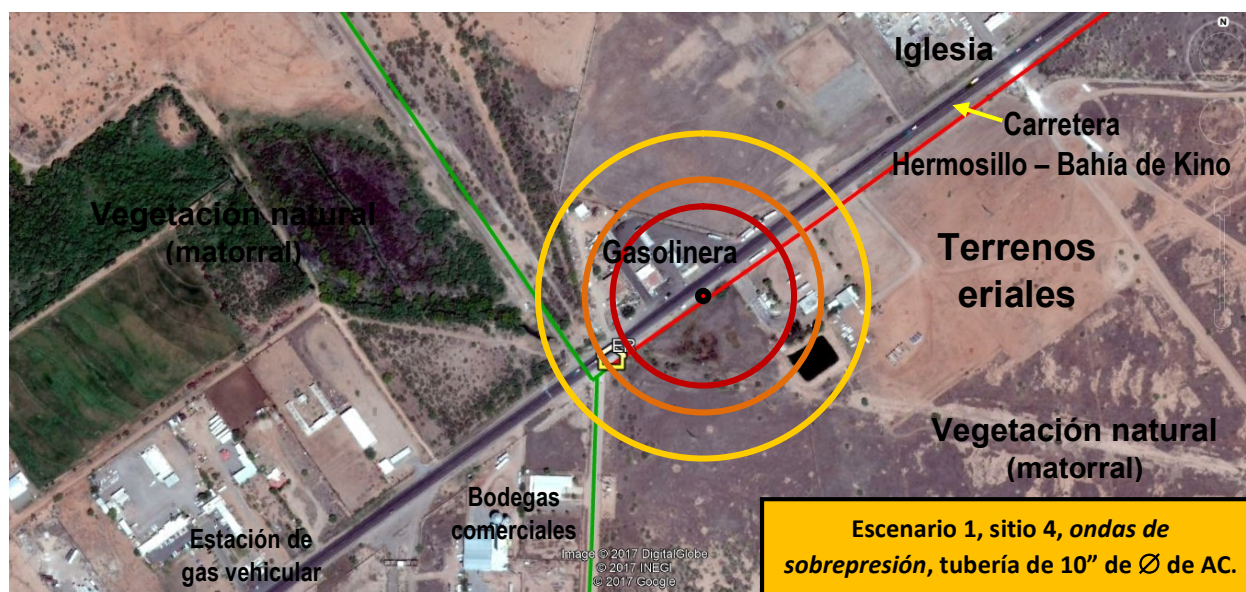


ESCENARIO 1, sitio 4 29°04'02.71"N y 111°05'26.18"O, Tubería del gasoducto de 10 pulgadas de Ø de A.C.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón, operando a 21 Kg/cm² de presión (2,059.4 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 200.5 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 137.8 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 106.5 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 174.7 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 129.3 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 101.7 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



Con estas simulaciones en el escenario 1, sitio 4, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en las coordenadas 29°04'02.71"N y 111°05'26.18"O, es por la afectación a la tubería de 10" de Ø de *Acero al Carbón*, que representan un Riesgo Alto, ya que en el entorno inmediato hay asentamientos comerciales y una gasolinera, que podrían ser afectados en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión en este punto del gasoducto. La vialidad importante que es la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.

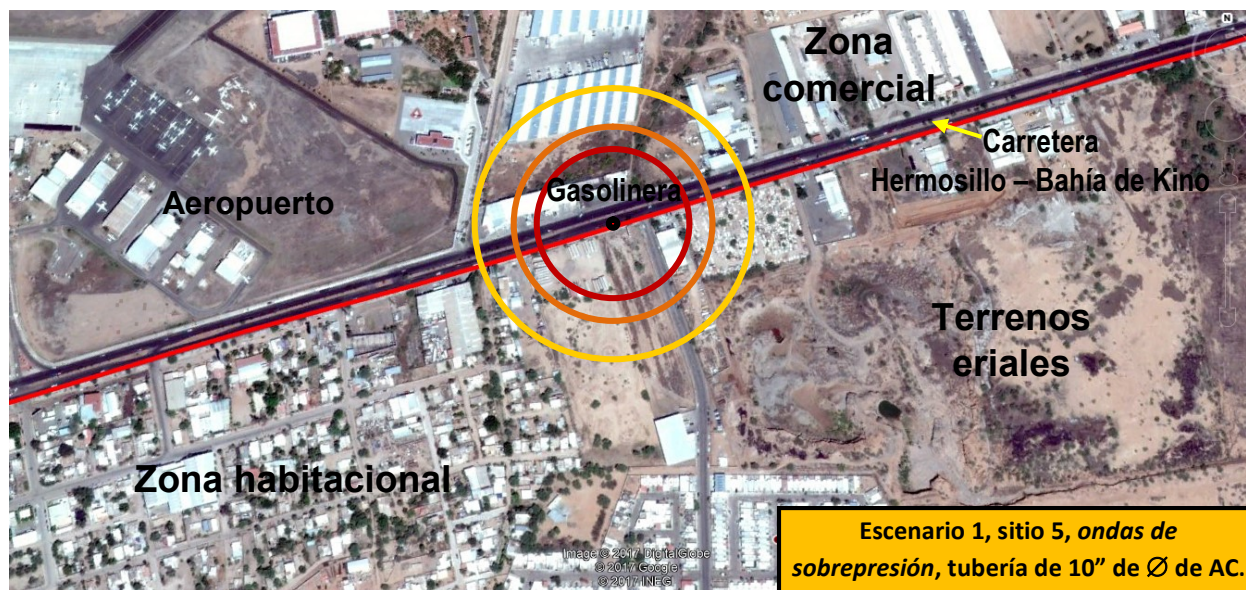


ESCENARIO 1, sitio 5 29°05'30.74"N y 111°02'24.35"O, Tubería del gasoducto de 10 pulgadas de Ø de A.C.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón, operando a 21 Kg/cm² de presión (2,059.4 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 200.5 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 137.8 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 106.5 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 174.7 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 129.3 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 101.7 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



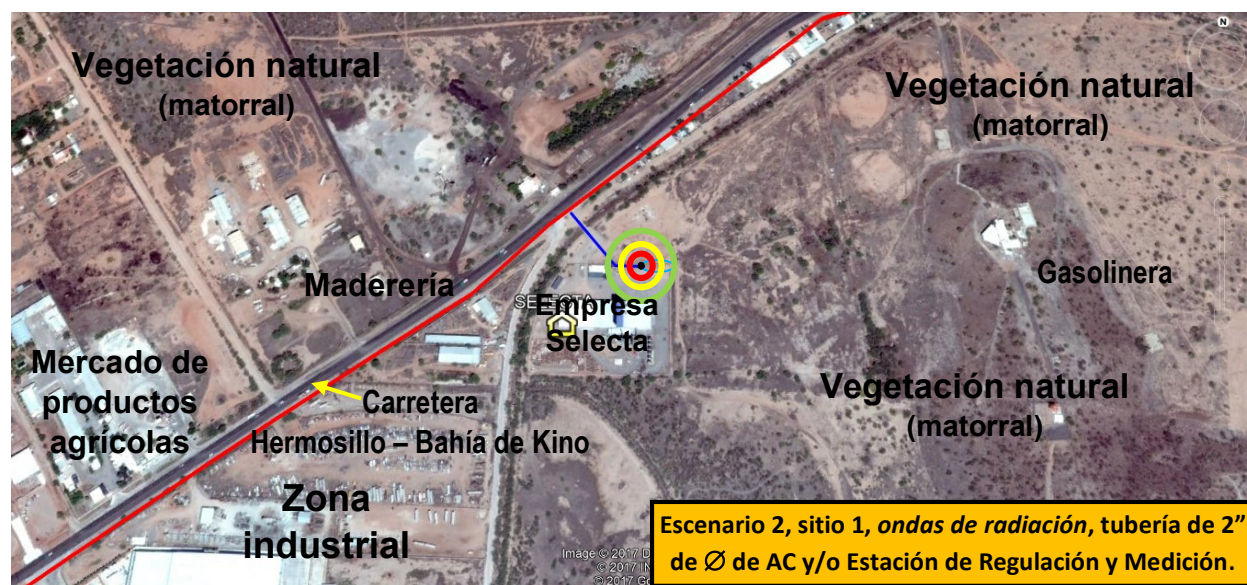
Con estas simulaciones en el escenario 1, sitio 5, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en las coordenadas 29°05'30.74"N y 111°02'24.35"O, es por la afectación a la tubería de 10" de Ø de Acero al Carbón, que representan un Riesgo Alto, ya que en el entorno hay asentamientos habitacionales, comerciales y una gasolinera, que podrían ser afectados en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión de la tubería del gasoducto, que ampliaría su efecto al afectar a la gasolinera. La vialidad importante que es la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.

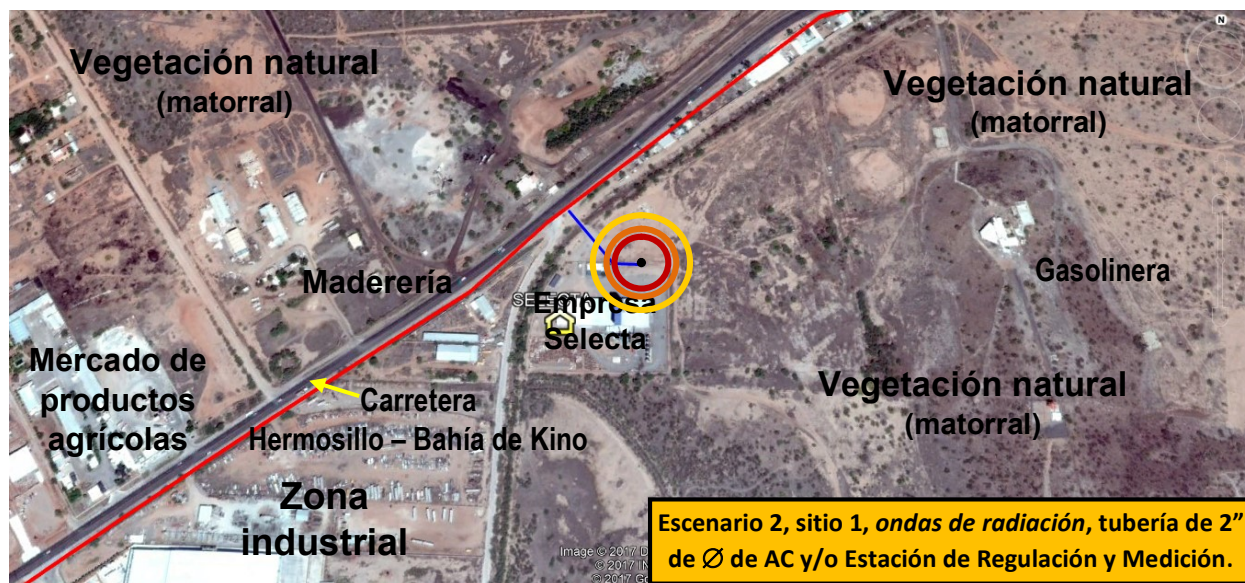


ESCENARIO 2, sitio 1 29°04'51.16"N y 111°04'04.72"O, Tubería de 2 pulgadas de Ø de A.C. y/o Estación de regulación y Medición.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 2" de Ø de Acero al Carbón y/o de la Estación de regulación y Medición operando a 21 Kg/cm² de presión (2,059.4 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 43.0 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 29.6 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 22.9 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 2" de Ø de Acero al Carbón y/o de la Estación de regulación y Medición, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 59.7 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 44.1 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 34.7 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



Con estas simulaciones en el escenario 2, sitio 1, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en la tubería del gasoducto en las coordenadas 29°04'51.16"N y 111°04'04.72"O, es por la afectación a la misma tubería de 10" de Ø de *Acero al Carbón* y/o de la Estación de Regulación y Medición de la empresa Selecta, que representa un Riesgo Bajo, ya que en el entorno solo hay predios desocupados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.

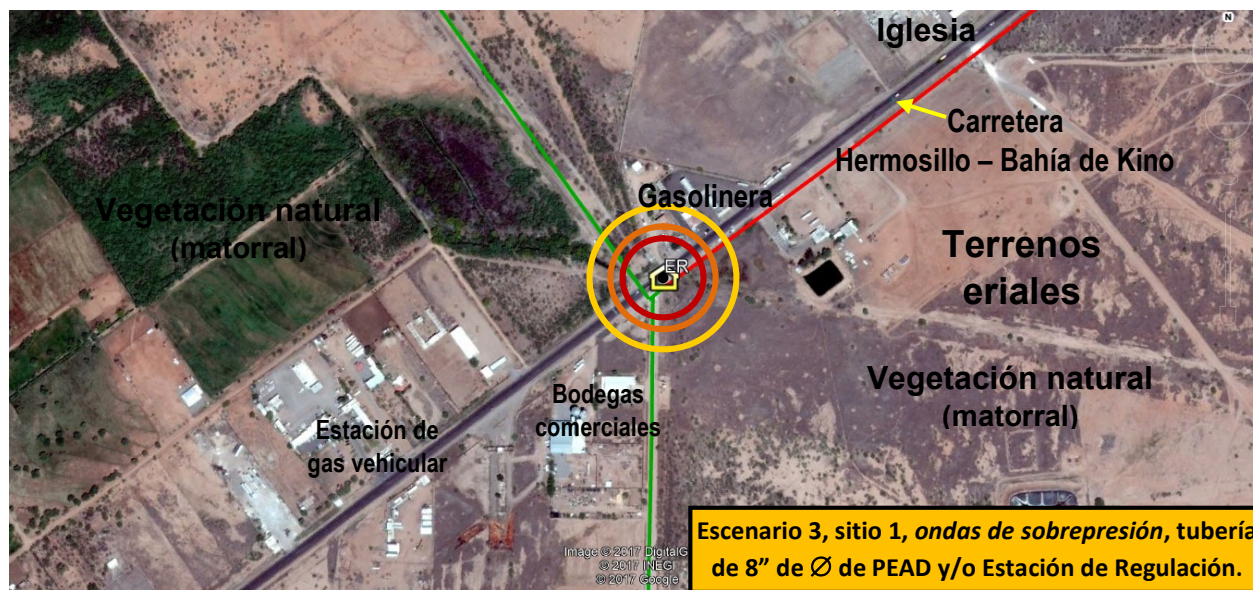


ESCENARIO 3, Sitio 1 29°03'58.96"N y 111°05'28.83"O, Tubería de 8 pulgadas de Ø de PEAD y/o Estación de Regulación.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 8" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación operando a 7 Kg/cm² de presión (686.5 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 95.4 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 64.4 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 48.6 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.

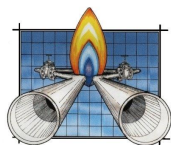


La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 8" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 104.3 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 77.2 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 60.7 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



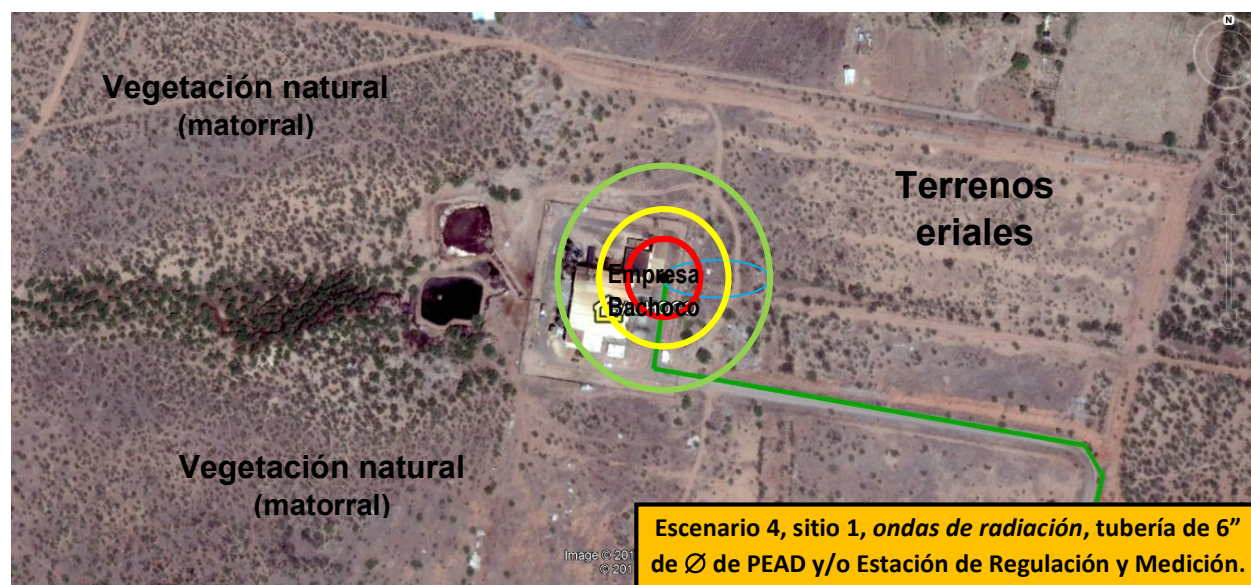
Con estas simulaciones en el escenario 3, sitio 1, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en la tubería del gasoducto en las coordenadas 29°03'58.96"N y 111°05'28.83"O, es por la afectación a la misma tubería de 8" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación, que representa un Riesgo Activo, ya que el entorno hay una gasolinera, además de algunos comercios, por lo que podrían ser afectados en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión de esta instalación de operación del gasoducto. La vialidad importante que es la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.

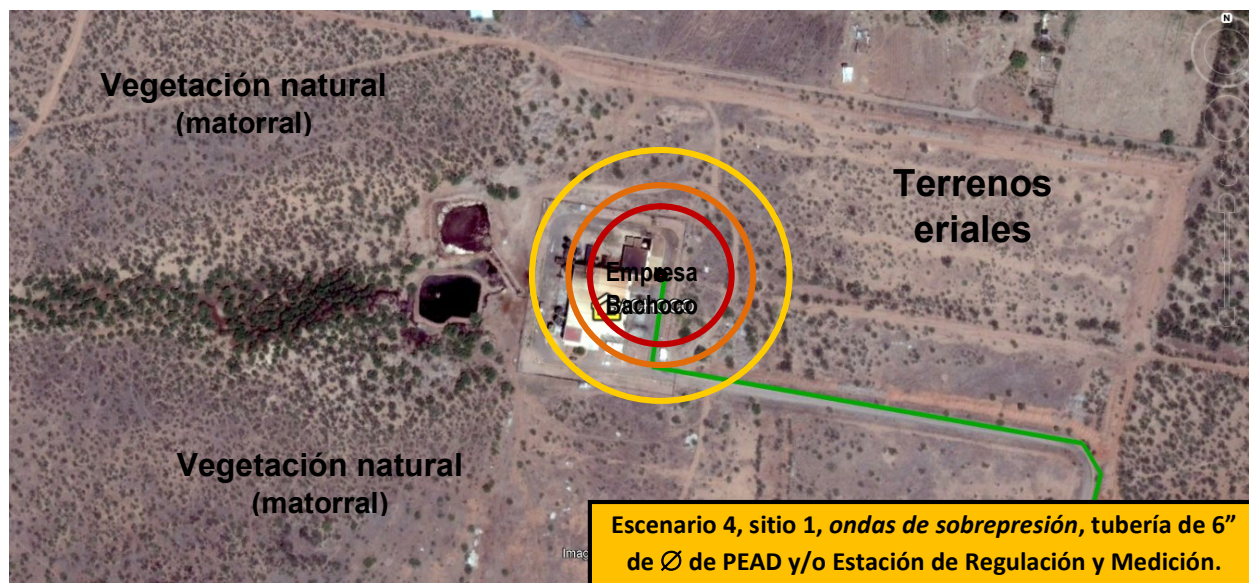


ESCENARIO 4, Sitio 1 29°05'39.06"N y 111°07'01.89"O, Tubería de 6 pulgadas de Ø de PEAD y/o Estación de Regulación y Medición.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 6" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación y Medición, operando a 7 Kg/cm² de presión (686.5 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 72.4 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 48.9 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 37.0 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 6" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación y Medición, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 86.0 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 63.6 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 50.0 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



Con estas simulaciones en el escenario 4, sitio 1, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en la tubería del gasoducto en las coordenadas 29°05'39.06"N y 111°07'01.89"O, es por la afectación a la misma tubería de 6" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación y Medición de la empresa Bachoco, que representa un Riesgo Bajo, ya que en el entorno solo hay predios desocupados con vegetación de malezas, algo de pasto y arbustos de talla pequeña a mediana y rápida recuperación de la vegetación natural del entorno, el matorral desértico.

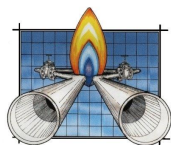


ESCENARIO 4, Sitio 2, 29°03'13.21"N y 111°05'28.84"O, Tubería de 6 pulgadas de Ø de PEAD y/o Estación de Regulación y Medición.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 6" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación y Medición, operando a 7 Kg/cm² de presión (686.5 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 72.4 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 48.9 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 37.0 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 6" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación y Medición, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 86.0 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 63.6 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 50.0 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



Con estas simulaciones en el escenario 4, sitio 2, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en la tubería del gasoducto en las coordenadas 29°03'13.21"N y 111°05'28.84"O, es por la afectación a la misma tubería de 6" de Ø de PEAD y/o de la Estación de Regulación y Medición de la empresa Acuicola, que representa un Riesgo Pasivo, ya que en el entorno hay algunos asentamientos comerciales y de servicios de congregación masiva de gente, como el Hipódromo de la ciudad, que podrían ser afectados en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión de esta instalación de operación del gasoducto. La vialidad local, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.



ESCENARIO 4, Sitio 3, 29°03'54.84"N y 111°05'28.92"O, Tubería de 6 pulgadas de Ø de PEAD.

La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 6" de Ø de PEAD, operando a 7 Kg/cm² de presión (686.5 kPa) radica principalmente por las **ondas de radiación** de 1.4 kw/m² con un radio máximo de 72.4 m (verde), la de 3.0 kw/m² con un radio de 48.9 m (amarillo), y la de 5.0 kw/m² con un radio de 37.0 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.

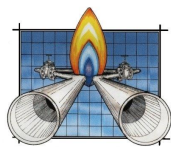


La posible interacción de los radios de afectación por la rotura del 100% de la tubería de 6" de Ø de PEAD, radica también por las **ondas de sobrepresión** de 3.4 kPa con un radio máximo de bajo riesgo o de amortiguamiento de 86.0 m (amarillo), la de 5.1 kPa con un radio de riesgo medio de 63.6 m (naranja), y la de 6.9 kPa con un radio de alto riesgo de 50.0 m (rojo), como se muestra en la siguiente imagen.



Con estas simulaciones en el escenario 4, sitio 3, la posible interacción dentro de los radios de riesgo alto, medio y bajo por la rotura al 100% en la tubería del gasoducto en las coordenadas 29°03'54.84"N y 111°05'28.92"O, es por la afectación a la misma tubería de 6" de Ø de PEAD, que representa un Riesgo Alto, ya que en el entorno existe una subestación de CFE, además de bodegas comerciales y una vialidad local, que podrían ser afectados en caso de algún incidente que implique fuga, incendio y explosión en la tubería del gasoducto. La vialidad importante que es la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, así como los vehículos y los peatones que transiten por aquí también podrían salir afectados.

Se seguirán las normas preventivas de seguridad en las labores de operación y mantenimiento para prevenir incidentes.



VI.5. Análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación

Debido a que el proyecto actualmente se encuentra en su etapa de planeación y realización de estudios para su aprobación, las indicaciones tendientes a reducir las posibilidades de riesgo en el sistema obedecen a las dictadas por la normatividad aplicable, como la NOM-007-SECRE-1999, Transporte de gas natural, ASME B 31.8 Gas transmission and distribution piping systems y el DOT. Part 192 Transportation of natural and other gas by pipeline. El cumplimiento de esta norma y los estándares citados serán la mejor forma de asegurar un sistema de transporte seguro, sin embargo, cabe mencionar que para iniciar operaciones este sistema de gas natural se deberá de obtener el dictamen de verificación de una UV en materia de gas natural, el cual asegure el correcto diseño, construcción e integridad física del proyecto, lo anterior con apego a la norma.

VI.6. Recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la metodología para la identificación de riesgos

RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Adicionalmente a las acciones y protecciones surgidas en el estudio Hazop, se emiten indicaciones y sugerencias que llevan a asegurar buenas prácticas de ingeniería orientadas a la seguridad.

- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.** se manejará en la construcción, operación y mantenimiento de este proyecto de instalación de un gasoducto con sus procedimientos escritos para manejar documentos de ingeniería, entre los que se incluyen planos, croquis, diagramas y especificaciones con su respectivo código de identificación, lista de revisión, aprobación y fechados del gasoducto.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.** deberá de construir ampliaciones y adiciones a su gasoducto sólo mediante planos y especificaciones que hayan sido aprobados y controlados mediante procedimientos escritos.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, deberá asegurarse de que la construcción del gasoducto y en su momento sus ampliaciones queden registradas en planos o diagramas "as built", que consignen todos los cambios o diferencias que se dieran en el proceso de construcción.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, deberá asegurarse de que las tuberías de acero que integren todos los accesorios y equipos de la construcción cumplan como mínimo el estándar API 5L y las uniones el API 1104.
- La empresa constructora y operadora del gasoducto debe efectuar una inspección efectiva a las uniones soldadas en las tuberías del gasoducto, de acuerdo al ASME B 31.4 párrafo 434.8.
- Todos los materiales utilizados por **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, en la construcción de sus estaciones, deberán estar certificados por los fabricantes sobre el cumplimiento de las especificaciones solicitadas.



- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, debe garantizar que las tuberías, equipos y accesorios de sus estaciones de distribución sean probadas y dictaminadas conforme a la norma NOM-003-SECRE-2011 o vigente.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, debe continuar estableciendo una coordinación intensiva con las compañías y dependencias prestadoras de servicios que realicen las actividades en torno al gasoducto, para notificación de obras y su consecuente prevención de riesgos.
- La transportista deberá mantener la instrumentación actual y en su momento la que se vaya a instalar en la futura ampliación de sus gasoductos, con equipos de medición que permita al personal operativo la toma de decisiones convenientes ante variaciones de las variables.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.** debe asegurarse que, ante un descontrol en la construcción del gasoducto de alguna de las variables del proceso, tales como presiones y flujos, fuera de su rango normal, una respuesta conveniente y expedita, deberá de llevar nuevamente a valores normales a dicha variable.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.** debe tener vigentes los procedimientos escritos y evidencias de cumplimiento de la instalación y mantenimiento preventivo y correctivo de los dispositivos de protección de sus estaciones que se implementen en la construcción, tales como reguladores, válvulas de seguridad o alivio.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, debe tener vigentes los programas de mantenimiento preventivo con que cuenta, así como continuar con la inspección y calibración de los accesorios de protección de las estaciones del sistema y en su momento de su ampliación.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, debe continuar implementando, como lo ha venido haciendo en sus demás instalaciones en operación, programas de capacitación al personal sobre las técnicas y procedimientos de operación, mantenimiento y actuación en emergencias sobre el gasoducto, así como realizar las evaluaciones del personal periódicamente como constancia de su capacitación y aprendizaje.
- Alguna variable que sobrepase su valor límite de control deberá de ser señalada por un dispositivo de vigilancia. **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, deberá de establecer estos dispositivos en los puntos críticos de control.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, debe tener vigentes los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que comprendan la totalidad del gasoducto, manteniendo registros de sus condiciones.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, debe asegurar la atención a reportes de fugas y emergencias en el gasoducto, en un lapso mínimo de tiempo.
- **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, deberá disponer de sistemas redundantes en los servicios primarios de sus Estaciones de Regulación principales.



Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., debe de contar con los permisos correspondientes para los cruces carreteros y demás contemplados en el proyecto.

VI.7. Reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a las instalaciones que conforman el ducto

Presentar reporte del resultado de la primera auditoría de seguridad practicada a las instalaciones que conforman el gasoducto de sus pruebas antes de ponerlo en marcha, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma.

VI.8. Medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que contará la instalación

Dentro de las medidas, equipos y procedimientos de atención a contingencias que pudieran presentarse en la operación del gasoducto, son:

- **Sistema de pararrayos y sistema de tierras.** Se deberá asegurar en el sistema para transporte de gas natural y las Estaciones Regulación (ER), para que cuenten con sistema conectado a tierras físicas y con pararrayos en las estaciones principales. La verificación de los mismos quedará incluida en el programa General de Mantenimiento.
- **Sistema de Seguridad por sobrepresión.** La red de transporte de gas natural para dar suministro a los socios comerciales de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., contará con un sistema de seguridad por sobrepresión a la entrada de las estaciones principales, la cual operará como límite en el 20% por arriba del valor máximo de operación en el sistema.
- **Extinción de incendios.** Para este tipo de contingencias, la empresa cuenta, como en todos los proyectos que ha presentado y desarrollado, con procedimientos que se enfocan en mitigar la fuente de la fuga en el gasoducto, así como también con extintores de acuerdo a la **NOM-002-STPS-2010**; se tienen contemplados los extintores de Polvo Químico Seco (PQS), Bióxido de Carbono y sistemas para aspersión de agua en las estaciones de regulación y medición principales.

En el caso de un incendio por fuga de gas, se tomarán en cuenta las siguientes indicaciones:

a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:

Si esto sucede a la intemperie, el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al entrar en contacto con una fuente de ignición.

- Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorías de Seguridad, que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento) de acuerdo a las especificaciones establecidas en normas para gasoductos que incluya válvulas, conexiones y accesorios.
- Se instalarán detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.



b) Incendio de una fuga de gas natural:

En caso de incendio por fuga de gas natural, procede lo siguiente:

- Se activa el plan de emergencia, según la magnitud del evento,
- Aún sin incendio, asegurarse que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios,
- Bloquear las válvulas que alimentan la fuga y proceder con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia, mientras tanto, serán enfriadas con agua las superficies de las instalaciones expuestas al calor.

Aunado a lo anterior, la red de distribución de gas natural, contará con los siguientes dispositivos y equipos para emergencias:

Tabla 6.28. Dispositivos y equipos para emergencias en caso de incidentes en el gasoducto.

Cantidad	Artículo	Especificaciones
1	Medidor de temperatura ambiente,	Graficador de temperatura,
1	Detector de gas (espacios cerrados),	Exposímetro,
1	Medidor de energía,	Milímetro digital,
1	Medidor de presión,	Graficador de presión,
1	Detector de gas natural,	Micro gas,
1	Medidor de mercaptano en sistema,	Detección (odorizante),
1	Medidor de presión (digital)	Manómetro digital
1	Medidor de temperatura del gas	Block calibrador de temperatura
1	Medidor de presión	Graficador de presión
1	Detector de fallas fushion bond (en tubería de A.C.)	SPY
1	Calibrador de espesores	Positector UTG-ME
1	Probador portátil para presión hidráulica	0-3000 PSI
1	Equipo de auto riego	Motor a gasolina de 15 HPS
1	Pulidor industrial	127 V / 15 A
2	Equipo abrebridas	Abrebridas
1	Compresor de aire	Capacidad 50 L de 2½" HP de 16 PSI
1	Generador eléctrico	16 HP
1	Equipo de aire autónomo	--
1	Esmeril de banco	560

VI.9. Medidas preventivas, incluidos los programas de mantenimiento e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicarán durante la operación normal de la instalación,

La empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., cuenta con un programa de seguridad, del cual se deriva una serie de actividades preventivas-correctivas para la eficiente operación del gasoducto principal y las estaciones de regulación y medición, las cuales se indican en la siguiente tabla:

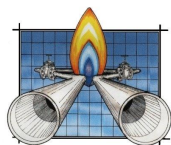


Tabla 6.29. Programa de Actividades de Seguridad.

Actividades de Seguridad	Frecuencia
Tener actualizado el directorio, que incluya todos los teléfonos de las dependencias oficiales, municipales, estatales y federales; incluyendo el del proveedor del energético,	Bimestral
Tener actualizado el directorio, que incluya los teléfonos, No. de extensión y celular del personal responsable de producción, operación y mantenimiento de los posibles socios,	Bimestral
Verificación del patrullaje o celaje del gasoducto (vigía),	Semanal
Llevar a cabo el programa de capacitación y simulacros,	Mensual
Evidencia que el personal cuenta con su Equipo de Protección Personal (EPP),	Bimestral
Realizar una lista de verificación (L.V.) para el equipo del kit de emergencia, así como para su funcionamiento,	Mensual
Revisar el inventario del kit de emergencia,	Mensual
Reporte y Control de Afectaciones en el gasoducto,	Semanal
Programa de Pláticas sobre el manejo del Gas Natural a clientes y a la comunidad,	Semanal
Convenio de Ayuda Mutua.	Mensual

Cualquier instalación que presente riesgos de accidentes mayores tendrá que disponer de medidas de prevención que complementen sus esfuerzos en la seguridad. El tipo y características de dichas medidas, dependerá de los riesgos que se pretendan minimizar en la red de transporte y distribución. La mejor medida preventiva a conseguir será su correcta operación y satisfactorio mantenimiento, evitando también afectaciones de origen externo.

El presente Estudio de Riesgo Ambiental llegó a la conclusión de que los riesgos mayores en la instalación de la ampliación del gasoducto existente de la empresa **Gas Natural del Noroeste, S. A. de C. V.** por posible incendio y explosión, están en la Válvula de Seccionamiento (VS) y su tubería de salida de 10" de Ø de AC, las Estaciones de Regulación (ER) y sus respectivas tuberías de salida de 10" de Ø de AC y de 8" de Ø de PEAD, las Estaciones de Regulación y Medición (ERM) y sus respectivas tuberías de ingreso de 2" de Ø de AC y de 6" de Ø de PEAD y la interconexión del gasoducto ACUÍCOLA Hermosillo con la tubería del gasoducto existente. En estas instalaciones deberán de establecerse medidas preventivas de seguridad, conforme a los procedimientos preventivos con que cuenta la empresa.

La Válvula de Seccionamiento (VS) y las Estaciones de Regulación (ER), deberán de instalarse subterráneas, instaladas en registros que cumplan las condicionantes de la norma NOM-003-SECRE-2011:

Requisitos de diseño de Registros. Los registros subterráneos para válvulas, estaciones de relevo de presión de regulación de presión, deben:

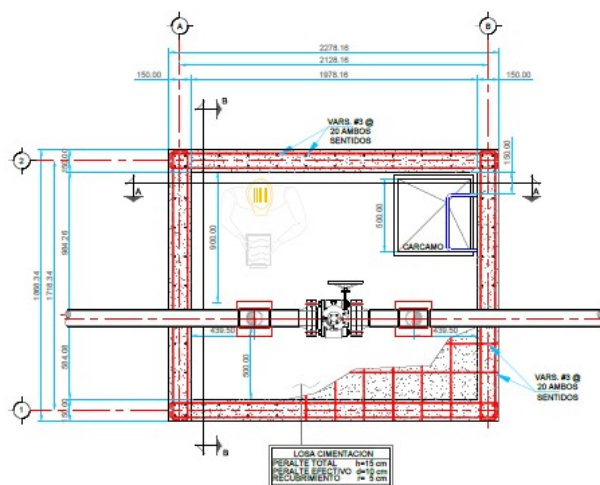
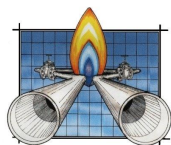
- a) Resistir las cargas externas a las que se pueden ver sometidos y proteger el equipo instalado;



- b)** Contar con un espacio de trabajo que permita que el equipo requerido en el registro se pueda instalar, operar y mantener;
- c)** Construirse de manera que los tubos que crucen las paredes o que se encuentren dentro de un registro sean de acero, exceptuando la tubería de control y calibración que puede ser de cobre. Cuando un tubo cruce la estructura del registro, se debe evitar el paso de gases o líquidos a través de la abertura y evitar deformaciones en el tubo, y
- d)** Estar construido con equipo eléctrico que satisfaga los requerimientos mínimos establecidos en la normatividad nacional vigente con relación a esta materia y a falta de éstas, con normatividad internacional vigente.

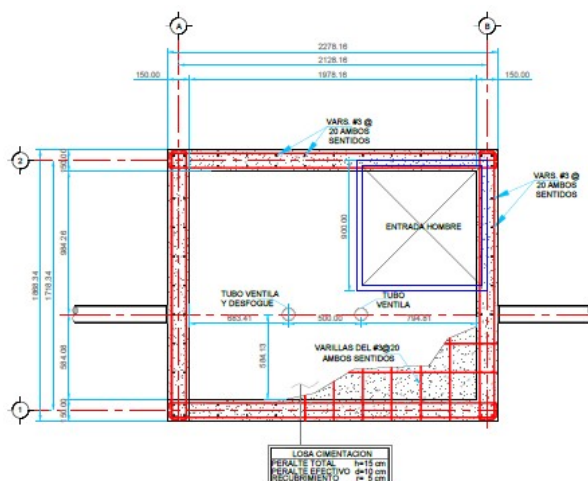
Dado que el registro de alojamiento de la Válvula de Seccionamiento y las E.R. deberán de contener las fuerzas originadas por sobrepresión radiación por eventos de incendio, la construcción de éstos deberá de apegarse a los siguientes requisitos:

- a)** Debe emplearse concreto de clase tipo 2, $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ en la construcción de las plantillas del registro, mientras que para las dalas, castillos, trabes y losa del registro, debe emplearse concreto de la misma clase 2, pero con un $f'c$ superior correspondiente a $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, considerando un módulo de elasticidad de al menos: $E_c = 100,000 \text{ Kg/cm}^2$, mientras que debe contemplarse un peso volumétrico de: $g_c = 2,200 \text{ Kg/m}^3$.
- b)** Para la construcción de las plantillas de registro, dalas, castillos, trabes y losas de registro antes mencionadas se deberá emplear cemento Portland ordinario CPO + 30 y deberá cumplir con las normas NMX-C-414, ONNCE-1999 y NMX-C111 para agregados pétreos, con un agregado grueso de 19 mm (3/4") como máximo.
- c)** Para la construcción de la cimentación y contratraveses se deberá emplear concreto de clase 1, con un $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$, con módulo de elasticidad igual o superior a $E_c = 220,000 \text{ Kg/cm}^2$, y con un peso volumétrico de $Y_c = 2,400 \text{ Kg/m}^3$. Aquí se debe emplear cemento
- d)** Para la construcción de la cimentación y contratraveses, también se recomienda emplear cemento Portland ordinario CPO + 30 debiendo cumplir con las correspondientes normas NMX-C-414, ONNCE-1999 y NMX-C111 para agregados pétreos, con un agregado grueso de 19 mm (3/4") como máximo.
- e)** En cuanto a las especificaciones del acero a utilizar, se deberá usar varilla corrugada de acero, con un grado de 42, $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$, excepto las barras del No. 2, que deberán tener un $f_y = 2,530 \text{ Kg/cm}^2$. En este punto se deberá cumplir con las normas NMX-C-407, NMX-294 y NMX-B-457.
- f)** En ningún caso se deberá traslapar más del 33% del acero en una misma sección y, salvo indicación contraria, toda varilla deberá estar anclada en sus extremos en escuadra a la longitud de anclaje correspondiente.
- g)** Para los recubrimientos libres en elementos estructurales, la recomendación a seguir es la siguiente: losa tapa del registro 3 cm, muros 3 cm, y la losa de cimentación con 5 cm.



PLANTA LOSA TAPA

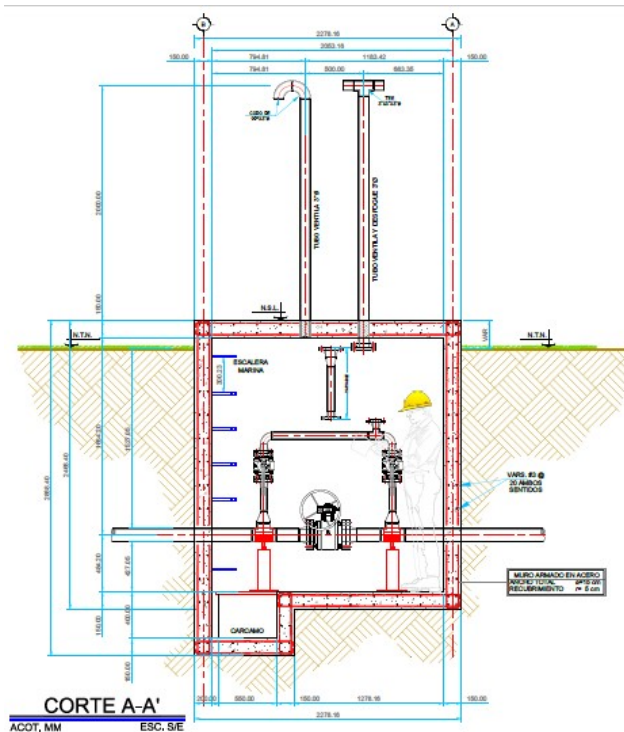
ACOT, MM ESC, S/E



PLANTA LOSA DE CIMENTACION

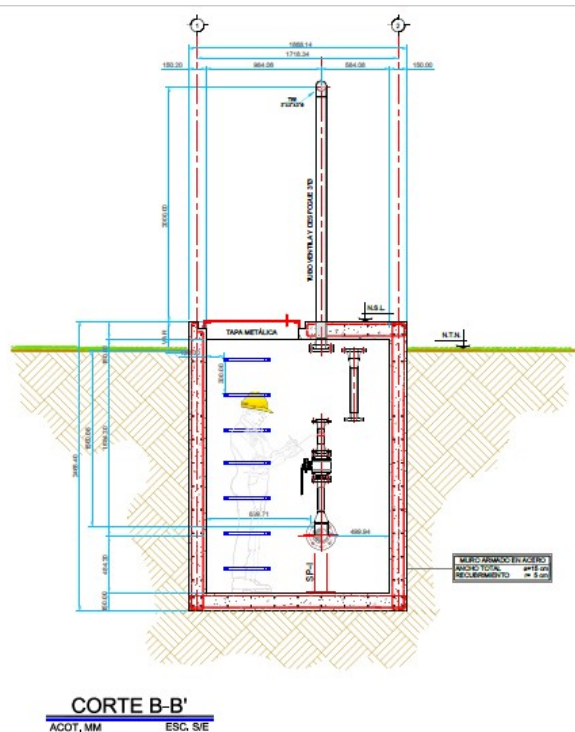
ACOT, MM ESC, S/E

Figura 6.11. Detalles de construcción de las losas del registro para la V.S. del gasoducto.



CORTE A-A'

ACOT, MM ESC, S/E



CORTE B-B'

ACOT, MM ESC, S/E



Figura 6.12. Alzado que muestra las características de construcción del registro para la V.S. del gasoducto.

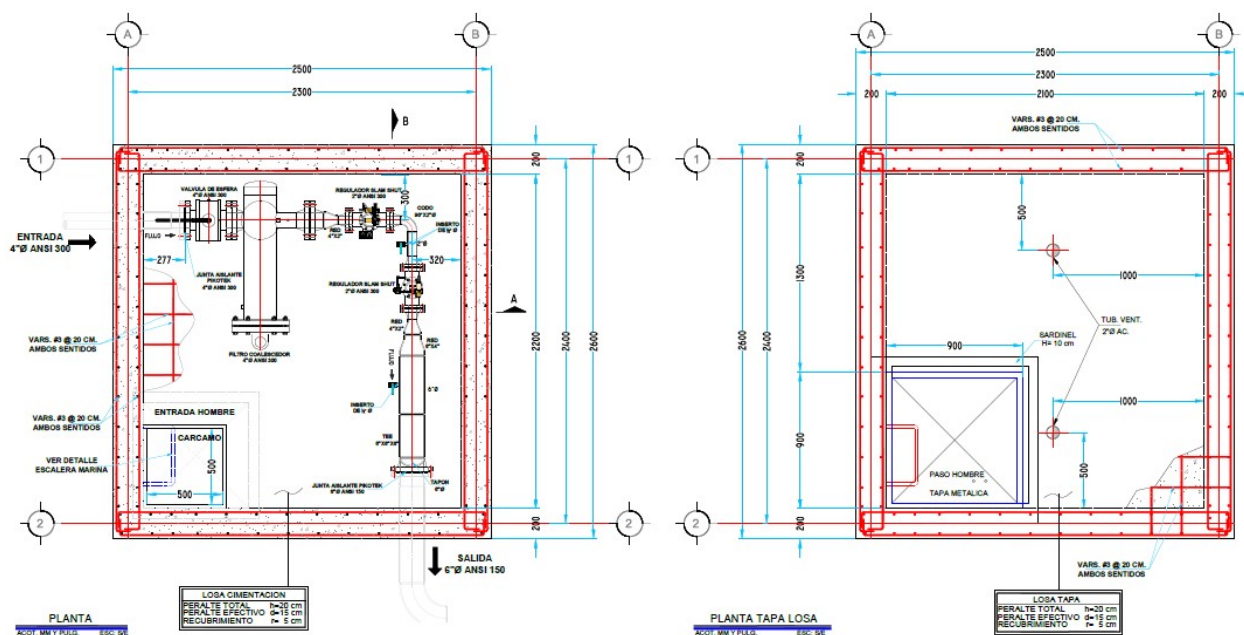


Figura 6.13. Detalles de construcción en planta de las losas del registro para las E.R. del gasoducto.

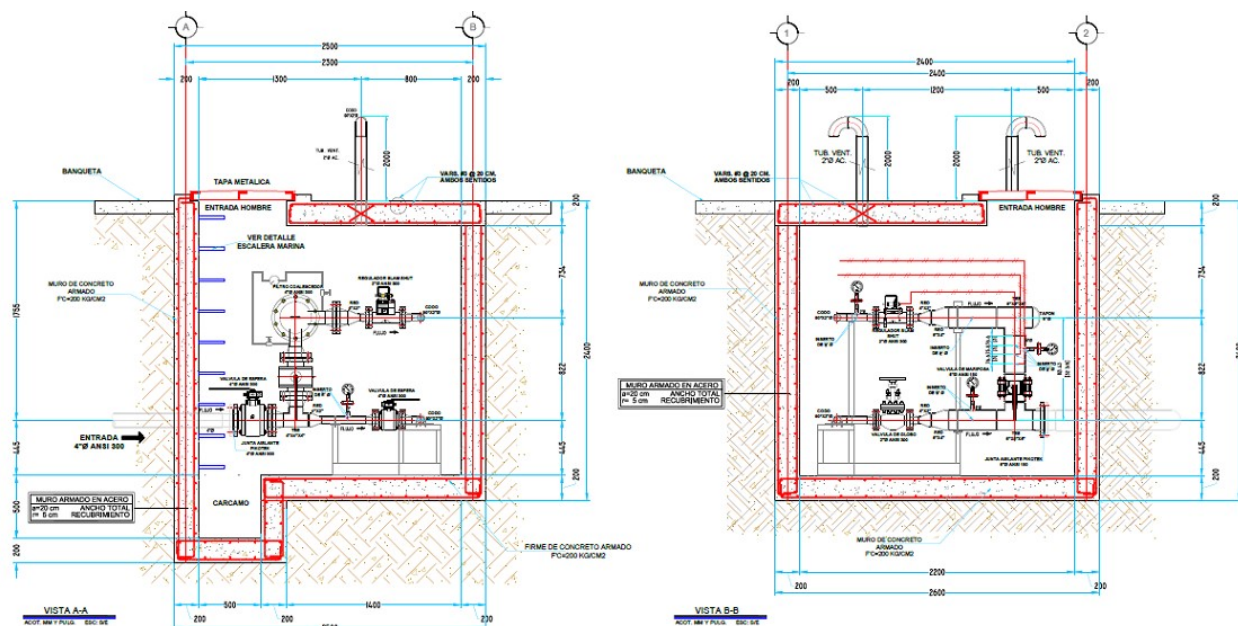


Figura 6.14. Detalles de construcción en alzado de registro para las E.R. del gasoducto.



- En complemento con las recomendaciones de funcionamiento y control, la transportista deberá de contemplar la instalación de instrumentación que permita las acciones convenientes de operación segura del sistema.
- La empresa debe efectuar auditorias periódicas sobre el funcionamiento de los distintos sistemas de operación y mantenimiento de seguridad y de prevención.
- La vigilancia de los parámetros más importantes del proceso deberán de contar con instrumentación, que alerten de las desviaciones del proceso que han salido de control y puedan ser captadas por los operadores.
- **Gas Natural del Noroeste, S. A. de C. V.** debe cerciorarse de que sus procedimientos garanticen que las actividades de mantenimiento y operación se realicen de manera segura y debe considerar, como mínimo, lo siguiente:
 - a) La operación, mantenimiento y reparación de tuberías, válvula, E.R., E.R.M. y accesorios;
 - b) Las especificaciones de construcción, planos y datos históricos de las operaciones deben ponerse a disposición del personal operativo;
 - c) La documentación que comprenda la recolección de datos para realizar reporte de incidentes, debe realizarse conforme con los procedimientos de evaluación de incidentes/accidentes establecidos en la Norma NOM-003-SECRE-2011
- **Gas Natural del Noroeste, S. A. de C. V.** debe mantener vigentes sus procedimientos con que cuenta que proporcionen las condiciones de seguridad necesaria cuando se hayan excedido los límites de diseño de operación y deben considerar:

La respuesta, investigación y corrección relativa al:

 - Cierre de válvulas y paros no intencionales;
 - Incremento o disminución en la presión o en el rango de flujo fuera de los límites de operación normal;
 - Pérdida de comunicaciones;
 - Operación de cualquier dispositivo de seguridad, y
 - Cualquier otra disfunción no deseable de un componente, desviación de la operación normal, o error humano que pueda resultar en un riesgo para las personas o la propiedad.
- Revisión de las variaciones de la operación normal después de que han terminado las operaciones anormales. Esto debe realizarse las veces que sea necesario, principalmente en las localizaciones críticas del sistema para determinar su integridad y operación segura;
- Notificación al personal operativo responsable cuando se reciba un aviso sobre una operación anormal, y



- Revisión periódica de la respuesta del personal operativo para determinar la efectividad de los procedimientos para controlar operaciones anormales y, en su caso, tomar las acciones correctivas donde se encuentren deficiencias.

Es importante que la V.S., las E.R. y las E.R.M. en su conjunto cumplan requisitos de calidad que aseguren la reducción de riesgos ante un incidente en la red de transporte.

El análisis de la determinación de la probabilidad de un siniestro de incendio y/o explosión llegó a la conclusión de que agentes externos o terceros son las variables que con mayor frecuencia inciden en un siniestro en un sistema como el de **Gas Natural del Noroeste, S. A. de C. V.**

VI.2.2 Operación y mantenimiento

La empresa Gas Natural Industrial, S.A. de C.V., cuenta con un programa anual de operación y mantenimiento, el cual está enfocado a disminuir el riesgo de eventos que lleguen a impactar el ecosistema y dañar la integridad mecánica de la instalación. A continuación, se indican las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en las Estaciones de Regulación y Medición (ERM), de los clientes comerciales.

Tabla 6.30. Actividades a realizar en las Estaciones de Regulación y Medición.

Actividad	Frecuencia
Lecturas de presión,	1 Mes
Monitoreo de fugitivos de gas natural: Caseta,	1 Mes
Aseo total de la Estación de Regulación,	1 Mes
Verificar funcionamiento y conexiones (computador de flujo),	1 Mes
Expulsión de impurezas de los filtros,	1 Mes
Revisión general del gabinete (falta o daño a pintura),	1 Mes
Verificar funcionamiento de los instrumentos de medición,	1 Mes
Verificar funcionamiento de reguladores de presión,	1 Mes
Mantenimiento preventivo a reguladores de presión,	6 Meses
Inspección visual de señalamientos,	1 Mes
Calibrar válvulas de relevo de relevo,	6 Meses
Inspección visual de válvulas de relevos,	1 Mes



Actividad	Frecuencia
Inspección visual de válvulas de paso,	1 Mes
Verificar funcionamiento de las válvulas de paso.	1 Mes

Aunado a las actividades indicadas en la Tabla anterior, en los gasoductos para transporte de Gas Natural, se realizarán las siguientes actividades de mantenimiento:

- Monitoreo de fugitivos de Gas Natural en el derecho de vía del Gasoducto.
- Mantenimiento a señalamientos.
- Mantenimiento a las válvulas de seccionamiento.

Para todas y cada una de las actividades de operación y mantenimiento, se contará con evidencias de su realización, tales como: órdenes de trabajo y registros de las actividades realizadas.

VI.2.3 Verificaciones y/o auditorías de seguridad

Las actividades de mantenimiento a ejecutar en el sistema para transporte de gas natural, estarán fundamentadas desde la planeación eficiente y diseños de construcción del proyecto, por lo que se dará cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana, aplicable para el sistema para distribución de gas natural por ducto, **NOM-003-SECRE-2011**, misma que establece que se debe realizar una verificación anual por parte de una Unidad de Verificación, acreditada ante la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la cual verificará y emitirá el dictamen en base a los siguientes puntos relacionados con la puesta en operación del sistema en donde se dictamina el diseño, los materiales utilizados y la construcción, posteriormente se dictamina la seguridad, operación y mantenimiento de la red de transporte de Gas Natural.

Verificación de Operación y Mantenimiento.

- Procedimientos de Operación y Mantenimiento,
- Señalamientos,
- Registros de vigilancia y patrullaje,
- Registros de inspección de los dispositivos de control de presión,
- Mantenimiento de registros,
- Registros de mantenimiento de válvulas,
- Control de corrosión externa,
- Registros de Inspección y mantenimiento a estaciones de medición y regulación,
- Documentación histórica y evaluación de la ingeniería,
- Programa y registros de capacitación y/o entrenamiento.

Verificación de Seguridad.

- Plan Integral de Seguridad y Protección Civil,
- Programa de Prevención de Accidentes y registros de simulacros,



- Programa para la prevención de daños,
- Programa de auxilio,
- Programa de recuperación,
- Educación al público,
- Investigación de fallas,
- Procedimientos de emergencias.

Atención a Emergencias.

Para la atención a emergencias, la promovente cuenta con procedimientos técnicos operativos, mismos que se encuentran actualizados y serán aplicados por parte del personal al momento de presentarse una situación de emergencia. Dichos procedimientos se indican a continuación:

Tabla 2. Relación de procedimientos de seguridad e instrucciones de trabajo del plan integral de seguridad.

PO-SYS-GEN-06. ACTIVACIÓN DEL PLAN INTEGRAL DE SEGURIDAD
PO-OYM-OPE-09. DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE FUGAS
PO-SYS-SGS-09. CONTROLAR FUGAS DE GAS
PO-OYM-OPE-06. TRABAJOS CERCANOS A OBRAS DE TERCEROS O INSTALACIONES EXISTENTES
PO-OYM-PRB-04. LIMPIEZA INTERIOR DE GASODUCTOS CON DIABLOS DE LIMPIEZA (POLY PG)
PO-OYM-MANTTO-11. MANEJO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ACERO
PO-SYS-SGS-14. PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS
PO-OYM-OPE-03. PROCEDIMIENTO PARA EL INCREMENTO DE LA MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN
PO-OYM-OPE-04. PROCEDIMIENTO PARA EL DECREMENTO DE LA MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN
PO-OYM-OPE-02. PROCEDIMIENTO PARA DESACTIVAR TUBERÍAS QUE TRANSPORTAN GN
PO-OYM-OPE-01. PROCEDIMIENTO PARA ACTIVAR TUBERÍAS QUE TRANSPORTAN GN
PO-OYM-OPE-05. PROCEDIMIENTO PARA VACIADO DE ODORIZANTE
PO-OYM-OPE-08. PATRULLAJE DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE.
PO-OYM-OPE-09. DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE FUGAS.
PO-OYM-OPE-10. CLASIFICACIÓN DE FUGAS DE GAS NATURAL.
PO-OYM-MANTTO-04. MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DEL SUELO.
PO-OYM-MANTTO-05. TOMA DE POTENCIAL ENTRE TUBERÍA Y SUELO.
PO-OYM-MANTTO-06. REVISIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO EN CAMISAS.
PO-OYM-MANTTO-07. REVISIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.
PO-OYM-MANTTO-10. CALIBRACIÓN DE ESPESORES EN INSTALACIONES SUPERFICIALES.
PO-OYM-MANTTO-11. MANEJO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ACERO.



- PO-OYM-MANTTO-12.** MANTENIMIENTO A CASETAS DE ERM.
- PO-OYM-MANTTO-14.** MANTENIMIENTO A VÁLVULAS REGULADORES INSTALADAS EN LA ERM.
- PO-OYM-MANTTO-18.** PINTADO DE INSTALACIONES.
- PO-OYM-MANTTO-19.** GARANTIZAR LA SEÑALIZACIÓN DE LA FRANJA DE DESARROLLO DEL SISTEMA.
- PO-OYM-MANTTO-20.** LAVADO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS EN CITY GATES, ERM Y CUARTO DE INTERCONEXIÓN.
- PO-OYM-MANTTO-21.** LIMPIEZA A LA FRANJA DE DESARROLLO DEL SISTEMA.
- PO-OYM-MANTTO-25.** CALIBRACIÓN DE LOS TRANSMISORES MULTIVARIABLES.
- PO-OYM-MANTTO-26.** CALIBRACIÓN DEL TABLERO Y SENSORES DE MEZCLAS EXPLOSIVAS.
- PR-OYM-OPE-02.** PROGRAMA DE VISITAS A SISTEMAS EN OPERACIÓN.
- FR-OYM-OPE-02.** VERIFICACIÓN DE FUGAS DE GAS NATURAL.
- FR-OYM-OPE-03.** VERIFICACIÓN DE CONEXIÓN ELÉCTRICA ÁNODO-CABLES Y ÁNODO-ÁNODO.
- FR-OYM-OPE-04.** VERIFICACIÓN DE INSTALACIÓN DE POSTE DE MONITOREO Y CUPÓN.
- FR-OYM-OPE-05.** PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR ÁNODOS GALVÁNICOS.
- FR-OYM-MANTTO-04.** INFORME DE CALIBRACIÓN.
- FR-OYM-MANTTO-05.** ETIQUETA DE CALIBRACIÓN.
- FR-OYM-MANTTO-06.** REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESORES.
- FR-OYM-MANTTO-07.** REPORTE DE RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO.
- FR-OYM-MANTTO-09.** CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS.

Así mismo, se cuenta con un programa de capacitación anual de seguridad en el cual se tiene programado la realización de simulacros tanto en gabinete y en campo, lo cual forma parte de la política de seguridad, ya que es importante tener al personal operativo capacitado y entrenado para atender cualquier situación de emergencia de manera oportuna.

En términos generales, la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., cuenta con las medidas de seguridad requeridas para asegurar la eficiente operación y mantenimiento de la instalación, con el objeto de brindar una operación confiable del sistema para transporte de gas natural a los socios industriales de la zona; así mismo, contará con un Sistema de Auditorías y Verificaciones por empresas acreditadas y Unidades de Verificación, para la obtención de los dictámenes que aseguren la integridad mecánica y la operabilidad del sistema para transporte de gas natural.

Programa de contingencias

La Empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, cuenta con su Plan Integral de Seguridad para la instalación de un gasoducto desarrollado internamente, el cual contempla los siguientes apartados:

- Precauciones básicas.
- Comentarios generales sobre prevención de accidentes con gas natural.



- Reglas de seguridad.
- Recomendaciones generales.
- Límites de explosividad en porcentaje / volumen de concentración de gas natural en el aire, criterios de acción ante una contingencia.
- Fugas de grado 1, instrucciones a seguir ante una situación de emergencia para todo el personal que se encuentre laborando.
- Fugas de grado 2, instrucciones a seguir ante la señal de una fuga de gas natural que no representa al momento una situación de emergencia.
- Fugas de grado 3, instrucciones a seguir ante la señal de una fuga de gas natural que no representa en ese momento una situación de emergencia.
- Organización, funciones y conocimientos básicos del personal clave de la organización.
 - Gerente.
 - Trabajadores del sistema y brigadas de mantenimiento.
 - Brigada contra incendio.
 - Jefe de operación.
 - Jefe de mantenimiento.

Programas de restauración de zonas afectadas en caso de accidentes

La empresa tiene establecidos los siguientes procedimientos relacionados con la atención a externos por siniestros del gasoducto:

- PROGRAMA DE RECUPERACION
- PROGRAMA DE RECUPERACION DE DAÑOS
- PROGRAMA DE AUXILIO
- PLAN INTEGRAL DE SEGURIDAD
- EVACUACION EXTERNA

Adicionalmente se tiene el Plan de Emergencias que contempla también la actuación de la transportista de hidrocarburos en zonas afectadas.

VI.2.4 Recomendaciones técnico-operativas resultantes de la aplicación del análisis de identificación de riesgos

Relación de Recomendaciones emitidas en el estudio

1. Paro automático del bombeo y cierre de válvulas



2. Paro automático del bombeo por alta presión de flujo y cierre de válvulas
3. Sistema de alarma por incendio en el área del registro
4. Protección adecuada y evaluación periódica de espesores
5. Programa de evaluaciones preventivas apegadas a normas
6. Acciones de resguardo y de protección de las instalaciones

VI.2.5 Correlación de recomendaciones con los procedimientos de la empresa

La gran mayoría de las acciones de protección surgidas en el análisis de identificación de riesgos están consideradas en los procedimientos de operación, mantenimiento y de atención a emergencias de la empresa, ya que forman parte de observancias normativas o son disposiciones que se disponen producto de la experiencia.

Con la finalidad de asegurar que todas ellas se consideran y comprobar que se aplican de forma metodológica mediante un procedimiento o disposición específica, se evidencia mediante el siguiente análisis:

Relación de Recomendaciones emitidas en el estudio y su correlación con documentos de la empresa

1. Seguimiento a las Recomendaciones del procedimiento de emergencia operativa

El procedimiento PO-SYS-GEN-06. ACTIVACIÓN DEL PLAN INTEGRAL DE SEGURIDAD contiene las acciones a seguir ante una contingencia y el personal operativo recibe capacitación sobre su aplicación.

2. Seguimiento a Manuales de Operación

Los manuales de operación contienen los procedimientos de actuación para el personal operativo y guían sobre la toma de decisiones para control del proceso.

3. Utilización activa del Sistema de Comunicación Interna.

La empresa dispone de dos tipos de comunicación entre el personal operativo:

Uno es mediante telefonía celular con equipos de la empresa y el otro es con la misma base, pero con la central de control y emergencias en la ciudad de Torreón. La central de esta ciudad tiene información en tiempo real de las variables de sus distintos sistemas de transporte y distribución.

4. Asegurar los recorridos del personal sobre el trazo

El procedimiento PO-OYM-OPE-08. PATRULLAJE DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE, describe forma, frecuencia y detalla objetivo de los celajes sobre sus ductos. Ha sido política de GNN la realización de éstos a diario.



5. Asegurar los recorridos del personal de detección de fugas

Los procedimientos PO-OYM-OPE-09. DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE FUGAS y PO-OYM-OPE-10. CLASIFICACIÓN DE FUGAS DE GAS NATURAL contienen la mecánica de los recorridos y la forma de detección de fugas en los sistemas.

6. Confirmar la correcta especificación de las piezas

La empresa en sus disposiciones de adquisición de partes establece el aseguramiento del cumplimiento de especificaciones de piezas para la construcción y adicionalmente el Dictamen de la UV que emite el VoBo de puesta en operación lo ratifica.

7. Supervisión efectiva a pruebas previas a la puesta en operación

La empresa tiene establecido la realización de pruebas de todos sus sistemas de transporte y distribución, previas a la Dictaminación de éstos y cada proyecto conserva los registros de éstas certificadas por una UV.

8. Señalización de la instalación con advertencia de riesgos

El procedimiento PO-OYM-MANTTO-19. GARANTIZAR LA SEÑALIZACIÓN DE LA FRANJA DE DESARROLLO DEL SISTEMA, establece tipo y características que debe cumplir la señalización de un proyecto, conteniendo mensajes de prevención, información y advertencia, apegados a la norma correspondiente.

9. Protección del alojamiento mediante dispositivos de seguridad

Como se ha mencionado las únicas instalaciones expuestas de los sistemas de gas son las estaciones de regulación y las válvulas de seccionamiento, que pueden estar sobre el piso o alojadas en registros subterráneos. Los procedimientos de resguardo físico dan directrices para evitar su violación, sin embargo, es menester incrementar el nivel de seguridad.

10. Colocación de alertas al violarse la integridad

Acorde con el punto anterior es adecuado incrementar los niveles de seguridad de éstos instalando alertas de violación en aquellas instalaciones que sean críticas.

11. Asegurar evitar la penetración de agua al cajón, mediante desvíos o bifurcaciones de flujos pluviales



La ingeniería de detalle para registros con que cuenta la empresa contiene las disposiciones que evita la inundación de éstos y sus requisitos.

12. Que los registros cuenten con sumideros para facilitar su descarga

La ingeniería de detalle para registros contempla este requisito, además es requerimiento normativo.

13. Identificar registros sensibles a inundación por lluvias fuertes

El proceso de control de registros no contempla este aspecto, debe ser observado en este proyecto.

14. El proceso de construcción debe apegarse a las disposiciones técnicas de la normatividad y mejores prácticas internacionales

Las prácticas de construcción de la empresa están consideradas dentro de métodos comúnmente aceptados por prácticas internacionales.

15. Se debe contar con aprobación y VoBo de la SCT o autoridad responsable de la vialidad

Es requisito normativo y obligatorio de la autoridad competente en donde se realice un cruce especial.

16. Utilizar empresas con experiencia y conocimientos del tema

Las empresas que regularmente prestan servicios de tercera parte son ampliamente seleccionadas y verificadas por la empresa en su capacidad técnica y de práctica.

17. Realizar estudio de la composición del subsuelo para definir profundidad

El proceso de todo cruce especial requiere obligadamente la evaluación del subsuelo para definir profundidades y características específicas de la obra.

18. Comunicación con el cliente

Todos los clientes de la empresa tienen la mejor disposición de una comunicación clara y expedita sobre cualquier aspecto de su relación.

19. Acordar con el cliente la vigilancia y resguardo de la estación

Todos los clientes de la empresa al recibir una estación de regulación y medición en su propiedad tienen una enseñanza sobre el equipo y sus características, haciendo énfasis en la seguridad.



20. Asegurar que la estación está libre de inundaciones y de riesgos por vientos

La ubicación de estaciones de regulación y medición de clientes se dispone en común acuerdo con estos, buscando el mejor resguardo y prevención de acciones de terceros o elementos naturales.

Una vez examinadas las recomendaciones surgidas en este estudio contra las actividades establecidas en la empresa en sus manuales y procedimientos de diseño, construcción, operación y mantenimiento, las siguientes deberán de ser asumidas para su implementación como adicionales y prioritarias como resultado de este estudio:

9. Protección del alojamiento mediante dispositivos de seguridad

10. Colocación de alertas al violarse la integridad

13. Identificar registros sensibles a inundación por lluvias fuertes

Serán recomendaciones que la empresa deberá considerar como adicionales y prioritarias.



VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1. Resumen de la situación general que presenta la instalación en materia de riesgo ambiental

Informe técnico del estudio de riesgo

Giro de la empresa

- ☐ Petroquímico ☐ Minero ☐ Químico ☐ Metalúrgico ☒ Gasero ☐ Agroindustrial
☐ Alimentos y bebidas ☐ Petróleo y derivados ☐ Residuos peligrosos ☐ Otros (especificar)

Uso del suelo donde se ubicará el gasoducto

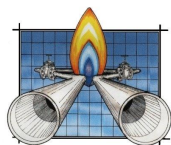
- ☐ Agrícola ☐ Rural ☒ Habitacional ☐ No cuenta con uso del suelo
☒ Comercial ☒ Mixto ☐ Industrial ☐ Otro (especificar)

El proyecto se pretende ubicar en una zona con las siguientes características

- ☐ Zona industrial ☒ Zona habitacional ☒ Zona suburbana
☐ Parque industrial ☒ Zona urbana ☐ Zona rural

Localización geográfica

	Inicio	Destino	Requerida m ²	
	Calles de la ciudad de Hermosillo en el punto de interconexión con el gasoducto existente.	BACHOCO punto final norte del proyecto ACUÍCOLA punto final sur.		8,829.40 m ² = los diferentes anchos de las zanjas por las diferentes dimensiones de las tuberías. Longitud total del gasoducto: 14,739 m
		BACHOCO: coordenadas UTM: X488596.00 Y3218426.00 ACUÍCOLA coordenadas UTM: X491107.77 Y3213935.08.	Total Km	14.739
Coordenadas	Coordenadas UTM: X497783.00 Y3219046.00			

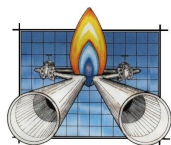


Sustancias transportadas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	Núm. CAS	Densidad (g/cm³)	Flujo (m³/hr)	Proveedor	Longitud (km)	Diámetro de la tubería (m)	Presión (kg/cm²)		Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
							Diseño	Operación		
Metano	74-82-8	0.6	2,610.40	Gasoducto ACUÍCOLA Hermosillo	8.036	0.254	35.15 kg/cm²	21 kg/cm²	(5.56)	El trazo del gasoducto inicia en la vialidad Av. José María Mendoza, hasta su cruce con Blvd. Agustín G. del Campo, por donde corre hasta llegar a carretera Hermosillo – Bahía Kino por la que continúa hasta la bifurcación en la que un ramal toma rumbo sur hacia ACUÍCOLA y otro rumbo norte hacia BACHOCO.
					0.140	0.051	35.15 kg/cm²	21 kg/cm²	(3.91)	
					0.023	0.203	7 kg/cm²	7 kg/cm²	(19.78)	
					6.540	0.152	7 kg/cm²	7 kg/cm²	(15.29)	

Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

Núm. De falla	Núm. de Evento	Falla	Accidente Hipotético				Ubicación				Metodología Empleada para la identificación del riesgo
			Derram e	Fuga	Incendi o	Explosi ón	Etapa de Operación			Unidad o equipo de proceso	
							Compresión	Regulación	Transporte		
1	1	Rotur a		X	X	X			X	Tubería de 10" de Ø de A.C.	HAZOP
2	2	Rotur a		X	X	X			X	Tubería de 2" de Ø de AC	HAZOP
3	3	Rotura		X	X	X			X	Tubería de 8" de Ø de PEAD	HAZOP

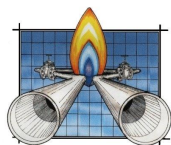


GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

4	4	Rotura		X	X	X			X	Tubería de 6" de Ø de PEAD	HAZOP



Estimación de cuentas

Núm. de falla	Tipo. de evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Programa de simulación	Zona de alto riesgo (LIE)		Zona de amortiguamiento	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad			Distancia (m)	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Tiempo (seg)
1	1		X	111.6	Kg/s	Gas	SCRI	304 (100%)	5	5.14 (100%)	5
1	1		X	4.46	Kg/s	Gas	SCRI	59.68 (20%)	5	00.00 (20%)	5
2	2		X	4.45	Kg/s	Gas	SCRI	6.46 (100%)	5	00.00 (100%)	5
3	3		X	23.77	Kg/s	Gas	SCRI	142.11 (100%)	5	3.40 (100%)	5
3	3		X	0.95	Kg/s	Gas	SCRI	35.38 (20%)	5	00.00 (20%)	5
4	4		X	13.3	Kg/s	Gas	SCRI	114.80 (100%)	5	00.00 (100%)	5
4	4		X	0.52	Kg/s	Gas	SCRI	69.82 (20%)	5	00.00 (20%)	5

Criterios Utilizados

Núm de falla	Núm. de evento			Factores climáticos		Sobrepresión		Radiación térmica		Otros criterios
		IDHL	TLV ₈	Velocidad del viento (m/seg)	Estabilidad atmosférica	3.0 Psig	0.5 psig	1.4 kW/m ²	5.0 kW/m ²	
1	1	no	no	1.5	Pasquill F	174.67	101.70	200.50	106.48	(100%)
1	1	no	no	1.5	Pasquill F	59.63	34.72	43.05	22.97	(20%)
2	2	no	no	1.5	Pasquill F	59.67	34.74	43.01	22.95	(100%)
3	3	no	no	1.5	Pasquill F	104.31	60.73	95.44	48.65	(100%)
3	3	no	no	1.5	Pasquill F	35.66	20.77	20.24	10.40	(20%)
4	4	no	no	1.5	Pasquill F	85.96	50.05	72.40	36.97	(100%)
4	4	no	no	1.5	Pasquill F	29.17	16.99	15.37	7.92	(20%)



VII.1.1. Recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado.

Cualquier instalación que presente riesgos de accidentes mayores tendrá que disponer de medidas de prevención que disminuyan los riesgos de afectación a las instalaciones de la empresa. El tipo y características de dichas medidas dependerán de los riesgos que se hayan identificado y que se pretendan minimizar en el proyecto.

El análisis objetivo de las características del sistema para transporte de gas natural propiedad de Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., arrojó como resultado las siguientes recomendaciones técnico-operativas:

El desarrollo del estudio realizado en la sección III.2.1 Análisis y evaluación de riesgos en una tubería de transporte o distribución de gas natural de este estudio, llegó a la identificación de 4 eventos de alto riesgo y 3 de riesgo moderado:

Alto riesgo:

- Corrosión
- Falla producto de error humano
- Daños por terceros
- Falta de mantenimiento/Inspección visual

De riesgo moderado fueron identificados también cuatro eventos, uno operacional relacionado con el diseño y los materiales y tres extra-operacionales como fallas geomecánicas, incendio cerca del sistema e inundaciones. En este ejercicio no se determinaron acciones preventivas o correctivas.

Posteriormente se examinó el estudio de campo realizado sobre el trazo de los gasoductos, identificando:

- 4 estaciones de riesgo activo
- 20 estaciones de riesgo pasivo
- 2 estaciones de riesgo bajo
- 13 estaciones sin riesgo

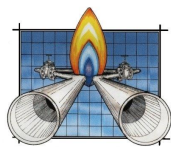
Esta información permitió establecer los principales puntos de posible interacción con los radios de afectación simulados en el estudio.

Posteriormente se realizó una evaluación de probabilidad de ocurrencia de incendio y/o explosión en una instalación externa del sistema (ER o VS) llegando al valor de probabilidad de 4×10^{-4} que incurre en el rango de suceso remoto.

Con este apoyo se realizó un análisis Hazop en donde se analizaron 5 nodos determinados por un equipo de especialistas involucrados en el proyecto y se emitieron 30 recomendaciones.

Se correlacionaron estas recomendaciones con los procedimientos y prácticas operativas, de construcción y diseño de la empresa, concluyendo que:

El aseguramiento de la integridad mediante candados en Estaciones de Regulación y Válvula de Seccionamiento, el accionamiento de alarmas al romperse la integridad de una instalación externa, el integrar a procedimientos de emergencia la acción imprevista de válvulas y la colocación de



dispositivos de seguridad que eviten el ingreso de extraños a estas mismas instalaciones son recomendaciones preventivas emanadas del estudio.

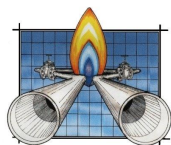
Adicionalmente en base a las recomendaciones del mismo ejercicio se estipuló la inclusión de mejorar la seguridad de las instalaciones con dispositivos de seguridad, colocación de alertas e identificación de registros de zonas inundables, acciones que concuerdan con las salvaguardas consideradas.

Aunque el riesgo identificado por la posible presencia de una falla geomecánica o grieta fue de rango moderado ya que la zona del proyecto está alejada del ella, se considera oportuno el establecimiento de un procedimiento que guíe sobre las acciones a tomar ante la presencia de una oquedad o cavidad en el trazo del gasoducto.

Estas acciones de prevención se pueden resumir de la siguiente forma:

Las Estaciones de Regulación y Medición, deben estar ubicadas dentro de predios seguros y libres de afectaciones, con la finalidad de asegurar la integridad física de cada estación, ya que derivado de la metodología del Análisis de Árboles de Falla (Fault Tree Analysis de Arthur D Little) realizado, se considera que el principal factor de probabilidad de incendio o explosión se deriva de la posible afectación por terceros.

- ❖ En base a un programa calendarizado, realizar pruebas que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (calibración de los diferentes dispositivos de seguridad y medición, así como la instrumentación de las estaciones de regulación, medición de espesores en tuberías de conducción y estado físico de los señalamientos instalados en el derecho de vía del sistema para transporte de Gas Natural y conexiones eléctricas en todo el sistema de gas natural donde se instalen dichas conexiones,
- ❖ En base a un programa calendarizado, cumplir y reforzar constantemente la capacitación del personal operativo y de control, respecto a los procedimientos de respuesta a emergencia,
- ❖ En base a un programa calendarizado, supervisar y reforzar la capacitación del personal sobre el mantenimiento, identificación, operación y manejo de los principales equipos contra incendio,
- ❖ Elaborar y poner en práctica un programa de simulacros para asegurar que el tiempo de respuesta ante una emergencia sea acorde a lo planeado, y constatar que se cuenta con el equipo suficiente para atender cualquier emergencia que pueda suscitarse en el derecho de vía del sistema para transporte de gas natural y mantener evidencia de su cumplimiento,
- ❖ En base a un programa de mantenimiento, efectuar auditorías periódicas sobre el funcionamiento de los distintos sistemas de operación y mantenimiento de seguridad y de prevención,
- ❖ Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., debe asegurar que los procedimientos operativos garanticen actividades de mantenimiento y operación de una manera segura y eficaz, tomando en cuenta como mínimo lo siguiente:



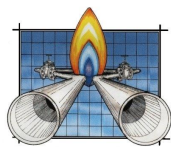
- La operación, mantenimiento y reparación de tuberías, válvulas y accesorios,
 - Las especificaciones de construcción, planos y datos históricos de las operaciones deben ponerse a disposición del personal operativo,
 - Debe contar con un programa para la prevención de accidentes (PPA) de conformidad con lo establecido por la normatividad.
- ❖ Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., debe contar con procedimientos que proporcionen las condiciones de seguridad necesarias cuando se hayan excedido los límites de diseño de operación y debe considerar la respuesta, investigación y corrección relativa a:
- Cierre de válvulas y paros no intencionales.
 - Incremento o disminución en la presión o en el rango de flujo fuera de los límites de operación normal.
 - Pérdida de comunicaciones.
 - Operación de cualquier dispositivo de seguridad y cualquier otra disfunción no deseable de un componente, desviación de la operación normal, o error humano que pueda resultar en un riesgo para las personas o la propiedad.
 - Revisión de las variaciones de la operación normal después de que han terminado las operaciones anormales. Esto debe realizarse las veces que sea necesario, principalmente en las localizaciones críticas del sistema para determinar su integridad y operación segura.
 - Notificación inmediata vía radio o teléfono celular al personal operativo responsable cuando se reciba un aviso sobre una operación anormal.
- ❖ Revisión periódica de la respuesta del personal operativo para evaluar la efectividad de los procedimientos para controlar operaciones anormales y en su caso, realizar las acciones correctivas donde se encuentren deficiencias.

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., debe contar con un procedimiento que establezca las acciones a seguir ante la presencia de una cavidad en el trazo de un gasoducto, que garantice la adecuada construcción y segura operación.

VII.2. Conclusiones del estudio de riesgo

Deterioro esperado en flora

En general, el trayecto seleccionado para el tendido del gasoducto no representa afectaciones a la flora de la zona por lo que no se producirá un desequilibrio ecológico, sobresale en casi toda la geografía del municipio la vegetación del tipo mezquital entre la se encuentran: Palo fierro, Palo verde, Huizache y Brea. También los Sahuaros tienen una importante presencia, son representativos de la entidad y varían su tamaño desde el de un pulgar hasta los 15 m. Solamente dos de las especies avistadas, tienen alguna categoría de protección en la NOM-059-SAMARNAT-



2010: Palo fierro (*Olneya tesota*), con categoría de protección (Pr) y Sahuaro (*Carnegiea gigantea*), con categoría de amenazado (A) pero la flora no será afectada durante las labores de preparación del sitio, ya que éste se hará por el derecho de vía de las vialidades existentes a lo largo de todo el trazo. El desmonte que se hará en las labores de limpieza y excavación es en la franja de 3 m de área de afectación, dentro del ancho del derecho de vía desde el punto de inicio del gasoducto donde se conectará con el gasoducto existente en las coordenadas: 29°05'59.38" N y 111°01'22.02" O sobre calles de la ciudad de Hermosillo y en el derecho de vía de la carretera Hermosillo- Bahía de Kino, hasta las empresas BACHOCO en el punto final norte del proyecto y ACUÍCOLA en el punto final sur. A lo largo del gasoducto, prevalece el uso de suelo urbano (comercial y habitacional) y Suelo con Matorral de tipo Mezquital Desértico con fisonomía subinerme (aspecto de la vegetación, determinado por la dominancia fisonómica relativa de diversas formas de vida como el matorral con mezcla de plantas no espinosas y espinosas).

Con esta forma de trabajar se busca que no se produzca erosión de los suelos, no habrá usos alternativos del suelo, sino que se reintegrará para cubrir la zanja excavada donde se asentará el gasoducto.

Una vez concluido el relleno de la trinchera, la superficie será limpiada para dejarla libre de escombros y permitir la regeneración de la flora silvestre tipo pasto y herbáceas pequeñas a lo largo del derecho de vía de los 3 m de ancho por el largo del gasoducto, con labores de mantenimiento vegetal continuo.

Dentro de las NOM's que se consultan se hace especial atención a la NOM-059-SEMARNAT-2010 para verificar el estatus de las especies localizadas en las cercanías del área de proyecto, pero fuera del trazo con el fin de no afectar a las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial. De igual forma, se marca al personal de la empresa la prohibición al tráfico o apropiación ilegal de especies de flora de cualquier tipo, y en especial a los organismos marcados dentro de los listados de la norma.

Deterioro esperado en fauna

La mayoría de las especies animales que habitan en la zona del proyecto se conocen por referencias de la gente local o por la bibliografía, ya que solo fueron vistos algunos ejemplares, sin embargo solo tres de los avistados tienen alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010: Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) y Liebre antílope (*Lepus alleni*), con categoría de protección especial (Pr) y Perrito de la pradera de cola negra (*Cynomys ludovicianus*) con categoría de amenazado (A).

Una vez hecha la trinchera en todo el derecho de vía por donde pasa el trazo del gasoducto, la fauna existente en la zona solo se verá afectada temporalmente debido al ruido y movimiento de los trabajadores y la maquinaria, por lo que simplemente no se acercarán.

No se espera ninguna afectación a la fauna ya que la mayor parte de la obra es en zona urbana y solo una parte es suelo de matorral espinoso. Pudiera existir algo de tránsito de fauna a lo largo de la carretera Hermosillo – Bahía de Kino, sin embargo, es poca la que se localiza en esa zona del proyecto debido a la actividad humana y vehicular próxima, además de que la excavación, tendido



y relleno solo se harán durante el día y con lapsos de tiempo cortos de no más de 48 horas, con longitudes de avance en esas 48 hrs de 250 a 500 metros, como ya se ha descrito.

No se observa como barrera u obstáculo temporal para el tránsito de la fauna en la etapa de construcción, la tierra que se saque durante el zanjado, así como la zanja misma, debido a que ya existe una barrera física previa como lo son las vialidades existentes en la zona, por cuyo derecho de vía se instalará el gasoducto.

En resumen, las posibles afectaciones serán: la posibilidad de muerte de algún animal pequeño, debido a los trabajos con la zanjadora y la generación de una barrera temporal adicional que impida el libre paso de la fauna. Sin embargo, ya existen varias barreras, como se mencionó antes, por otra parte, la barrera que se generará durante la etapa de construcción, tendrá una duración no mayor a 48 hrs, por lo que este impacto no será significativo ni residual. De todas maneras, la empresa deberá instruir a su personal en las siguientes medidas:

- Prohibición de matar y/o dañar animales a los trabajadores.
- Dar pláticas de concientización al personal de obra sobre el respeto a los elementos ambientales, como son la fauna, y supervisar a los operadores de la maquinaria.
- En caso de que, durante la etapa de construcción se observaran especies como roedores, serpientes, lagartijas u otros, deberá ahuyentarlas y/o alejarlas del área de trabajo, restituyéndolos al área sin dañarlos.
- Minimizar la cantidad y duración de la exposición de tierra fuera de la trinchera a fin de que esta barrera adicional generada dure el menor tiempo posible.

Durante las etapas de operación y mantenimiento, este elemento no se verá afectado.

Durante la etapa de abandono del proyecto este factor no se verá afectado.

Vulnerabilidad y riesgos

Debido a que el proyecto consiste en la instalación subterránea en un 100%, de infraestructura para el transporte de gas natural, el cual es inflamable, existe el riesgo de incendio en la zona donde quedará instalada la red de transporte de gas natural, siempre y cuando se conjuguen varios factores para que se genere una fuga, es por ello que en este Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) se realizó la simulación de una fuga de gas natural, con la finalidad de determinar los radios de afectación y las consecuencias que éste provocaría en el ecosistema y población existente.

Riesgos por fenómenos naturales

Como se describió anteriormente, en los últimos 150 años han ocurrido centenares de sismos, la mayoría de los detectados fueron de baja intensidad, sin embargo, algunos han excedido de magnitud 5 en la escala de Richter, esto sugiere que Sonora es un estado moderadamente activo y que en el futuro, sismos importantes pueden ocurrir. El patrón geológico-estructural de Sonora consiste de fallas y fracturas de considerable longitud, por lo que una posible ruptura de la corteza terrestre aunque no pase por la zona del proyecto, puede causar daño y destrucción con efectos



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

adversos como derrumbes, deslizamientos de suelo y roca, inundaciones e incendios, además el municipio de Hermosillo ha sufrido lluvias torrenciales cada año, pero sin consecuencias importantes, sin embargo, una crecida centenaria podría producirse en la temporada de lluvia con una magnitud de flujo según el área de las cuencas hidrológicas del río "Sonora" y de la "Costa de Hermosillo", puede ser un evento probable, pero de escasa generación de riesgo, ya que en la zona del proyecto no hay presencia de ríos. De acuerdo a estos datos se considera que la zona donde se ubicará el sistema para transporte de gas natural es susceptible a sismos y/o inundaciones, causadas por fenómenos naturales y climatológicos.



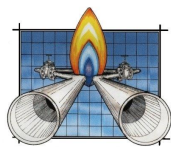
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.1. Índice de figuras, tablas y gráficas.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

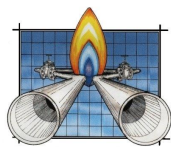
Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.2. Documentos Legales

- Copia simple del Acta Constitutiva de la Empresa
- Copia simple del RFC de la Empresa
- Copia simple del poder legal
- Copia del Permiso G/014/DIS/1997
- Copia de la Resolución RES/053/1997



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.3. Documentos del responsable y los colaboradores del estudio

- Copia del RFC.
- Copia de Cédula Profesional.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.4. Archivo Fotográfico o Video

Se Anexa en CD.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.5. Planos e Imágenes

Se Anexa en CD.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

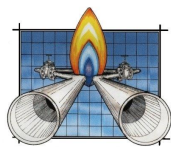
Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.6. Memorias Técnicas y Descriptivas

Se Anexa en CD.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

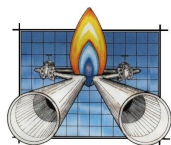
Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahia de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.7. Estudios de Simulación de Riesgos

Se Anexa en CD.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

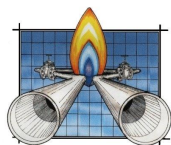
Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.8. Hojas de Seguridad

Se Anexa en CD.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.9. Árbol de Fallas y Checklist

Se Anexa en CD.



GAS NATURAL DEL NOROESTE, S. A. DE C. V.

Gasoducto "Ramal Acuícola", en el tramo carretero Hermosillo-Bahía de Kino, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.

Estudio de Riesgo
AMBIENTAL Nivel 0

VIII. ANEXOS

VIII.10. Planos de proyecto

Se Anexa en CD.