

ÍNDICE DE CONTENIDO.

I. DATOS GENERALES.....	1
I.1. Nombre del Proyecto	1
I.2. Nombre o Razón Social del Promovente.....	1
I.3. Registro Federal de Contribuyentes del Promovente.....	1
I.4. Nombre y Cargo del Representante Legal.	1
I.5. Dirección del Promovente o del Representante Legal.....	1
I.6. Actividad productiva principal del establecimiento.....	1
I.7. Inversión estimada	1
I.8. Responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.....	1
I.8.1. Nombre o Razón Social.	2
I.8.2. Registro Federal de Contribuyentes del gestor.....	2
I.8.3. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (Indicando Calle, Número)	2
I.8.4. Nombre del Responsable Técnico del Estudio.	2
II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	3
II.1. Descripción del Proceso, Bases de Diseño.	3
II.1.1. Naturaleza del proyecto.....	3
II.1.2. Susceptibilidad de la Zona a Fenómenos Naturales y Efectos Meteorológicos.....	19
II.1.3. Proyecto Civil.....	40
II.1.4. Proyecto Mecánico.....	52
II.1.5. Proyecto Sistema Contra Incendios	91
II.2. Descripción Detallada del Proceso.....	92
II.3. Sustancias Involucradas en el Proceso.....	98
II.4. Almacenamiento	105
II.5. Equipos y Procesos Auxiliares	107
II.5.1. Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM).....	108
II.5.2. Compresores	108
II.5.3. Surtidores o dispensadores.....	111
II.5.4. Accesorios de Seguridad	113
II.5.5. Pruebas de Verificación.....	114

II.6. Condiciones de Operación	116
II.6.1. Balance de Materia	116
II.6.2. Temperaturas y presiones de diseño y operación.	116
II.6.3. Especificación del cuarto de control	117
II.6.4. Sistemas de Aislamiento	118
III. Análisis y Evaluación de Riesgos.....	120
III.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes	120
III.2. Metodologías de Identificación y Jerarquización de Riesgos Ambientales.	122
III.3. Descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones.	185
III.3.1. Radios Potenciales de Afectación.	185
III.4. Interacciones de Riesgo.....	217
III.5. Efectos sobre el Sistema Ambiental.....	247
III.6. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Materia Ambiental.	255
III.6.1. Recomendaciones Técnico-Operativas	255
III.6.2. Sistemas de Seguridad.	259
III.6.3. Reporte de Resultados de Auditoría de Seguridad.	264
III.6.4. Medidas Preventivas	264
IV. RESUMEN.	271
IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental.	271
IV.2. Resumen de la situación general del proyecto en materia de Riesgo Ambiental.	272
IV.3. Informe Técnico.....	273
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.	274
V.1. Resumen Ejecutivo.....	274
V.2. Informe Técnico.	274
V.3. Croquis de localización.....	274
V.4. Anexo Fotográfico.....	274
V.5. Estudios Técnicos.....	274
V.6. Resultados y gráficos de simulación de eventos.....	274
V.7. Planos de radios de afectación.	274
VI. GLOSARIO DE TÉRMINOS.	275

VII. REFERENCIAS..... 277

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM del Polígono del Predio del Proyecto.....	6
Tabla 2. Distribución de Actividades y Porcentajes dentro del Área de Influencia del proyecto.....	10
Tabla 3. Lista de Elementos de Equipamiento Urbano de la Zona de Influencia para la Estación de Servicio de Gas Natural.	17
Tabla 4. Tipo de Clima en el municipio de Guadalajara.....	20
Tabla 5. Precipitaciones Promedio Mínima y Máxima mensuales de acuerdo al Plan Lerma de Asistencia Técnica.	26
Tabla 6. Heladas días en la Estación Meteorológica Guadalajara.	28
Tabla 7. Días con granizo en la Estación Meteorológica Guadalajara.	30
Tabla 8. Valores de las variables climáticas para el municipio de Guadalajara	31
Tabla 9. Reporte de la Sismicidad que ha ocurrido en el Estado de Jalisco y ha afectado al municipio de Guadalajara en el periodo 1568-2009.....	35
Tabla 10. Usos y Áreas de la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán.	43
Tabla 11. Dimensiones y Distribución de Áreas de Oficinas, Baños, y Área Comercial de la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán.....	46
Tabla 12. Especificaciones Técnicas de la Cascada Pulmón.....	61
Tabla 13. Factores para el cálculo del espesor	65
Tabla 14. Espesores y presiones de trabajo para tubing de acero inoxidable.....	67
Tabla 15. Análisis de caídas de presión por tramos (Canopy STD).	71
Tabla 16. Análisis de caídas de presión por tramos (Canopy HF).	72
Tabla 17. Análisis de caídas de presión por tramos (Tubería de 7 bar).....	79
Tabla 18. Equipo Eléctrico a Instalar en la Estación de Servicio.	81
Tabla 19. Especificaciones técnicas de los surtidores de GNV.	84
Tabla 20. Extintores de la Estación de servicio.	91
Tabla 21. Sustancias químicas peligrosas.	92
Tabla 22. Especificaciones del módulo de almacenaje (Cascada Pulmón)	106
Tabla 23. Especificaciones Técnicas de los Compresores.	109
Tabla 24. Parámetros de Operación y Diseño de la ERM	116
Tabla 25. Parámetros de Operación de la Estación de Servicio.....	117
Tabla 26. Acciones para identificación, análisis, jerarquización y estimación de consecuencias de riesgos	124
Tabla 27. Masa total de Gas Natural en la Estación de Servicio.....	137
Tabla 28. Combustibles en la Estación de Servicio (Determinación de Actividades Altamente Riesgosas con base en el Primer y Segundo listado).....	137
Tabla 29. Justificación técnica de la selección de las metodologías seleccionadas para la identificación y análisis de riesgos.	138
Tabla 30. Nodos de Evaluación para el análisis ¿Qué pasa sí...?.....	143
Tabla 31. Índice de Severidad (S).....	143

Tabla 32. Índice de Frecuencia	143
Tabla 33. Matriz de Jerarquización de Riesgos	144
Tabla 34. Índice de Riesgo (R).....	144
Tabla 35. Niveles de Riesgo de los Eventos Identificados.....	164
Tabla 36. Escenarios de Riesgos Identificados.....	171
Tabla 37. Matriz de Evaluación de Riesgos	172
Tabla 38. Categoría de Frecuencia.....	172
Tabla 39. Categoría de Consecuencias.....	175
Tabla 40. Jerarquización de Escenarios	184
Tabla 41. Resultados del evento hipotético de Nube Inflamable por fuga de gas natural por rotura total de la tubería de suministro.....	189
Tabla 42. Resultados del evento hipotético de Incendio por fuga de gas natural por ruptura total de la tubería de suministro.	191
Tabla 43. Resultados del evento hipotético de explosión por fuga de gas natural por ruptura total de la tubería de suministro.	192
Tabla 44. Resultados del evento hipotético de nube inflamable por fuga de gas natural por rotura de tubería en un 20% de diámetro nominal	194
Tabla 45. Resultados del evento hipotético de radicación térmica por fuga de gas natural por rotura de tubería en un 20% de diámetro nominal	196
Tabla 46. Resultados del evento hipotético de explosión por fuga de gas natural por rotura de tubería en un 20% de diámetro nominal	198
Tabla 47. Resultados del evento hipotético de nube inflamable por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura total de la tubería de salida.....	200
Tabla 48. Resultados del Evento Hipotético de Incendio por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura total de la tubería de salida	201
Tabla 49. Resultados del Evento Hipotético de Explosión por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura total de la tubería de salida.....	203
Tabla 50. Resultados del evento hipotético de nube explosiva por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura del 20% del diámetro.	205
Tabla 51. Resultados del Evento Hipotético de Incendio por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura del 20% del diámetro.....	206
Tabla 52. Resultados del Evento Hipotético de Explosión por Fuga de Gas Natural en la Cascada Pulmón.	208
Tabla 53. Resultados del Evento Hipotético de Nube Explosiva por fuga de gas natural en tanque de automóvil por ruptura total.	210
Tabla 54. Resultados del Evento Hipotético de Incendio por fuga de gas natural en tanque de automóvil por ruptura total.	211
Tabla 55. Resultados del Evento Hipotético de Explosión por fuga de gas natural en tanque de automóvil por ruptura total.	213
Tabla 56. Radios de Afectación de Eventos Simulados (metros).....	216

Tabla 57. Posibles afectaciones al ambiente por fuga de gas natural.....	248
Tabla 58. Posibles afectaciones al ambiente por explosión de gas natural.....	249
Tabla 59. Posibles afectaciones al ambiente por incendio de gas natural.....	250
Tabla 60. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por nube inflamable.....	250
Tabla 61. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por incendio.....	252
Tabla 62. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por explosión.....	254
Tabla 63. Programas para la Prevención y Atención de Contingencias.....	269

Índice de Figuras

Figura 1. Imagen Aérea que muestra la ubicación del predio del proyecto de la Estación de Gas Natural Ocotlán 5

Figura 2. Colindancia Norte: Av. Lázaro Cárdenas. 7

Figura 3. Colindancia Oriente: Locales Industriales, (Aceros Ocotlán). 7

Figura 4. Colindancia Sur: Calle Piñón, Zona Habitacional (Viviendas)..... 7

Figura 5. Colindancia Poniente: Edificio Comercial y Bodega..... 8

Figura 6. Vistas del Interior del Predio..... 9

Figura 7. Vista del Frente del Predio (desde Calzada Lázaro Cárdenas). 9

Figura 8. Usos de suelo en el área de influencia del proyecto de la Estación de Gas Natural. 10

Figura 9. Infraestructura Urbana en el Área de Estudio de la Estación de Servicio..... 13

Figura 10. Porcentaje de Cobertura de Infraestructura Urbana (Agua Potable, Energía Eléctrica, Drenaje, Servicio Sanitario y Recubrimiento con Piso) en área de influencia de la Estación de Gas Natural Ocotlán 14

Figura 11. Equipamiento Urbano en área de influencia de la Estación de Servicio. 16

Figura 12. Cercanía a Gasolineras en el Área de Influencia del Proyecto..... 18

Figura 13. Climas en el municipio de Guadalajara..... 20

Figura 14. Clima en el Área del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito Zona Urbana 7) 21

Figura 15. Temperaturas Máximas en el municipio de Guadalajara. 22

Figura 16. Temperaturas máximas promedio anual en la zona del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito de zona urbana 7). 23

Figura 17. Temperaturas Mínimas en el municipio de Guadalajara..... 24

Figura 18. Temperaturas mínimas promedio anual en la zona del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito de zona urbana 7). 25

Figura 19. Precipitación Media Anual en el municipio de Guadalajara..... 26

Figura 20. Precipitación Media anual en la zona del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito de zona urbana 7)..... 27

Figura 21. Índice de días con heladas en la zona del proyecto de la EDS Héros de Nacozari..... 29

Figura 22. Índice de días con granizo en la zona del proyecto de la EDS Natgas Ocotlan..... 30

Figura 23. Índice de peligro por inundaciones en la zona del proyecto de la EDS Natgas Ocotlán.. 32

Figura 24. Susceptibilidad de inestabilidad de laderas en la zona del proyecto de la EDS Ocotlán. 33

Figura 25. Regionalización sísmica en la zona del proyecto de la EDS Ocotlán..... 34

Figura 26. Mapa de Rasgos Estructurales del Municipio de Guadalajara..... 38

Figura 27. Principales Cuerpos y Corrientes de Agua en el Municipio de Guadalajara. 40

Figura 28. Polígono del Terreno de la Fase 1 donde se encuentra la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán. 44

Figura 29. Polígono del Terreno de la Fase 2 donde se encuentra la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán..... 45

Figura 30. Área de Oficinas de la Estación de Gas Natural Ocotlán (Planta Baja y Planta Alta). 47

Figura 31. Ejemplo de Estación de Regulación y Medición (ERM).....	54
Figura 32. Ejemplo de Arreglo de la ERM.	55
Figura 33. Ejemplo de compresor a utilizar.	59
Figura 34. Ejemplo de Cascada Pulmón.	60
Figura 35. Soporte de tubería a alta presión	63
Figura 36. Isométrico General de Tuberías.....	68
Figura 37. Tubería de Alta Presión (Canopy STD)	74
Figura 38. Tubería de Alta Presión (Canopy HF)	75
Figura 39. Conexión a surtidores o dispensarios	76
Figura 40. Isométrico de Tubería de Baja Presión.	80
Figura 41. Conexión a compresor.	81
Figura 42. Ejemplo de surtidor a instalar en la Estación de Servicio.	84
Figura 43. Surtidores de gas en disposición longitudinal.....	91
Figura 44. Ejemplo de Depósito de Recuperación	98
Figura 45. Diagrama de Flujo de Operación de la Estación de Servicio de GNV.....	98
Figura 46. Esquema metodológico para evaluación de riesgos “Pirámide Invertida”	123
Figura 47. Clasificación de la Atmósfera, según las clases Pasquill.	188
Figura 48. Radios de Zona de Riesgo y Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 1) 218	
Figura 49. Radios de Zona de Riesgo y Amortiguamiento Incendio de Gas Natural (Escenario 1). 220	
Figura 50. Radios de la Zona de Amortiguamiento Explosión de Nube de Gas (Escenario 1)	222
Figura 51. Radios de Zona de Riesgo y Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 2) 224	
Figura 52. Radios de Zona Riesgo y Amortiguamiento Incendio de Gas Natural (Escenario 2).....	226
Figura 53. Radio de la Zona de Amortiguamiento por Explosión de Nube de Gas (Escenario 2) . 228	
Figura 54. Radios Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 3). 230	
Figura 55. Radios de Zona Riesgo y Amortiguamiento Incendio de Gas Natural (Escenario 3).....	232
Figura 56. Radios de Zona Amortiguamiento Explosión de Gas Natural (Escenario 3)	234
Figura 57. Radios Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 4). 236	
Figura 58. Radios de Zona Riesgo y Amortiguamiento Incendio de Gas Natural (Escenario 4).....	238
Figura 59. Radios de la Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Explosión de Gas (Escenario 4) ...	240
Figura 60. Radios Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 5). 242	
Figura 61. Radios de la Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Incendio de Gas (Escenario 5)	244
Figura 62. Radios de la Zona de Amortiguamiento Explosión de Nube de Gas (Escenario 5)	246

ACRÓNIMOS y ABREVIATURAS

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
ASEA	Agencia de Seguridad, Energía y Medio Ambiente
BAR	Unidad de medida de la presión equivalente a 1 atmósfera
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Bióxido de carbono
CONABIO	Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
DENUE	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
EDS	Estación de Servicio
ERM	Estación de Regulación y Medición
GNC	Gas Natural Comprimido
GNV	Gas Natural Vehicular
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INSECAMI	Ingeniería y Servicios en Control Ambiental Industrial
IPA	Instalación de Aprovechamiento de Baja Presión
KG	Kilogramo
m ²	Metro cuadrado
NOM	Norma Oficial Mexicana
PEMEX	Petróleos Mexicanos
RFC	Registro Federal de Contribuyentes
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SSN	Servicio Sismológico Nacional
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UTM	Universal Transversa de Mercator

I. DATOS GENERALES.

I.1. Nombre del Proyecto

ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL PARA USO VEHICULAR OCOTLÁN.

I.2. Nombre o Razón Social del Promovente.

NATGAS QUERÉTARO S.A.P.I. DE C.V. (ver anexo legal en el Manifiesto de Impacto Ambiental)

I.3. Registro Federal de Contribuyentes del Promovente.

RFC: NQU120510QZ7 (ver anexo legal en el Manifiesto de Impacto Ambiental)

I.4. Nombre y Cargo del Representante Legal.

El Representante Legal de la empresa es el Sr. Juan Josué Hernández Tapia (ver anexo legal en el Manifiesto de Impacto Ambiental).

I.5. Dirección del Promovente o del Representante Legal.

[Redacted address information]

direccion, telefono y correo electronico del representante legal, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

I.6. Actividad productiva principal del establecimiento.

Venta de gas natural comprimido para uso vehicular.

I.7. Inversión estimada

Para el desarrollo del proyecto denominado ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL PARA USO VEHICULAR OCOTLÁN se estima una inversión total de \$113,935,437 desglosado conforme a las siguientes fases:

- 1a Fase: Total \$44,888,604
- 2a Fase: Total \$69,046,833

I.8. Responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.

I.8.1. Nombre o Razón Social.

Ingeniería y Servicios en Control Ambiental Industrial S.A. de C.V. (INSECAMI)

I.8.2. Registro Federal de Contribuyentes del gestor.

ISC0412159F7

**I.8.3. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo
(Indicando Calle, Número)**

Blvd. Paseo de los Chichahuales No. 109-4, Corral de Barrancos, Jesús María, Ags. CP 20900

Tel. 449 9736963 o 449 9933413.

Correo electrónico: juan.solorio@insecami.com.mx ó

conserva.serviciosambientales@gmail.com

I.8.4. Nombre del Responsable Técnico del Estudio.

Biol. Juan Ignacio Solorio Tlaseca, Director de Proyectos.

██████████ **Clave Única de Registro de Población del responsable tecnico, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.**
Cédula Profesional: 2560702

M. en I. Juan Jaime Sánchez Nieves, Técnico Especialista en Impacto y Riesgo Ambiental.

██████████ **Clave Única de Registro de Población del responsable tecnico, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.**
Cédula Profesional: 2321467

En el apartado de Anexos del Manifiesto de Impacto Ambiental se incluye la documentación probatoria de la capacidad técnica de los responsables del estudio.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

II.1. Descripción del Proceso, Bases de Diseño.

El presente proyecto tiene como objeto brindar el servicio de venta de combustible alternativo (Gas Natural Vehicular) en la Zona Metropolitana y Ciudad de Guadalajara, ayudando con esto a la disminución de emisiones contaminantes al ambiente resultado de la combustión del combustible convencional que es la gasolina, lo cual beneficia en mucho a la calidad del aire en la ciudad al ser el gas natural el combustible de origen fósil más amigable con el medio ambiente.

II.1.1. Naturaleza del proyecto.

El proyecto consiste en la construcción y operación de una Estación de Servicio de Tipo de Llenado Rápido a base de gas natural la cuál será desarrollada conforme a lo estipulado en la NOM-010-SECRE-2002 referente a Gas Natural Comprimido Para Uso Automotor-Requisitos Mínimos de Seguridad para Estaciones de Servicio.

El proyecto en mención pretende ser desplantado en un predio que cuenta con una superficie total de 7,770.17 m² mismo que será desarrollado en 2 fases, la primera fase ocupando 4,340.59 m² consistente en el despalme y construcción e instalación de 6 surtidores estándar, 2 compresores y una cascada de 48 cilindros verticales, 2 locales comerciales y 13 cajones estacionamiento y 1 cajón para capacidades diferentes y la segunda contemplando un total de 3,359.58 m² la cual abarca la instalación y funcionamiento de 6 surtidores de alto flujo, 2 compresores y 11 cajones de estacionamiento; la estación de servicio (EDS) motivo del presente.

Contará con área para oficinas, para equipos y compresores, así como un área para el Canopy e islas de llenado independientes para surtidores de alto flujo. El área sobrante es para la circulación de vehículos y para áreas verdes. En las oficinas se encontrarán diversas áreas, en planta baja se contará con un cuarto destinado para el conteo, vestidores, site y aseo. En la planta alta se tendrá un baño para el uso de empleados, un área común que serán estaciones de trabajo, un cuarto para cocineta y uno más para oficina de la dirección de la empresa. Por

otra parte, se contará con los baños públicos, tanto para hombres y para mujeres, y un espacio destinado para un local comercial. En cuanto a las dimensiones, el proyecto comprende 158.74 m² de construcción en oficinas.

El proyecto se desarrollará en una zona ya totalmente urbanizada y los únicos recursos naturales del área que el proyecto demandara en su etapa de construcción son agua y materiales pétreos, ambos en cantidades poco significativas. Por otra parte, durante su operación el único recurso natural que se aprovechara de la zona es el agua subterránea la cual será suministrada a través de la red municipal de agua potable y el volumen de consumo es muy bajo, por lo que no implicara extracciones extras del acuífero.

La Estación de Servicio tendrá a su cargo la venta y llenado de combustible (gas natural) comprimido a vehículos automotores de transporte público colectivo, taxis y público en general, suministrando el combustible directamente a los tanques de los mismos considerando como tal en el sitio del proyecto su almacenamiento temporal (en el equipo que se conoce como cascada pulmón); la Estación de Servicio estará conectada a la red de suministro de gas natural existente en la zona del proyecto.

El diseño, especificaciones de construcción y operación se encuentran bajo lo estipulado en la NOM-010-SECRE-2002 referente a Gas Natural Comprimido para Uso Automotor-Requisitos mínimos de Seguridad para Estaciones de Servicio. En dicha norma se determina una clasificación de los tipos de Estación de acuerdo a las características y elementos de las mismas. Para el caso del presente estudio la Estación de Servicio corresponde al Tipo de Llenado Rápido, las cuales están constituidas por los componentes básicos siguientes: Estación de regulación y medición; Sistema de compresión; Almacenamiento (cascada pulmón); Surtidor o poste; Sistema de paro de emergencia; Filtro a la entrada y salida del compresor; Sistema de seguridad contra incendio, y Componentes de seguridad de alarma. Los Elementos optativos son: Panel prioritario; Panel secuencial; Secador de gas; Sistema de compensación de carga y odorizador.

El predio del proyecto se localiza en la Avenida Lázaro Cárdenas número 2237, Colonia Las Torres, Código Postal 44920, en el Municipio de Guadalajara del Estado de Jalisco.

La selección del sitio se llevó a cabo considerando el importante flujo vehicular de la avenida en la que se ubica, las actividades circundantes y la demanda de este tipo de servicio, ya que este establecimiento de abastecimiento de combustibles proporcionará servicios fundamentales para las actividades económicas y sociales de esa zona de la Zona Metropolitana y Ciudad de Guadalajara y favorecerá el buen funcionamiento, seguridad y adecuado mantenimiento para conservar y mejorar el entorno urbano del centro de población.

Así mismo se consideró la factibilidad por parte del proveedor para llevar hasta el predio del proyecto el suministro de gas natural.

Adicionalmente, se consideró que el sitio del proyecto no cuenta con vegetación importante dentro de su superficie toda vez que alberga diversas construcciones en pie utilizadas con anterioridad como establecimiento de venta de materiales ferrosos, siendo en la actualidad un predio con características en las que aún prevalece la factibilidad para su construcción y ocupación sin afectar significativamente elementos bióticos y abióticos que pudiera albergar.



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

Figura 1. Imagen Aérea que muestra la ubicación del predio del proyecto de la Estación de Gas Natural Ocotlán

El Datum de Zona de ubicación son los siguientes:

Datum y Zona: WGS 1984 UTM Zona 14Q.

Las coordenadas correspondientes para el polígono de la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán en Guadalajara son:

Tabla 1. Coordenadas UTM del Polígono del Predio del Proyecto.

Punto	X	Y
1	669,111.45	2,284,831.70
2	669,173.02	2,284,796.13
3	669,166.57	2,284,784.33
4	669,197.52	2,284,697.31
5	669,172.60	2,284,697.47
6	669,173.90	2,284,657.63
7	669,126.24	2,284,657.12
8	669,111.45	2,284,831.70

Fuente: Elaboración propia.

El polígono correspondiente para el establecimiento de la EDS de Gas Natural Ocotlán el cual en el lado Norte tiene una longitud de 70.564 metros, el lado Oriente 139.681 metros, lado Sur 47.804 metros y por último el lado Poniente 173.91 metros abarcando, como ya se indicó con anterioridad una superficie total de 7,770.17 m², el cuál presenta las siguientes colindancias:

- Al Norte con la Av. Lázaro Cárdenas y diversos comercios y servicios asentados sobre la citada avenida.
- Al Oriente con establecimientos comerciales y de servicios (servicio de mensajería, hotel y venta de refacciones automotrices)
- Al Sur con la Calle Piñón donde se localizan casas habitación el Fraccionamiento Las Torres.
- Al Poniente con establecimientos comerciales (venta de acero y bodegas).

En las siguientes figuras se muestran las colindancias indicadas con anterioridad.



Figura 2. Colindancia Norte: Av. Lázaro Cárdenas.



Figura 3. Colindancia Oriente: Locales Industriales, (Aceros Ocotlán).

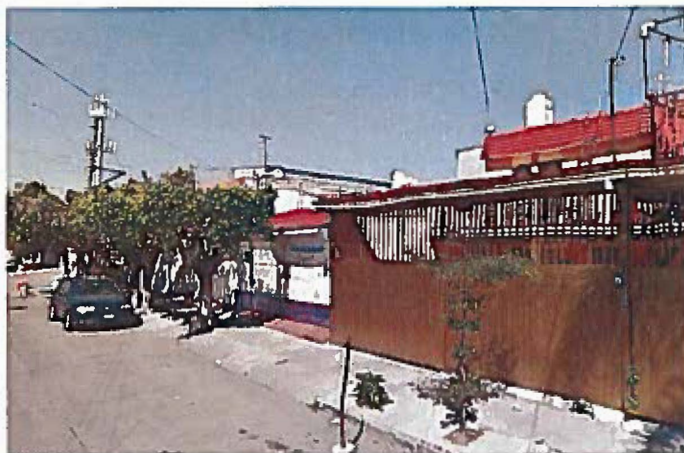


Figura 4. Colindancia Sur: Calle Piñón, Zona Habitacional (Viviendas).



Figura 5. Colindancia Poniente: Edificio Comercial y Bodega.



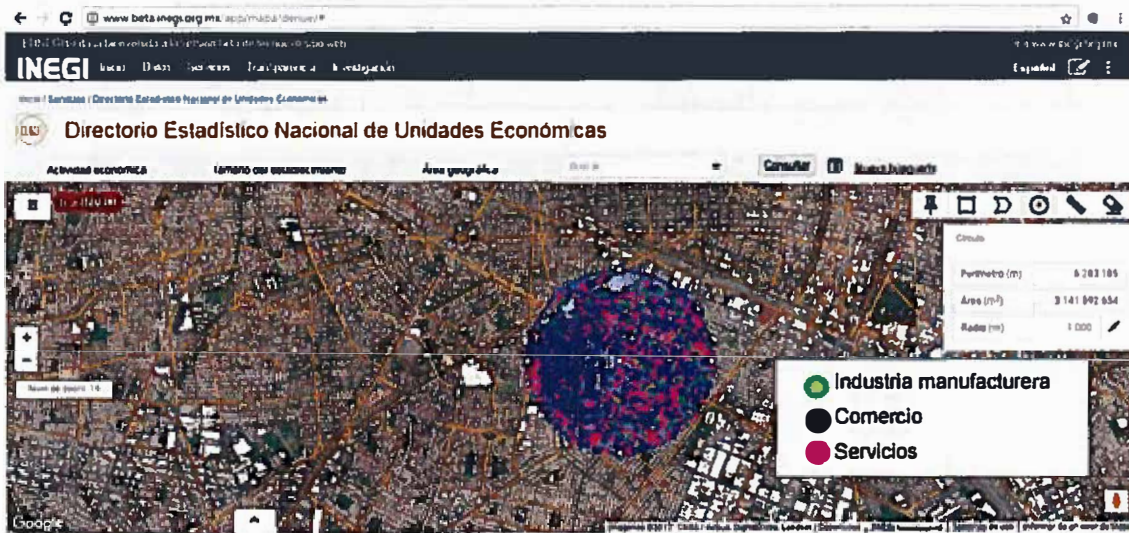


Figura 6. Vistas del Interior del Predio.



Figura 7. Vista del Frente del Predio (desde Calzada Lázaro Cárdenas).

A partir del centro del predio en estudio, se delimitó un radio de influencia de 1,000 metros para realizar un análisis de los usos de suelo, obteniéndose como resultado que la mayoría de los predios localizados en el área de influencia tienen uso de suelo del tipo comercial, de servicios, habitacional e industrial manufacturero como puede apreciarse en la siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia a partir del DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), INEGI 2013.

Figura 8. Usos de suelo en el área de influencia del proyecto de la Estación de Gas Natural.

Con base en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, en la zona de influencia determinada de 1,000 metros, se tienen registrados un total de 4,052 establecimientos (unidades económicas) las cuales fabrican o brindan diferentes bienes de consumo para la ciudad de Guadalajara, su zona metropolitana e incluso son ofertados y comercializados en otras zonas e incluso estados de la República Mexicana. En la siguiente tabla se presenta el desglose de los mismos.

Tabla 2. Distribución de Actividades y Porcentajes dentro del Área de Influencia del proyecto.

Actividad	Unidades	Porcentaje
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.	1	0.02
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	2	0.05
Construcción	14	0.35
Industrias manufactureras	255	6.29
Comercio al por mayor	1244	30.70
Comercio al por menor	1401	34.58
Transportes, correos y almacenamiento	47	1.16
Información en medios masivos	4	0.10
Servicios financieros y de seguros	41	1.01
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e	29	0.72

Tabla 2. Distribución de Actividades y Porcentajes dentro del Área de Influencia del proyecto.

Actividad	Unidades	Porcentaje
intangibles		
Servicios profesionales, científicos y técnicos	50	1.23
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	50	1.23
Servicios educativos	44	1.09
Servicios de salud y de asistencia social	84	2.07
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	24	0.59
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	321	7.92
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	427	10.54
Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	14	0.35
TOTAL	4,052	100.00

Fuente: Elaboración propia a partir del DENU (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), INEGI 2013.

El predio en estudio, se localiza en la parte suroeste de la Zona Metropolitana de Guadalajara, precisamente sobre la Calzada Lázaro Cárdena de la Colonia Las Torres ; la zona se caracteriza por una fuerte consolidación urbana en la cual prevalecen principalmente usos de suelo comerciales, de servicios, habitacionales e industriales siendo los primeros que ocupan en la zona de influencia la mayor proporción mientras que los industriales prevalecen en menor medida en dicha zona de influencia.

De acuerdo al análisis obtenido la zona de estudio se compone por un alto número de lotes la mayor parte de ellos ya ocupados, a lo cual el presente proyecto de Estación de Servicio de gas natural comprimido vendrá a consolidar y a potencializar la zona como un área comercial y de servicios para la Ciudad de Guadalajara.

La zona urbana del área de estudio se compone de diversos fraccionamientos entre los que se incluye fraccionamientos como Jardines de la Cruz 1ª, 2ª y 3ª sección, Villas del Jardín, Colón Industrial, Colón, Colonia Sur, Ampliación del Sur, Las Torres, Abastos Del Fresno y Fresno Oriente, los cuales en el ámbito urbano se encuentran consolidados con la dotación de los

servicios de energía eléctrica, alumbrado, pavimentación, agua potable y drenaje sanitario que son brindados como parque del equipamiento existente.

Es importante mencionar que alrededor del predio se tiene presencia de locales comerciales y de servicios enfocados a cubrir principalmente de la ciudad de Guadalajara que incluyen servicios de mensajería, talleres del sector mecánico automotriz, de hospedaje, de venta de diversos productos de servicios principalmente del sector automotriz, gubernamentales entre otros como se puede apreciar en las Figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

El uso de suelo presente alrededor de la zona de estudio es área urbana consolidada prioritariamente de uso mixto (comercial, de servicios, habitacional e industrial), por lo que no existen cuerpos de agua cercanos o que se encuentren en el predio y tampoco hay presencia de masa vegetativa con densidades significativas como puede apreciarse en las figuras mencionadas en el párrafo anterior.

El área de estudio cuenta con los servicios básicos para la conformación de desarrollos y/o proyectos, ya que se goza con red de agua potable, red de alcantarillado y energía eléctrica, disponibilidad de gas natural, vialidades y otros servicios tal y como puede apreciarse en la siguiente figura.

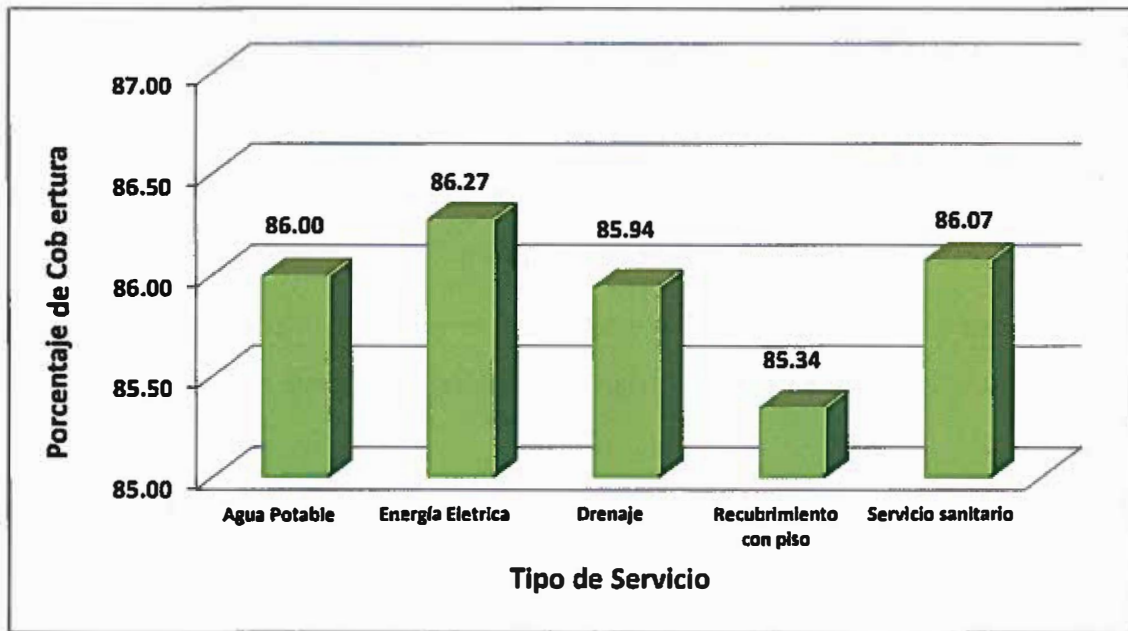


Fuente: Plan Parcial de Desarrollo Urbano del Subdistrito 3 "Abastos" del Distrito Urbano Zona 1 "Cruz del Sur" del Municipio de Guadalajara

Figura 9. Infraestructura Urbana en el Área de Estudio de la Estación de Servicio.

Es de resaltar que bajo la superficie del predio en estudio, se ubica una línea de drenaje sanitario a una profundidad no determinada con una de 1 metro de diámetro y un gasto estimado de 6 m³/seg.

De acuerdo al Inventario Nacional de Viviendas 2016 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), las viviendas particulares habitadas en la zona de influencia determinada que en un radio de 1,000 metros y que abarcan un total de 9,048, cuentan con una cobertura de agua potable del 86 %, el drenaje se encuentra cubierto en el 85.94 % del total de las viviendas y en materia de energía eléctrica el 86.27% de la zona de influencia cuenta con este servicio.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2010.

Figura 10. Porcentaje de Cobertura de Infraestructura Urbana (Agua Potable, Energía Eléctrica, Drenaje, Servicio Sanitario y Recubrimiento con Piso) en área de influencia de la Estación de Gas Natural Ocotlán

Debido a la ubicación del predio corresponde a la zona urbana de la ciudad de Guadalajara es de gran importancia destacar que cuenta con todos los servicios públicos brindados por el

Ayuntamiento, como lo son el agua potable, drenaje sanitario, alumbrado público, servicio de limpia y seguridad como se describe a continuación.

- a) **Alumbrado público:** Se cuenta con el servicio de energía eléctrica prácticamente en todo este sector, incluyendo el alumbrado público, donde las luminarias se constituyen de vapor de sodio y en algunos desarrollos ya se cuenta con alumbrado público de LED.
- b) **Servicio de limpia:** En cuanto a la recolección de residuos, el Ayuntamiento de Guadalajara ha concesionado los servicios correspondientes a la recolección, transporte, transferencia y disposición final de los residuos sólidos urbano a la empresa Caabsa Eagle, S.A. de C.V., incluyendo en la concesión otorgada la operación de los servicios existentes y suministros, las obras de rehabilitación mayores así como la operación y trabajos de mantenimiento asociados al servicio de limpia del municipio. Al respecto los servicios de manejo de residuos de competencia municipal se encuentran concesionados desde el año de 1994 a la citada empresa con la cuál con las cuales el municipio cuenta con una cobertura de recolección estimada del 58 % considerando casas habitación, áreas comerciales, mercados y tianguis, industria, y servicios.
- c) **Telefonía y comunicaciones:** La red telefónica se encuentra extendida en toda la zona de influencia del proyecto de la Estación de Servicio tanto con cobertura fija como de tipo móvil.

El equipamiento urbano está constituido por construcciones de orden público y privado, dentro de las cuales destaca el subsistema de índole educativo, así como otros elementos correspondientes a los subsistemas de salud, religión, recreación y deporte. En la siguiente figura se pueden apreciar los elementos con los que cuenta el área de influencia:



Fuente: Elaboración propia a partir INEGI.

Figura 11. Equipamiento Urbano en área de Influencia de la Estación de Servicio.

La zona en estudio cuenta con equipamiento y servicios básicos a los cuales parte de la población de la zona Metropolitana de Guadalajara acude a satisfacer distintas necesidades del ámbito escolar, comercial, recreativo, de salud y religioso.

En la siguiente tabla se enlista el total de elemento de equipamiento con el que cuenta zona en un radio de 1,000 metros:

Tabla 3. Lista de Elementos de Equipamiento Urbano de la Zona de Influencia para la Estación de Servicio de Gas Natural.

Subsistema	Elemento	Cantidad
Escolar	Escuelas	65
Comercial	Mercado	12
Recreativo	Instalación deportiva	2
Recreativo	Plaza	16
Religioso	Templo	12
Salud	Centro de Asistencia Médica	4

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI

La anterior tabla resumen contempla solo aquellos elementos que se encuentran a una distancia de 1,000 metros del predio en estudio, donde podemos resumir la existencia de equipamiento educativo, religioso, de salud y recreativo que brindan diversos servicios a las zonas habitacionales que conforman la zona del proyecto.

Otros elementos importantes en materia de riesgo inmersos en la zona de influencia en estudio de la Estación de Servicio son establecimientos que realizan una actividad similar a la propuesta para el presente proyecto, en este caso la venta al menudeo de combustible. Es de resaltar que en las cercanías al sitio del proyecto se identificaron 4 gasolineras, 2 de ellas localizadas en dirección oriente a aproximadamente 220 metros y 400 metros respectivamente, las cuales corresponden a las Estaciones de Servicio franquiciantes de Petróleos Mexicanos No. 9151 y 4890 que se ubican sobre la calzada Lázaro Cárdenas; otro establecimiento identificado se ubica en dirección noroeste a aproximadamente 540 metros sobre la citada calzada y corresponde a la gasolinera No. 6880 y finalmente la estación de servicio No. 3195 ubicada sobre la calle Mandarin esquina con Nuez, a una distancia aproximada de 750 metros en dirección suroeste.

En la siguiente figura pueden observarse los establecimientos en mención:

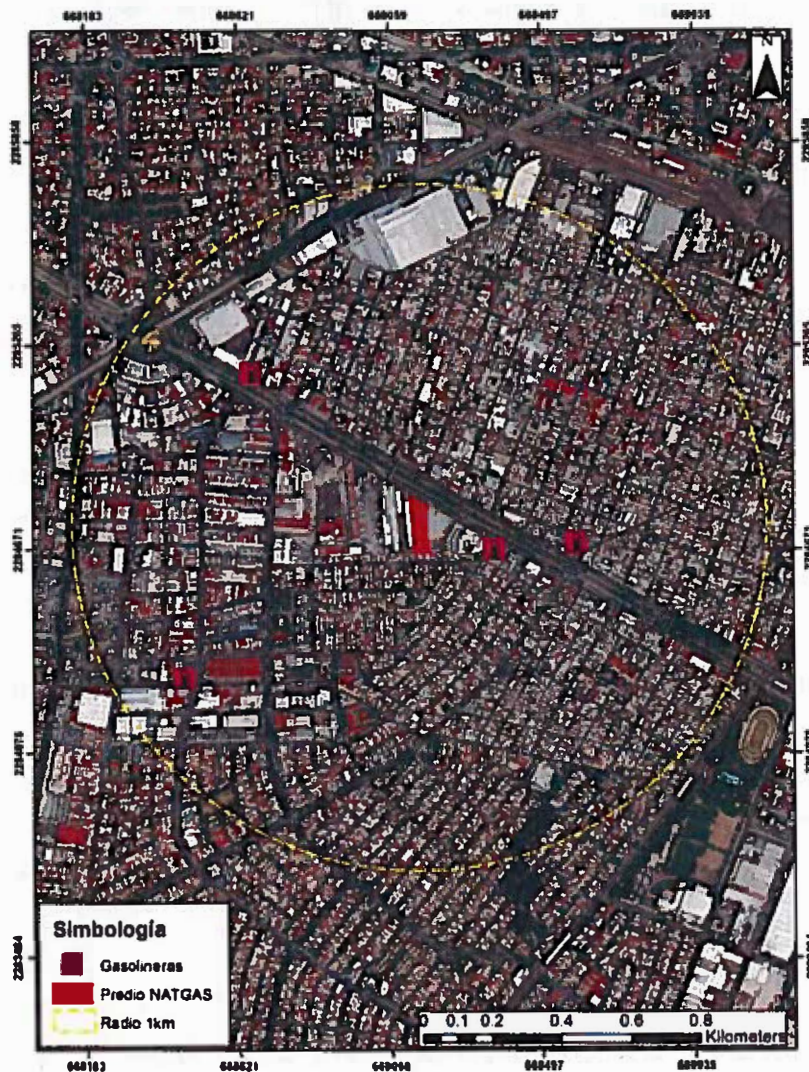


Figura 12. Cercanía a Gasolineras en el Área de Influencia del Proyecto.

El polígono en estudio se basa en la conectividad que posee la Avenida o Calzada Lázaro Cárdenas, misma que tiene definida una jerarquía de Vialidad Regional bidireccional oriente-poniente la cual colinda en forma inmediata con el citado predio en su parte sur. La Calzada Lázaro Cárdenas, comunica al oriente con Tlaquepaque y Tonalá y al poniente con Zapopan. Del mismo modo se relaciona con entronques carreteros que le llevan hacia otras entidades estatales, los cuales son: Carretera a Chápala, carretera de cuota hacia la zona central del País,

y carretera libre a Zapotlanejo, al poniente Anillo Periférico y zona Costera del Estado, al Norte zona centro, al sur el municipio de Tlaquepaque. . La sección de dicha Avenida es de 70 metros aproximadamente, la cual alberga 2 sentidos de circulación con 10 carriles seccionados en 2 vialidades principales y 2 laterales ; dicha vialidad cuenta con un camellón central y 2 laterales. Esta calzada representa un elemento de conexión importante ya que intersecta con otra vialidad regional, la Avenida Mariano Otero que corre en dirección norte sur la cual cuenta con una sección aproximada de 32 metros en 2 sentidos de circulación de norte a sur y viceversa con una capacidad de 8 carriles contando con una división central y 2 camellones laterales.

Las ligas más importantes para el despliegue y movilidad de la zona son como ya se había mencionado la Calzada Lázaro Cárdenas Y la Avenida Mariano Otero Cabe señalar que estas avenidas son algunas de las ligas importantes para la Ciudad de Guadalajara, ya que estas conectan hacia los 4 puntos cardinales teniendo una función importante en la movilidad urbana además de alojar en todo su trayecto usos de suelo que van de habitacional, comercial, servicios, equipamiento e industrial.

Como Vialidades Regionales se entiende a aquellas vías principales para el movimiento de grandes volúmenes de tránsito, entre las áreas que forman parte del sistema de red vial en un centro de población

Dichas vialidades pueden observarse en la figura inmediata anterior, las cuales conforman la red local que facilita la comunicación en el área urbana que conforma el entorno del sitio del proyecto caracterizada por diversas avenidas, boulevares, calles y privadas.

II.1.2. Susceptibilidad de la Zona a Fenómenos Naturales y Efectos Meteorológicos.

Clima

El municipio de Guadalajara se caracteriza por presentar 2 diferentes climas, debido a que dentro de los límites del área municipal se presentan en diversas porciones territoriales diferentes unidades climáticas.

Según los datos de la Estación Meteorológica Guadalajara (20° 41" N – 103° 20" W con 1,578 msnm) reportada en el Plan de Asistencia Técnica del Plan Lerma Boletín N° 1, el clima del lugar donde se encuentra el proyecto es del tipo caliente subhúmedo, pues la temperatura media mensual del mes más frío es mayor de 14° C, la precipitación del mes más lluvioso es 71.68 veces más grande que la del mes más seco. El sitio también se caracteriza por presentar un ambiente atmosférico ligeramente extremo debido a que la oscilación media mensual es de 8.7° C, pues los climas extremos tienen una oscilación que varía de -5.5° C a 10° C.

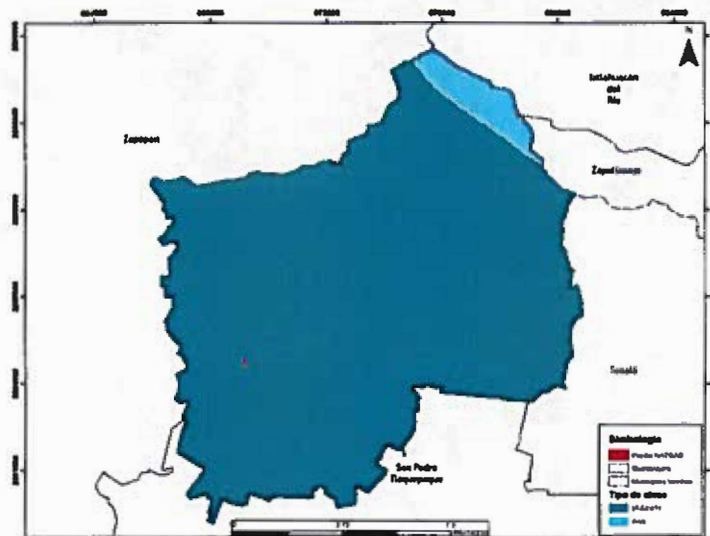
Dichas unidades se presentan en la siguiente tabla con el tipo de clima predominante en cada una de ellas.

Tabla 4. Tipo de Clima en el municipio de Guadalajara.

Unidad Climática	Tipo de Clima
(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor a 22°C.
Awo	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.

Fuente: CONABIO (2008).

La zona de estudio está ubicada dentro de la unidad climática (A)C(w1) por lo que presenta un clima considerado dentro de las características como semicalido subhúmedo.

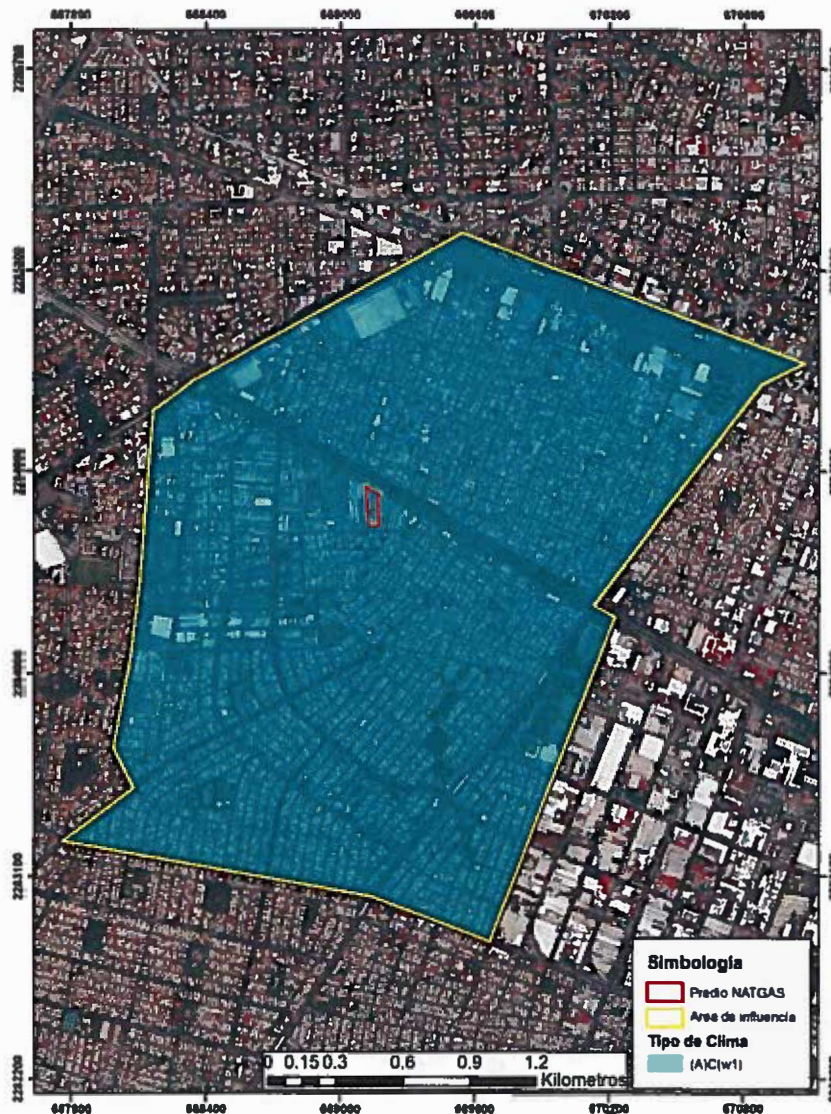


Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2008).

Figura 13. Climas en el municipio de Guadalajara.

Este tipo de clima se caracteriza por presentar verano cálido y valores de temperatura media anual entre los 18 y 22 °C. La temperatura media del mes más frío del año oscila entre los -3 y 18 °C y la temperatura media del mes más cálido es mayor de 22°C.

En la siguiente imagen, podemos ver de manera puntual que dicho clima predomina en el área del sistema ambiental, en la cual se incluye la ubicación precisa en la que se establecerá el proyecto.



Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2008).

Figura 14. Clima en el Área del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito Zona Urbana 7)

- **Temperatura promedio.**

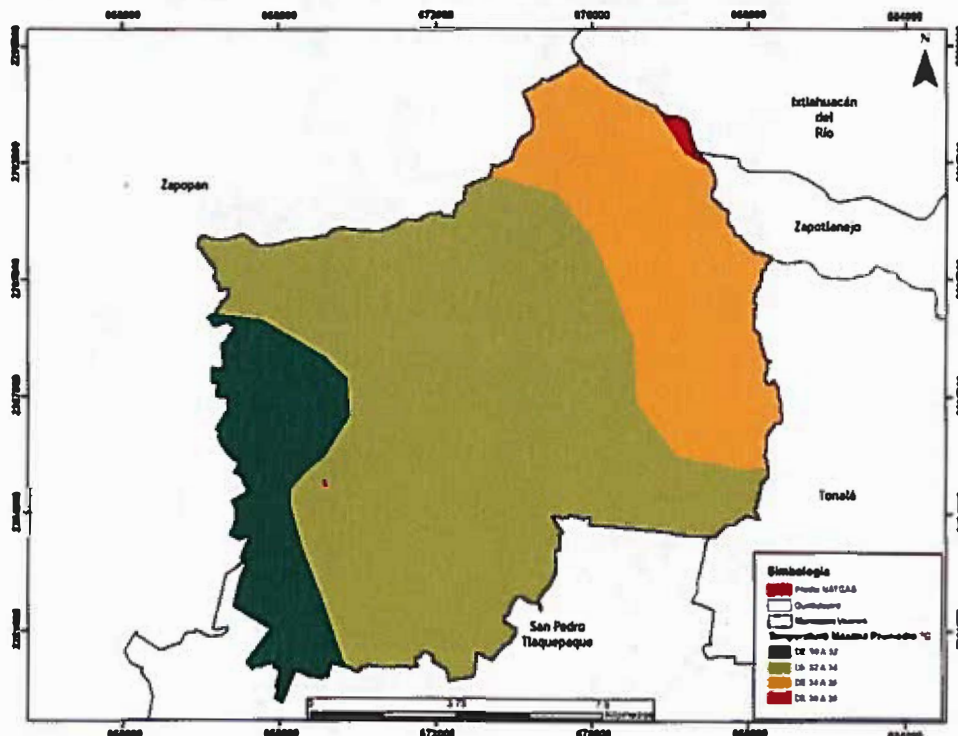
Con base en el clima determinado anteriormente, el cual es factor influyente sobre la temperatura prevaleciente del lugar o territorio de influencia (sistema ambiental), a partir de ello se determinaron los rangos de valores de la escala de temperatura.

Enseguida se abordarán algunas de las variantes en cuanto a los valores de temperatura que se han llegado a registrar según las condiciones climáticas del sitio, expresadas en temperaturas máximas o mínimas según sea el caso.

En el Subdistrito Urbano 3 "Abastos", zona de localización urbana del sitio del proyecto en estudio la temperatura promedio anual es de 20.9°C.

- **Temperaturas Máximas.**

En la siguiente imagen se establecen los distintos rangos de temperatura máxima registrados dentro de los límites del municipio de Guadalajara.



Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2008).

Figura 15. Temperaturas Máximas en el municipio de Guadalajara.

Como se puede observar gracias a la imagen anterior, podemos observar de manera puntual que los valores determinados de temperaturas máximas en el municipio va de los 30°C a los 38°C aproximadamente, teniendo mayor valor en la una pequeña área de la zona norte del polígono municipal.

Ahora bien, de acuerdo con la ubicación del predio del proyecto y el área del sistema ambiental determinada se puede visualizar que en dicho territorio se cuenta con temperaturas máximas que van de los 32° a los 34°C. Esto se observa más puntualmente en la siguiente figura.

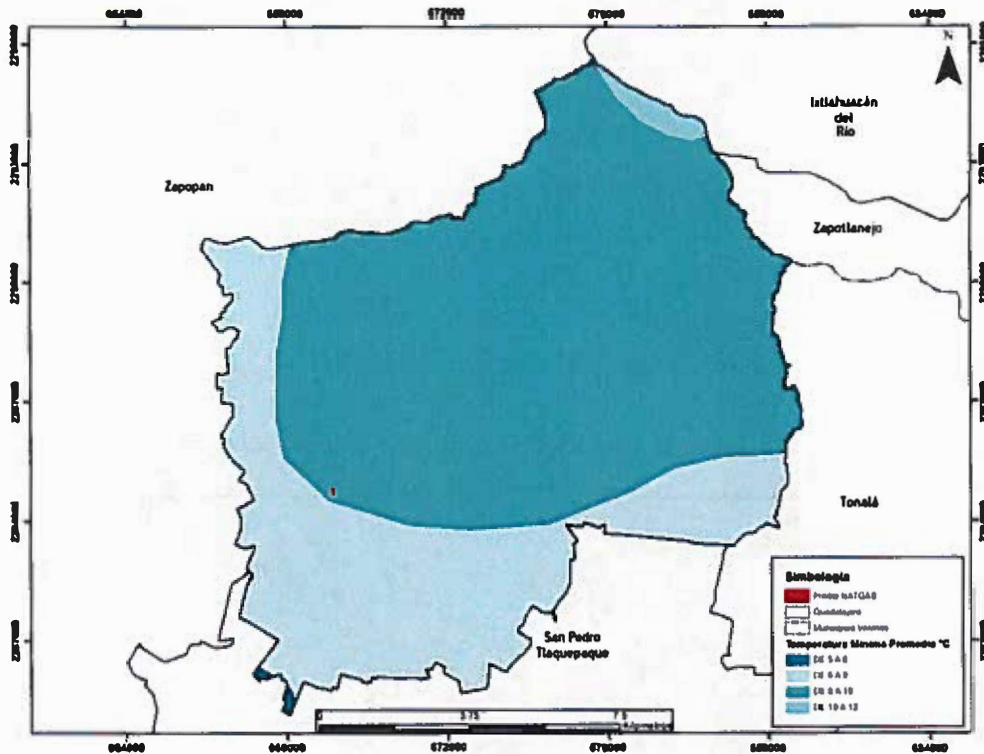


Fuente: Elaboración propia a partir CONABIO (2008).

Figura 16. Temperaturas máximas promedio anual en la zona del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito de zona urbana 7).

- **Temperaturas Mínimas.**

Al igual que en el caso de las temperaturas máximas promedio anuales, se tienen datos de las temperaturas registradas en el municipio de Guadalajara pero ahora para aquellas consideradas como mínimas.



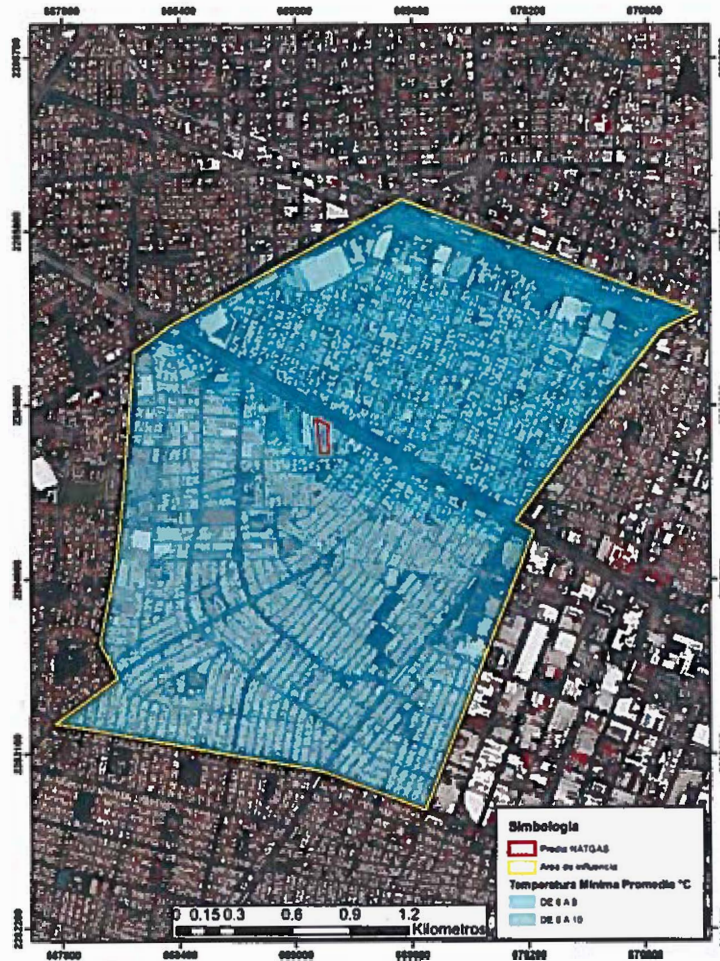
Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2008)

Figura 17. Temperaturas Mínimas en el municipio de Guadalajara.

Para las temperaturas mínimas en el municipio de Guadalajara, podemos decir de manera que los valores van de los 5°C a los 12°C. De éstos el área que presenta la temperatura máxima menor (5°C) se encuentra al sur del polígono justo en el límite municipal.

En el caso del área del sistema ambiental (área donde se ubicará el proyecto) podemos decir que dicha temperatura ronda valores que van de los 6°C a los 10°C aproximadamente, esto se corrobora con la imagen siguiente en la que además se observa que la temperatura anual

mínima promedio presente en los alrededores del predio del proyecto marca un rango que va de los 8°C a los 10°C como mínima mayor aproximadamente.



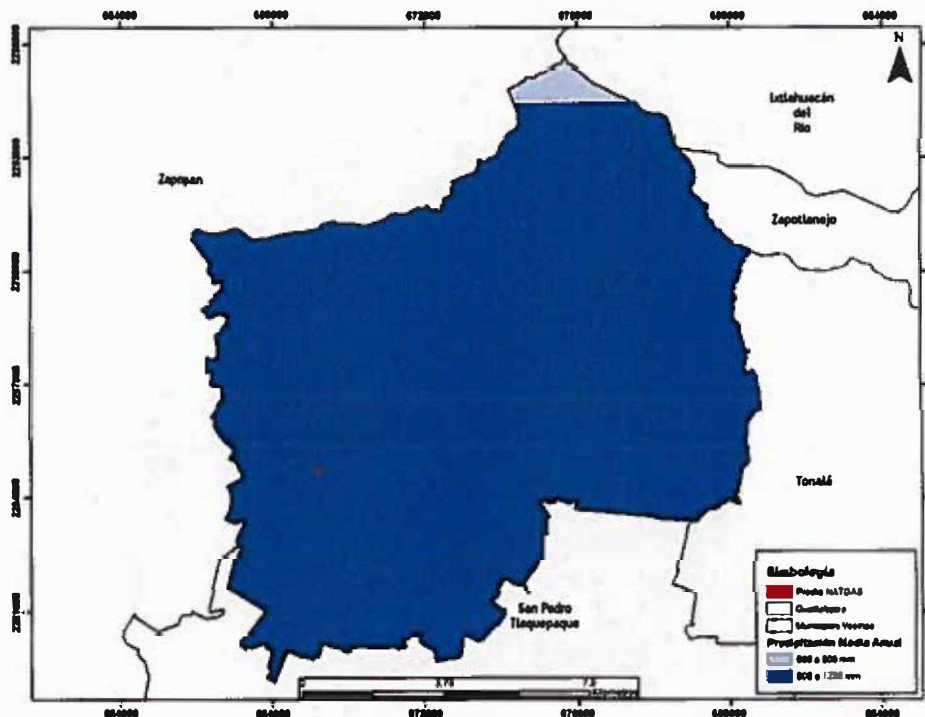
Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2008).

Figura 18. Temperaturas mínimas promedio anual en la zona del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito de zona urbana 7).

- **Precipitación Promedio.**

La precipitación media anual de la región es de 866.9 mm, sin embargo, en 1897 se registraron 568.0 mm, en tanto que en 1958 se midieron 1297.1 mm; el período húmedo (lapso en el cual la precipitación es mayor que la evapotranspiración) es más o menos de 154 días y se extiende desde finales de la tercera semana de mayo, hasta mediados de la tercera semana de octubre. En esta época caen aproximadamente 813.6 mm, que equivalen a 93.85% del total anual. Si se

toman en cuenta las estaciones, en el verano caen 572.6 mm (66.05 %), en otoño 73.6 mm (8.49 %) y en las otras estaciones 220.7 mm (25.46 %). Es importante decir que la precipitación mayor dentro de este rango se presenta casi en la totalidad del territorio municipal. Esto se puede observar en la figura siguiente así como en la tabla correspondiente a los promedios mínimos y máximos mensuales de acuerdo al Plan Lerma de Asistencia Técnica



Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2008).

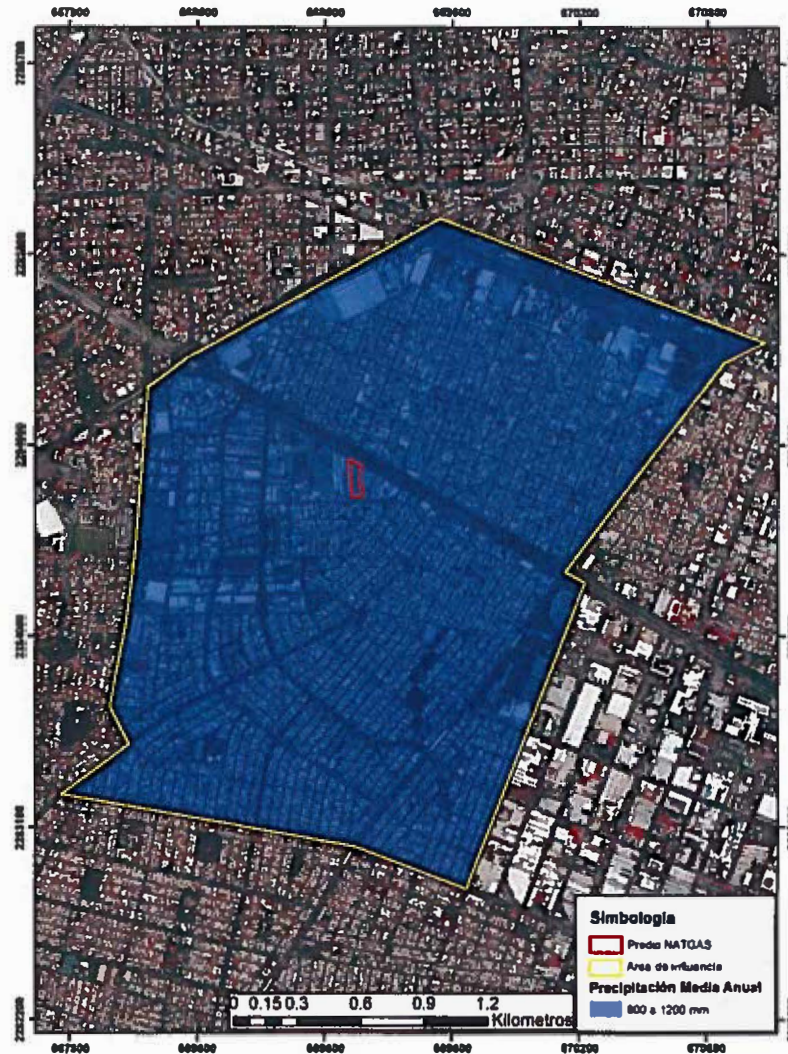
Figura 19. Precipitación Media Anual en el municipio de Guadalajara.

Tabla 5. Precipitaciones Promedio Mínima y Máxima mensuales de acuerdo al Plan Lerma de Asistencia Técnica.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
P	14.3	3.2	4.7	4.7	25.5	168.3	229.4	194.2	149.0	47.2	15.7	10.7	866.9
MI	0.0	0.0	0.0	0.0	Inap.	35.8	86.4	22.0	44.9	1.1	0.0	0.0	568.0
Ma	98.7	28.5	71.0	63.4	240.6	454.9	409.5	384.0	328.3	186.0	195.4	163.3	1297.1

Podemos ver de manera específica que tanto en los alrededores del predio como en el área del sistema ambiental la precipitación promedio anual va de un rango que oscila entre los 568 a los 1,291.1 mm. Sin embargo se realizó el procesamiento de la imagen para obtener un

acercamiento a nivel del área del sistema ambiental (por consiguiente del predio) y de dicho procesamiento se obtuvo la siguiente imagen.



Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2008).

Figura 20. Precipitación Media anual en la zona del Sistema Ambiental (Subdistritos 1 y 3 del Distrito de zona urbana 7).

- **Intemperismos Severos.**
 - **Heladas.**

Las heladas son fenómenos característicos de regiones donde las oscilaciones de temperatura son extremas, especialmente en las zonas áridas y semiáridas; la humedad atmosférica a nivel

superficial es importante, ya que su presencia determina el tipo de helada y su ocurrencia. Al presentarse una helada se genera una la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C. La cubierta de hielo, es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas.

En el municipio de Guadalajara, de acuerdo el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara coincidentemente con lo anterior, se considera la ocurrencia de heladas cuando la temperatura del aire, registrada en el abrigo meteorológico (es decir a 1,50 metros sobre el nivel del suelo), es de 0°C. Esta forma de definir el fenómeno fue acordada por los meteorólogos y climatólogos, si bien muchas veces, la temperatura de la superficie del suelo puede llegar a ser 3 a 4°C menor que la registrada en el abrigo meteorológico.

El registro de heladas en el municipio han sido 10 en promedio al año, pero se han presentado hasta 51 en el año de 1929, el siguiente cuadro muestra estos datos.

Tabla 6. Heladas días en la Estación Meteorológica Guadalajara.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
PROM	2.7	1.8	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0.1	1.9	2.8	10.0
MAX	13	17	13	3	0	0	0	0	0	4	11	12	73

Por las características de las instalaciones y del tipo de sustancia (gas natural), es importante determinar si se presenta peligro de heladas ya que estas pueden representar un riesgo de fractura de tuberías y por consiguiente de fuga de gas natural. De acuerdo a los indicadores del Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en la zona se tiene un índice bajo de días con heladas acuerdo a lo mostrado en la figura siguiente:



Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED (<http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Figura 21. Índice de días con heladas en la zona del proyecto de la EDS Héroes de Nacozari.

o **Granizadas.**

El peligro debido a este tipo de fenómeno meteorológico está condicionado a la presencia de fuertes corrientes ascendentes húmedas y la presencia de corrientes de vientos fuertes en altura. En los valles, este fenómeno es ocasional y su ocurrencia repentina y poco predecible. Contradictoriamente, aunque son menos frecuentes e intensas las granizadas, es en los valles donde hacen más daño, debido a que éstos son superficies con suelos de vocación agrícola en donde se practica la agricultura de temporal y de riego. Los principales daños causados a la agricultura por las granizadas se reflejan directamente en las pérdidas económicas. La magnitud de las pérdidas depende del tamaño del pedrisco, de la intensidad y de la duración. En ocasiones, el pedrisco puede llegar a tener una masa de 200 gramos, dañando incluso los techos de las casas habitación de lugares de nivel socioeconómico bajo.

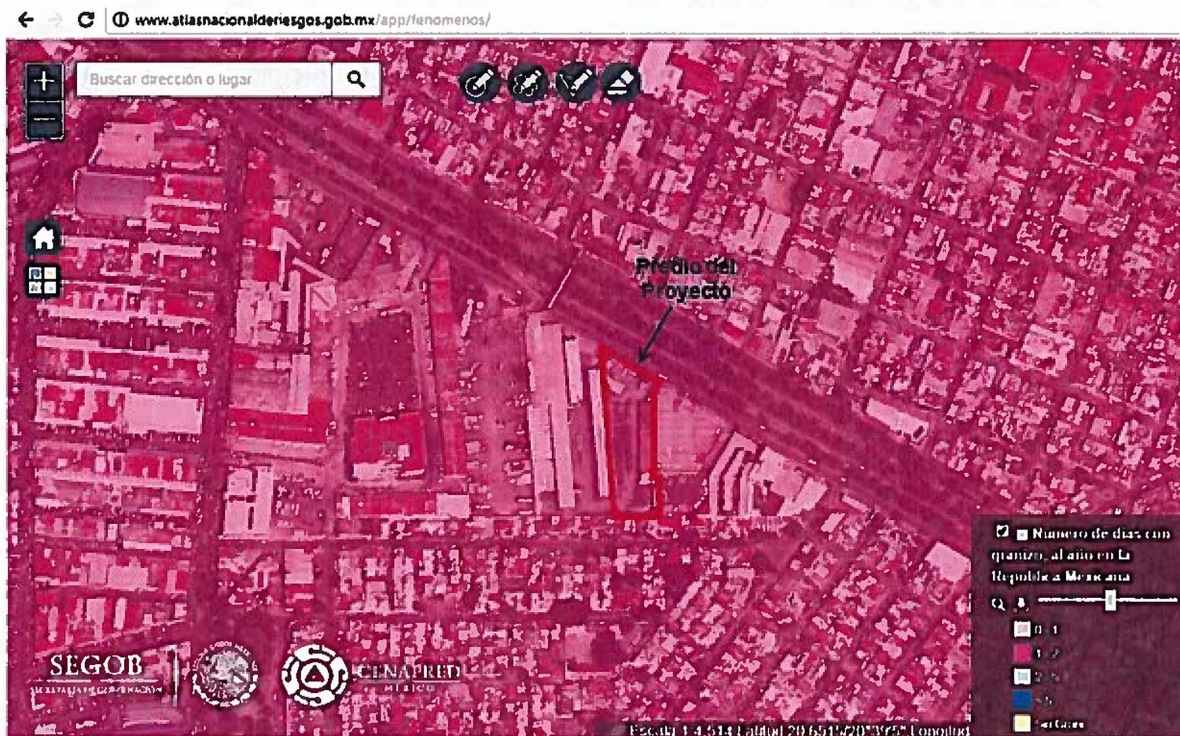
La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a

veces causan la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas.

Con base en datos del CENAPRED y en el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara, Como promedio se presentan 3.0 granizadas al año, pero en algunos de estos años se han registrado hasta 5 granizadas en los meses de julio y agosto como puede observarse en la siguiente tabla y figura:

Tabla 7. Días con granizo en la Estación Meteorológica Guadalajara.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
PROM	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	0.6	0.7	0.9	0.2	0.1	0.0	0.0	3.0
MAX	0	0	2	1	2	4	5	5	2	1	1	0	10
ANO			1934	1941	Vrs.	1962	1959	1922	1922	1946	1959		



Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Figura 22. Índice de días con granizo en la zona del proyecto de la EDS Natgas Ocotlan.

○ **Nevadas.**

Cabe señalar que durante una helada, no ocurre precipitación debido a que el vapor de agua contenido en el aire en lugar de ascender, se congela y se deposita en el piso. Mientras que, en la nevada sí existe precipitación. Ella ocurre cuando el vapor de agua contenido en el aire asciende hasta alcanzar zonas que tienen temperaturas similares a las de congelación donde forma conglomerados de cristales de hielo; como estas zonas están cercanas a la superficie, no tienen tiempo suficiente para fundirse antes de llegar al suelo. Como la humedad del aire disminuye con la temperatura, las nevadas más intensas se originan cuando la temperatura de las masas de aire cerca de la superficie del terreno es del orden de 0° C, sin embargo, se ha observado nevadas cuando la temperatura del aire es de 4° C. En una nevada los cristales de hielo caen en grupos ramificados, llamados copos de nieve. Cuando la temperatura es menor a -30° C, los cristales pueden flotar en el aire.

De acuerdo con información del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara, el peligro por nevadas en el Municipio es casi nulo, ya que se ha presentado solo una nevada en el siglo pasado que afecto el norte y centro del estado y se sucedió el 13 de diciembre de 1997, por lo que el peligro de ocurrencia se considera muy bajo.

Específicamente para la zona donde se localiza el proyecto se obtuvieron los valores de las diferentes variables climáticas, promediándolos a partir de los datos históricos de la estación 00014066 Guadalajara (DGE) a cargo de la Comisión Nacional del Agua y en el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara. En la siguiente tabla se presentan dichos valores.

Tabla 8. Valores de las variables climáticas para el municipio de Guadalajara

Periodo	Prec.	T. Máx.	T. Mín.	T. Med	VV	DV	HR
1981-2010	988.9	27.4	14.6	20.9	1.2	WNW	48

Fuente: Estación Meteorológica 00014066 Guadalajara (DGE)

Dónde:

Prec.: Precipitación total (mm)

T. Max.: Temperatura máxima (°C)

T. Min.: Temperatura mínima (°C)

T. Med.: Temperatura media (°C)

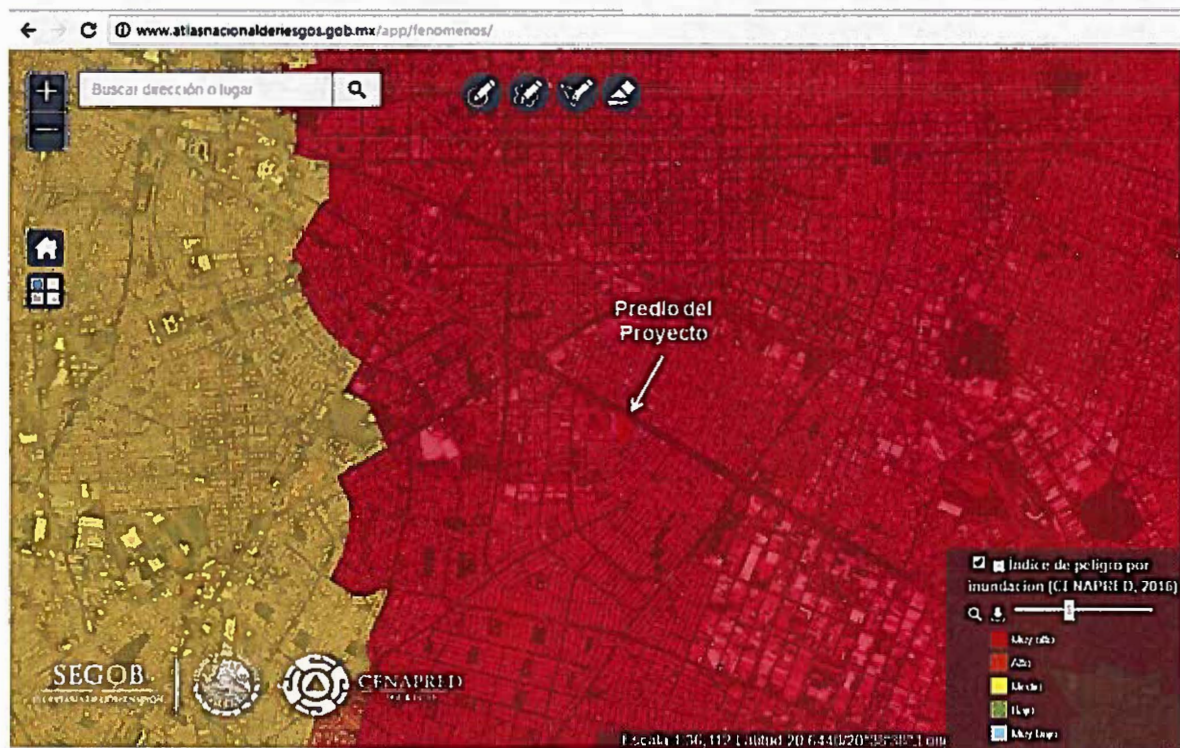
VV: Velocidad promedio del viento (m/se)

DV: Dirección promedio del viento.

HR: Humedad relativa (%)

Inundaciones

De acuerdo a la información de precipitación normal y a los indicadores del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, en la zona se tiene un índice de peligro **Muy Alto** de inundación, tal como se muestra en la siguiente figura.

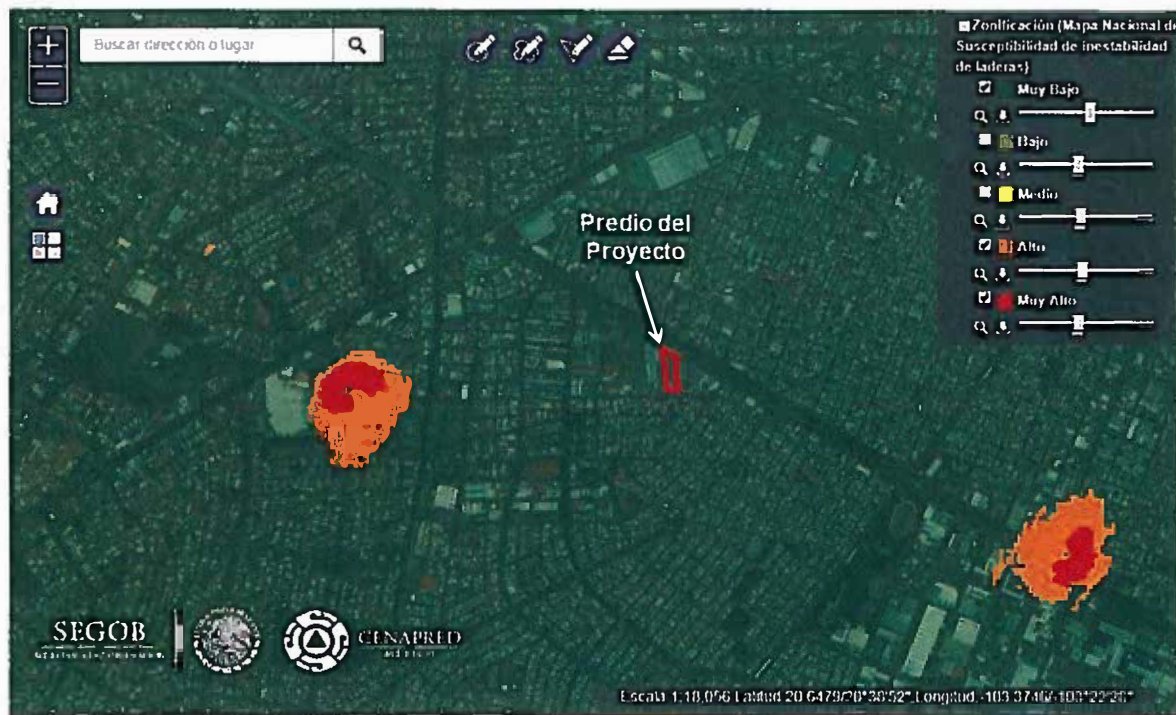


Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED (<http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Figura 23. Índice de peligro por inundaciones en la zona del proyecto de la EDS Natgas Ocotlán.

Susceptibilidad de Laderas

La susceptibilidad frente a los movimientos de ladera expresa la mayor o menor tendencia del terreno a la generación de movimientos. Es la condición general de estabilidad del terreno. En la zona donde se localizará el proyecto se tiene susceptibilidad muy baja (nula) de inestabilidad de laderas esto en razón a que se trata de una zona urbana con una topografía prácticamente plana tal como se aprecia en la siguiente figura:



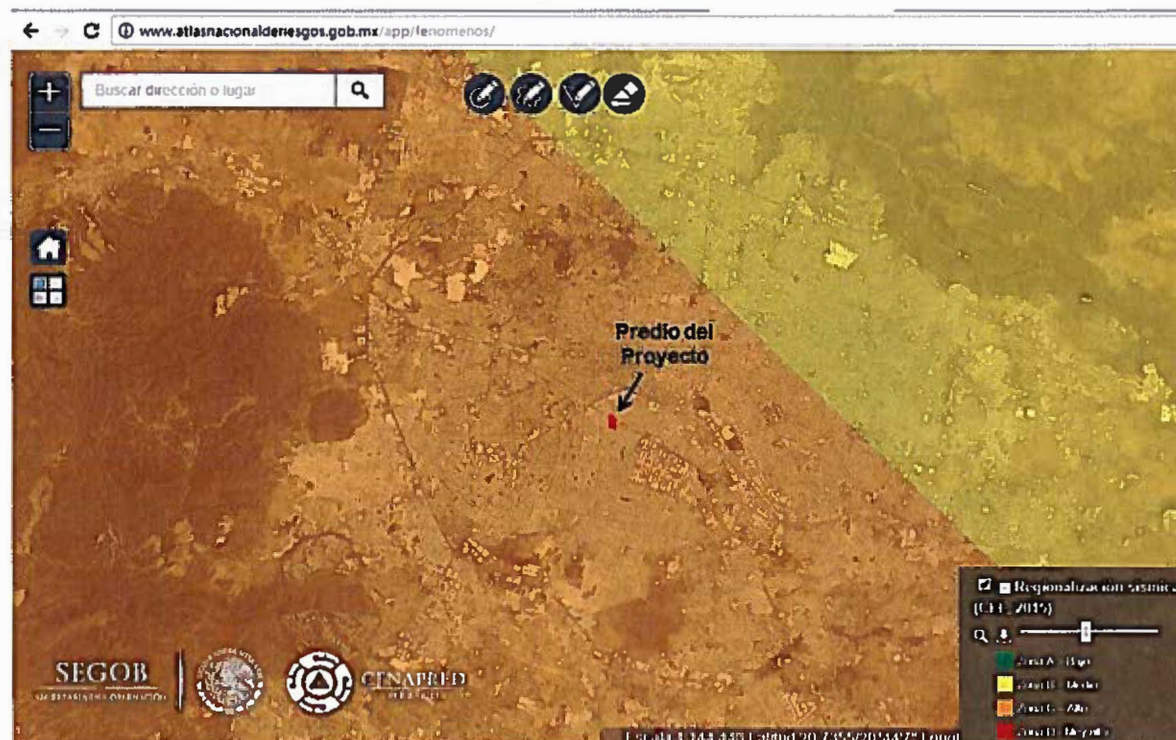
Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Figura 24. Susceptibilidad de inestabilidad de laderas en la zona del proyecto de la EDS Ocotlán

Sismicidad

Del 85 al 90% de los sismos o temblores que ocurren en México se producen en la Zona de subducción de las placas tectónicas de la costa del pacífico, desde Puerto Vallarta, en el estado de Jalisco, hasta Tapachula en Chiapas. De acuerdo a la regionalización, el Municipio de Guadalajara se encuentra en la Zona sísmica "C de la República Mexicana, la cual tiene un

riesgo alto para la presentación de sismos (en estas zonas hay más actividad sísmica que en la zona B, aunque las aceleraciones del suelo no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad). En la siguiente figura se observa conforme al Atlas Nacional de Riesgo su clasificación sísmica con base en CFE 2015.



Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Figura 25. Regionalización sísmica en la zona del proyecto de la EDS Ocotlán.

Según el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara, el análisis de su historial sísmico indica que éste ha sido afectado por varios sismos de intensidad moderada, así como dos de gran intensidad en el siglo XX, ocurridos en el año de 1932, el cual ha sido el más fuerte registrado en Jalisco, con $M_s=8.2$ y con epicentro en el sector norte del municipio de Zapopán, el sismo del 9 de octubre de 1995 de $M_s=7.2$ con epicentro en el Puerto de Manzanillo y una intensa microsismicidad en la zona, esto es sismos menores a $M_s=3.5$, los cuales han sido registrados por la Red RESJAL a cargo del CICESE de Ensenada, el SISVOC y el Departamento de Geografía de la Universidad de Guadalajara, en el periodo de 1995 al 2000 y posteriormente

por la red sísmica del Gobierno del Estado de Jalisco, operada por la UEPCJ y la Universidad de Guadalajara hasta el 2009 como puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 9. Reporte de la Sismicidad que ha ocurrido en el Estado de Jalisco y ha afectado al municipio de Guadalajara en el periodo 1568-2009.

Sismos Históricos que han afectado al municipio de Guadalajara			
Num	Fecha	Descripción	Tipo
1	27/12/1568	(M=7.57 I=IV) Derribo de casas e iglesias en la rívera del Lago de Chapala a Guadalajara, hubo intensa actividad sísmica en la zona comprendida entre Zapotlán y Armeria	Subducción
2	27/12/1577	(I=V) Muchos daños y muerte en Zapotlán el Grande. En Guadalajara se desplomó la torre más alta del templo de San Francisco.	Subducción
3	28/03/1606	(M7.5, I=VI) Sismo al que le siguieron intensas réplicas durante dos meses. Daños en Guadalajara (gritas en catedral, palacio de gobierno y otras construcciones), hay informe erróneo de la caída de las torres de Catedral de Guadalajara)	Subducción
4	31/05/1818	(M=7.7, I=VI) A pesar de su magnitud de 7.7 y su epicentro se localizó a uno 176 km hacia el SW de Guadalajara, causa muchos daños y derumbo las torres de Catedral y agrieto sus dos bóvedas.	Subducción
5	22/11/1837	(M=7.7, I=VI) "Temblor de "Santa Cecilia" Agrieto la fachada de catedral y otras edificaciones.	Subducción
6	11/02/1875	(M=7.5, I=VIII) Muy fuerte en San Cristóbal de la Barranca, en donde derribo la mayoría de las casas y cauto alrededor de 90 muertes. En Guadalajara no causo muertes, pero sí fracturas en muchas casas y en los siguientes templos: Catedral, el Sagrario, La Merced, Santa Mónica, San Diego, Capilla de Jesús, Arantzazu, Mexicalcingo, San Juan de Dios y San José de Analco. También hubo daños en el Palacio Municipal, El Liceo de Niñas El Instituto de Ciencias (actual preparatoria 1 de la U de G), es el sismo que ha afectado a Guadalajara con mayor intensidad (VIII) y el epicentro se ubicó a 95 km al NW, siguieron réplicas hasta septiembre del mismo año.	Falla Continental
7	09/03/1875	(M=7.4, I=VI) Sismo ocurrido en la costa de Jalisco. En Guadalajara los daños fueron graves debido a los daños ocurridos en el sismo del 11/02/1875 y sus réplicas, los templos más dañados fueron La Merced, San Diego, Arantzazu, Mexicalcingo, Analco y Loreto.	Subducción
8	28/04 a 05/11/1877	Secuencia de enjambres que afectan a Guadalajara	Falla Continental
9	22/03/1878	M=6.5 (I=VI) Enjambre que causo daños en San Cristóbal y se sintió fuerte en Guadalajara, hubo réplicas hasta el 25 de abril. Reptitiéndose un nuevo enjambre del 9 al 30 de diciembre.	Falla Continental
10	10/01/1900	(M=7.6, I=VII) Destructor el Colima. Hubo además daños en muchas poblaciones de Jalisco. En Guadalajara sufrieron daños la cúpula del Sagrario, los templos de Santa María de Gracia, San Felipe, Santa Mónica, San diego, Capilla de Jesús, San Sebastián de Analco y Mezquitlán.	Subducción
11	8/05/1912	Enjambre sísmico que afecto a las localidades de Guadalajara y Zapopan, esta secuencia de eventos perduró por seis meses, dañando edificaciones en Guadalajara y haciendo que parte de su población huyera de la ciudad. Se generaron 3 grupos de temblores desde mayo hasta agosto.	Falla continental
12	03/06/1932	(Ms=8.2, I=VII) El sismo de mayor magnitud en México en el siglo XX. Su epicentro se ubicó en la costa de Jalisco, causo fuertes daños en Guadalajara. Hubo réplicas fuertes (Magnitudes de 4 a 8) hasta el mes de diciembre del mismo año.	Subducción
13	09/10/1995	(Ms=7.6, I=VI) Fuerte tememoto frente las costas de Chihuahán, se sintió en Guadalajara (I=V) y provooco daños menores.	Subducción
14	22/01/2003	(Ms=7.4) Tememoto frente la costa de Armeria, leves daños en Guadalajara.	Subducción
15	06/10/2004	(Ms=4.3) Sismo con epicentro de la localidad de Nuevo México, Zapopan, con dos réplicas de 3.5 y 3.6.	Falla Continental
16	09/12/2009	(Ms= 3.9) Sismo al SW de Chihuahán, cauda daños en edificios en la zona de Chapultepec en Guadalajara.	Subducción

Fuente: Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara

Otros sismos importantes que afectaron el municipio de Guadalajara fueron el acontecido el 4 de mayo del 2013 que tuvo una intensidad de 4.6 grados Richter con su epicentro a 73

kilómetros al sur de Puerto Vallarta, Jal., así el sucedido en el año 2014 en Tecpan, Guerrero que alcanzó una intensidad de 7.0 grados Richter.

La tectónica regional activa genera un peligro sísmico recurrente en la zona de estudio, teniéndose dos zonas sismogénicas que pueda ocasionar sismos:

- a) Zona de subducción en la costa de Jalisco-Colima donde interaccionan la placa oceánica de Rivera con el Bloque Jalisco.
- b) Fallas continentales activas debido a los esfuerzos tectónicos que genera la subducción sobre el Bloque Jalisco. En el entorno de Guadalajara se han identificado zonas activas de fallas normales con componente lateral, estas en la zona de la barranca del río Grande de Santiago al norte, en la zona de la Sierra de la Primavera al poniente y surponiente y en la zona de la montaña de Cerro Viejo-Sierra del Travesaño al Sureste.

Los sismos que han generado estas áreas sismogénicas han ocasionado daños graves al municipio ocurrieron en 1568, 1577, 1806 y 1875; en sismo del año 1932 con epicentro en Manzanillo ha sido el de mayor magnitud registrado en el país en el siglo pasado ($M_s=8.2$). El área de fractura asociada a este sismo se extendió de este punto hasta Punta Mita, Nayarit; El sismo del 19 de septiembre de 1985 con M_s 7.8, el 9 de octubre de 1995, se sucede un sismo con un M_s de 7.6 y con epicentro en la misma zona que el anterior, este afecto toda la zona costera de Colima, Jalisco y Nayarit; el sismo de enero del 2003 con un M_s de 7.2, localizado en las inmediaciones del Graben del Gordo enfrente de la localidad de Armería, Colima, este evento no causó daños en la zona de estudio, no así en otros poblados cercanos, pero fue sentido por la mayor parte de la población del estado. En el cuadro 18 reportada por Núñez Cornú y Suárez Plascencia, 2006, se presenta una serie de tiempo de 441 años con los sismos registrados en la región de Jalisco-Colima y que han afectado al Guadalajara.

Fallas Geológicas

La ciudad de Guadalajara fue urbanizada sobre una litología superficial de depósitos de pómez provenientes de la actividad Cuaternaria de la Sierra de la Primavera, piroclástos que sepultaron una potente secuencia de rocas volcánicas formadas por derrames de basalto,

ignimbritas, depósitos lacustres, derrames de dacítas y riolitas. La estratigrafía que se observa en diferentes secciones de la Barranca del Río Grande de Santiago (BRGS) ubicada en el límite norte de la ciudad.

Como ya se mencionó, Guadalajara fue objeto a partir de 1950 del relleno gran número de barrancas con fines de urbanización, sobre todo las ubicadas en el sector norte y poniente, el origen del sistema de barrancas es fundamentalmente por erosión hídrica, donde el agua trabajo muy probablemente en un sistema de fallas o zonas de fracturas, que actualmente solo es posible identificarlas en la BRGS.

La metodología empleada para identificar fallas, fracturas y lineamientos, se basó en dos métodos, el primero fue trabajo de campo en el interior de la BRGS, que es el único sitio natural que existe en el municipio y en donde aún es posible identificar estructuras geológicas y obtener su actitud. En la zona urbanizada, dado que es imposible identificar algún rasgo estructural se utilizaron fotografías aéreas de 1941 y 1976, donde la ciudad aún presentaba una superficie reducida y fue posible identificar lineamientos que posiblemente están relacionados con fracturas.

Estructuralmente el en municipio se identificaron cuatro áreas que se observan en la siguiente figura:

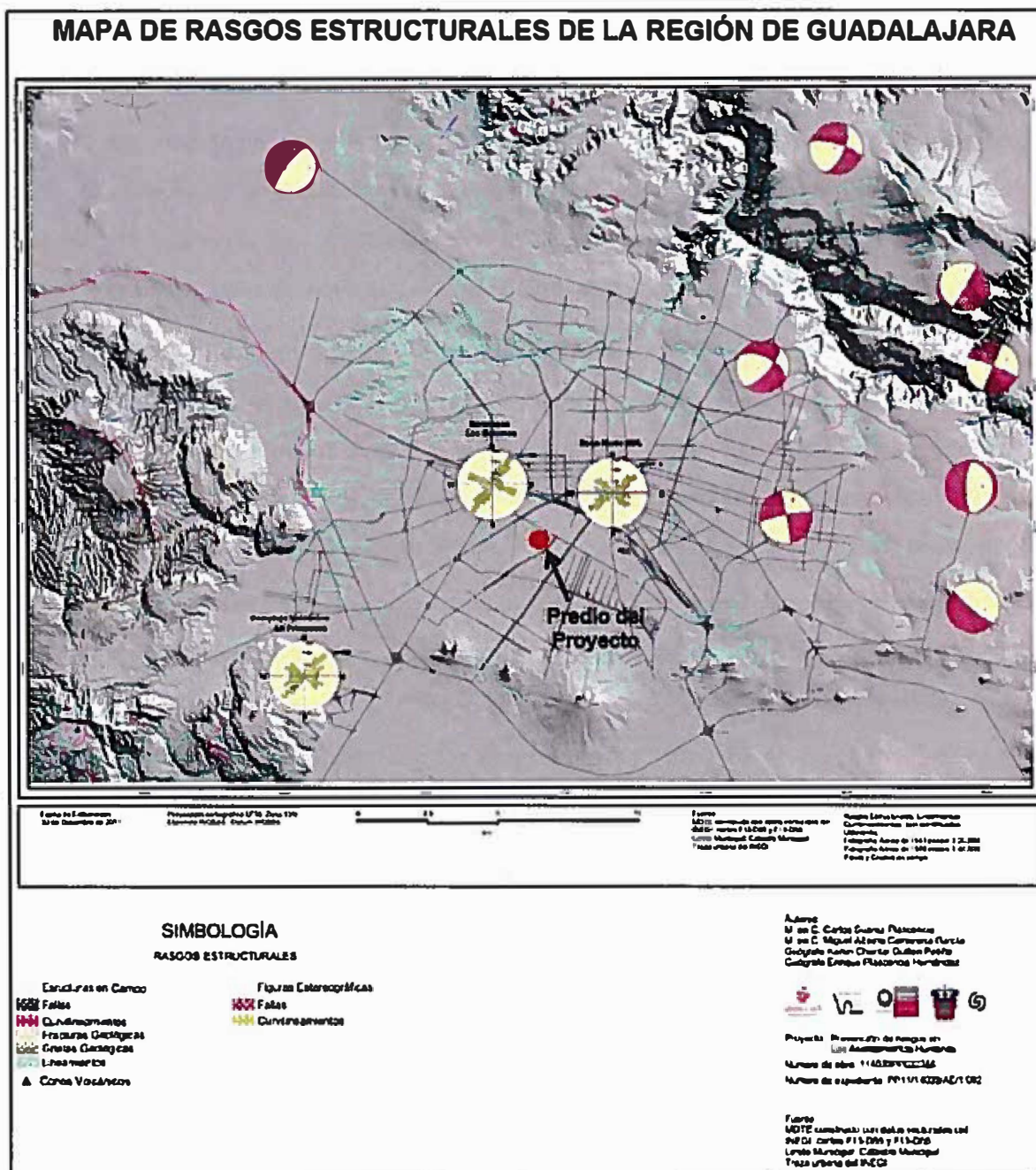


Figura 26. Mapa de Rasgos Estructurales del Municipio de Guadalajara.

En el cuál podemos apreciar que el predio del proyecto no se ubica en una zona de las identificadas con la presencia de fallas geológicas.

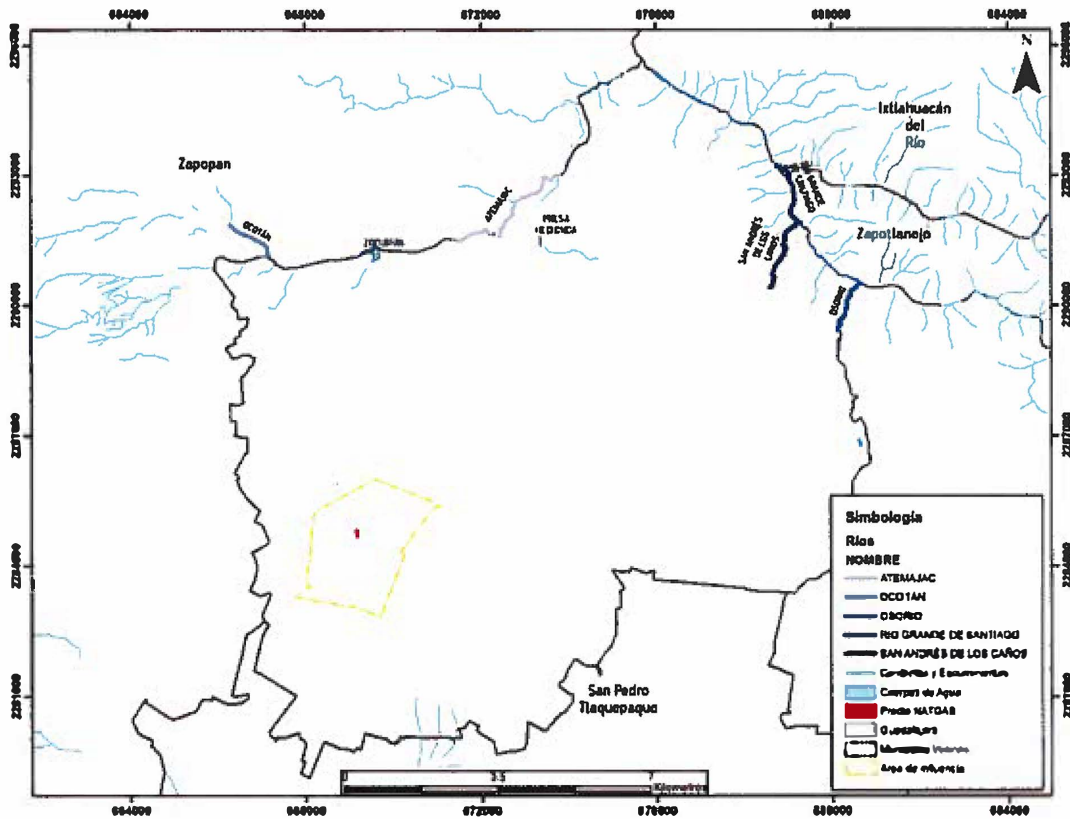
Hidrología.

En materia de hidrología superficial, se identificó que los ríos que se encuentran a una menor distancia del municipio de Guadalajara son los el Río Atemajac, Rio Grande de Santiago, Osorio, Ocotlán y San Andrés de los Caños, estos 2 últimos se consideran relativamente los más cercanos al predio del proyecto en estudio al encontrarse a aproximadamente de 6.5 kilómetros al noroeste y 10 kilómetros en dirección noreste del sitio respectivamente.

Actualmente todas las corrientes fluviales presentes en el área del municipio de Guadalajara son consideradas de tipo intermitente y respecto a este tipo de corrientes de agua existe la presencia de varias localizadas en su mayoría en la zona noreste del municipio y a la ubicación del predio del proyecto. Las más cercanas al polígono del proyecto se localizan entre los 7.5, 8.5 y 10 kilómetros de distancia hacia esa zona, pero también existen algunas otras hacia el norte a 5.5 kilómetros así como al sur a 4.5 kilómetros.

En cuanto a cuerpos de agua (presas, bordos, lagos u otros elemento ambiental natural o artificial) existe la presencia de un par de ellos, uno se ubica al noreste con respecto al predio del proyecto, a unos 7.5 kilómetros de distancia y es conocido como Presa Hedionda y el otro conocido como Zoquipan el cual se ubica hacia el norte a 6 kilómetros del sitio en estudio.

Para este apartado, se determinó usar la información proporcionada por el INEGI en materia de hidrología. En la siguiente figura se presenta el mapa de la ubicación y trazo de las corrientes y cuerpos de agua en el Municipio de Guadalajara:



Fuente: Cartas Topográficas de INEGI

Figura 27. Principales Cuerpos y Corrientes de Agua en el Municipio de Guadalajara.

Con base en lo anterior, podemos observar que en las cercanías inmediatas al sitio del proyecto no se localiza ningún tipo de corriente fluvial o cuerpo de agua que pudiera considerarse un elemento de vulnerabilidad en materia de riesgo para la zona de estudio del presente proyecto.

II.1.3. Proyecto Civil

El proyecto consiste en la construcción y operación de una Estación de Servicio (EDS) Tipo 1 de Llenado Rápido, de gas natural y pretende ser instalado en un predio que cuenta con un área total de 7,770.17 m², el cual tiene actualmente tiene uso comercial y de servicios con instalaciones de una empresa comercializadora de acero que en la actualidad no lleva a cabo dicha actividad.

Las áreas que compondrán a la EDS en estudio serán las enlistadas a continuación:

- a) Estación de Filtración (EF).
- b) Estación de Regulación y Medición (ERM).
- c) Recinto (Compresión y Almacenamiento).
- d) Subestación eléctrica, Cuarto de Control.
- e) Servicios Propios (Oficina de Mantenimiento, Almacén de Refacciones, Cuarto vestidor Despachadores, Baños Públicos).
- f) Canopy (Área de surtidores).
- g) Oficinas Administrativas.
- h) Patio de Maniobras.
- i) Áreas Verdes.

Las cuales contarán con los siguientes sistemas:

- 1. Mecánica.
- 2. Electricidad.
- 3. Instalaciones Locativas.
- 4. Conectividad y Redes.
- 5. Sub Sistemas
- 6. Baja Presión de GN.
- 7. Alta Presión de GN.
- 8. Filtrado o Secado de Gas.
- 9. Compresión de GN.
- 10. Almacenamiento o Buffer de GN.
- 11. Aire Comprimido.
- 12. Hidroneumático.
- 13. Dispensadores.
- 14. Administración de venta de GNC.
- 15. Iluminación Exterior e Interior.
- 16. Distribución de Fuerza Eléctrica.
- 17. Distribución de Control.

18. Tierras Físicas.
19. Zonas rango explosividad.
20. Seguridad en alta presión.
21. Voz y Datos.
22. Monitoreo de Seguridad - Alarmas.
23. Drenajes de Aguas Negras y Pluviales.
24. Agua Potable.
25. Trincheras.

La estación contará con área para oficinas, para equipos y compresores, así como un área para el Canopy e islas de llenado independientes para surtidores de alto flujo. El área sobrante será utilizada para la circulación de vehículos y para áreas verdes.

En las oficinas se encontrarán diversas áreas, en planta baja se contará con un cuarto destinado para el conteo, vestidores, site y aseo. En la planta alta se tendrá un baño para el uso de empleados, un área común que serán estaciones de trabajo, un cuarto para cocineta y uno más para oficina de la Dirección de la empresa. Por otra parte, se contará con los baños públicos, tanto para hombres y para mujeres y un espacio destinado para un local comercial.

En cuanto a las dimensiones, el proyecto comprende 158.74 metros cuadrados de construcción en oficinas.

Contará en total con 12 dispensarios, 6 de bajo flujo destinados para automóviles en la parte norte del predio y 6 dispensarios de alto flujo para camiones y vehículos de gran capacidad en la parte norte. Las dos áreas para dispensarios cuentan con Canopy. Alrededor y dentro del mismo, es por donde los autos circularán dentro del proceso de carga de gas natural. Dicha área estará pavimentada en su totalidad.

Por otra parte, se tienen diversos equipos para el funcionamiento de la estación. Al norte del predio se tendrá la Estación de Regulación y Medición (ERM), la cual se encuentra dentro de un cuarto con las especificaciones requeridas. En el área de equipos se contará con una cascada

pulmón y 4 compresores en total para ambas fases 1 y 2 de desarrollo del proyecto; junto a dichos equipos, se tendrá un área para una subestación eléctrica y transformadores, todo ello a la intemperie. Además, se tiene un área para tableros eléctricos la cuál será techada. Estos equipos cuentan con reja de acero y protecciones contra impacto en la cara a la estación y por la parte de atrás están protegidos con un muro de concreto de 3 metros de altura.

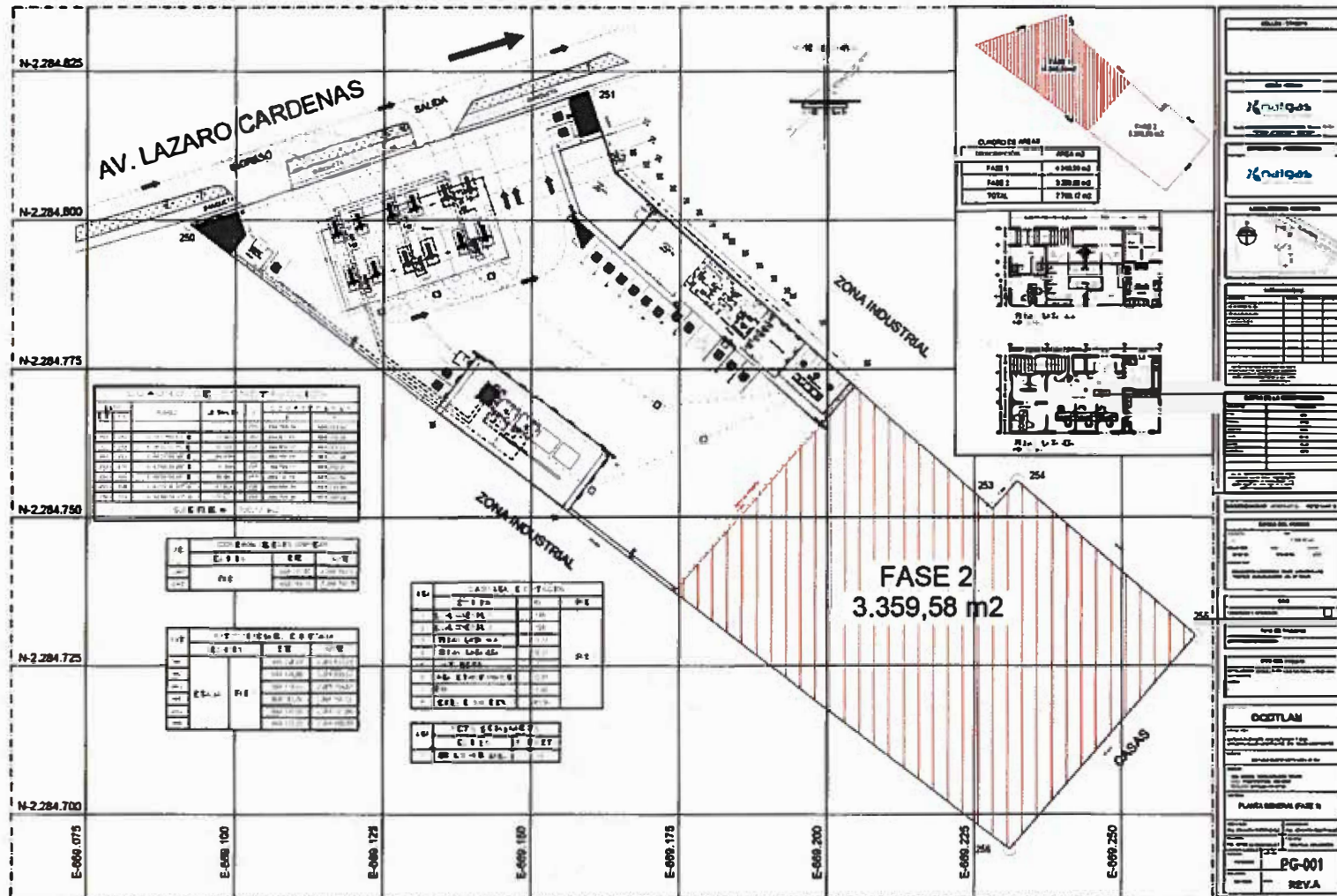
Las áreas de la estación, usos específicos y dimensiones de las mismas se enlistan en la siguiente tabla:

Tabla 10. Usos y Áreas de la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán.

Uso Específico	Área (m ²)	Porcentaje (%)	Fase
Local Comercial 1	148		Fase 1
Local Comercial 2	108		
Oficinas Planta Baja	79.37		
Oficinas Planta Alta*	79.37*		
Cuarto Eléctrico	53.77		
Área de Transformadores	70.91		
ERM	19.40		
Recinto de Compresión	285.90		
Baños Hombres	15.00		Fase 2
Vestidores	10.65		
Área de Mantenimiento	8.40		
Área total del terreno	799.4	100.00%	

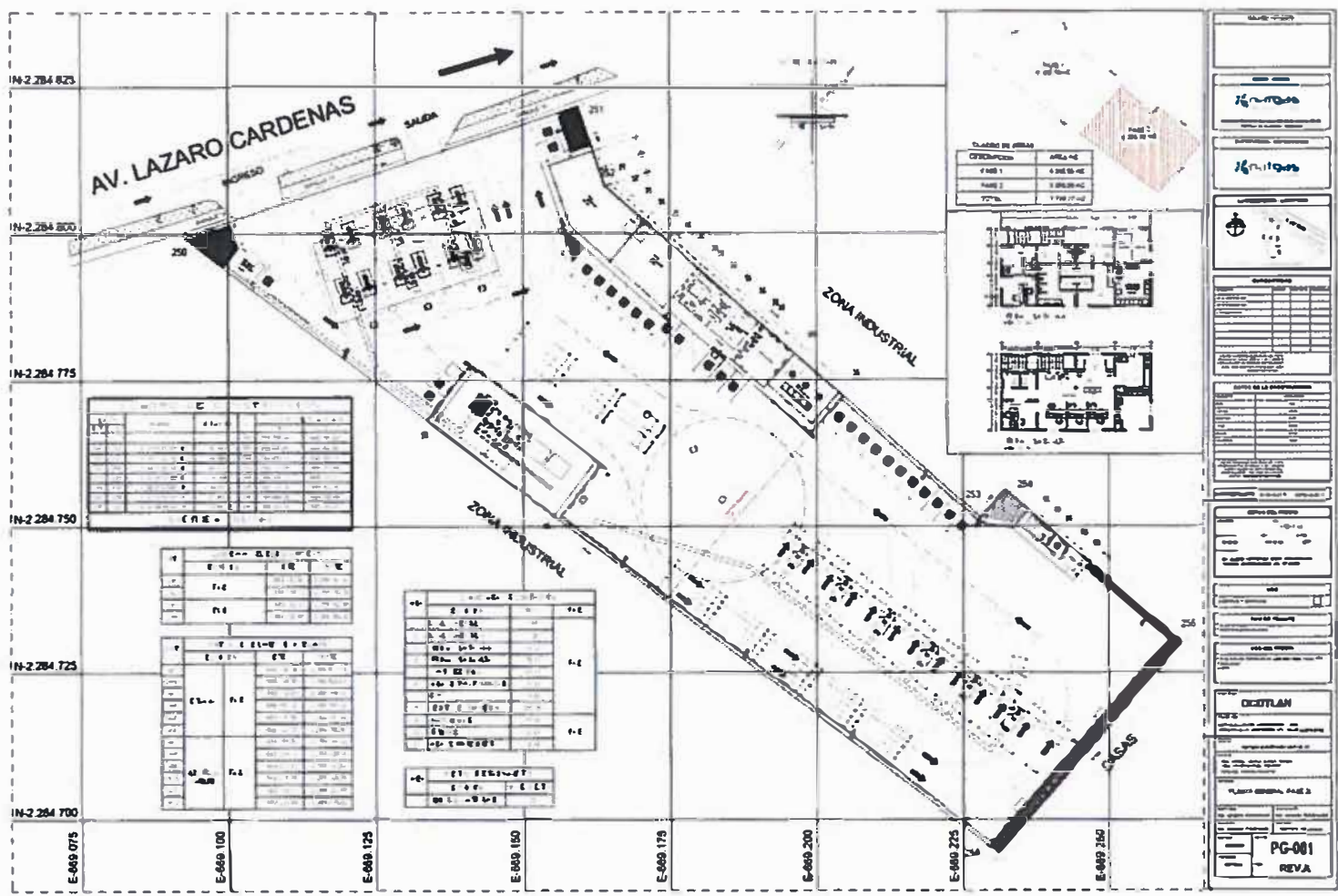
No se considera en la suma total ya que se encuentra en planta alta y no sobre área de terreno.
Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes figuras se presenta el plano general del proyecto correspondiente para el establecimiento de la EDS de Gas Natural Ocotlán, el cual muestra en el lado Norte el polígono correspondiente a la Fase 1, para la que se tiene un área de 4,340.59 m² así como para la Fase 2 en donde podemos apreciar el área que corresponderá al polígono donde se llevará a cabo su desarrollo y que abarca una superficie total de 3,359.58 m².



Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

Figura 28. Polígono del Terreno de la Fase 1 donde se encuentra la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán.



Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

Figura 29. Polígono del Terreno de la Fase 2 donde se encuentra la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán.

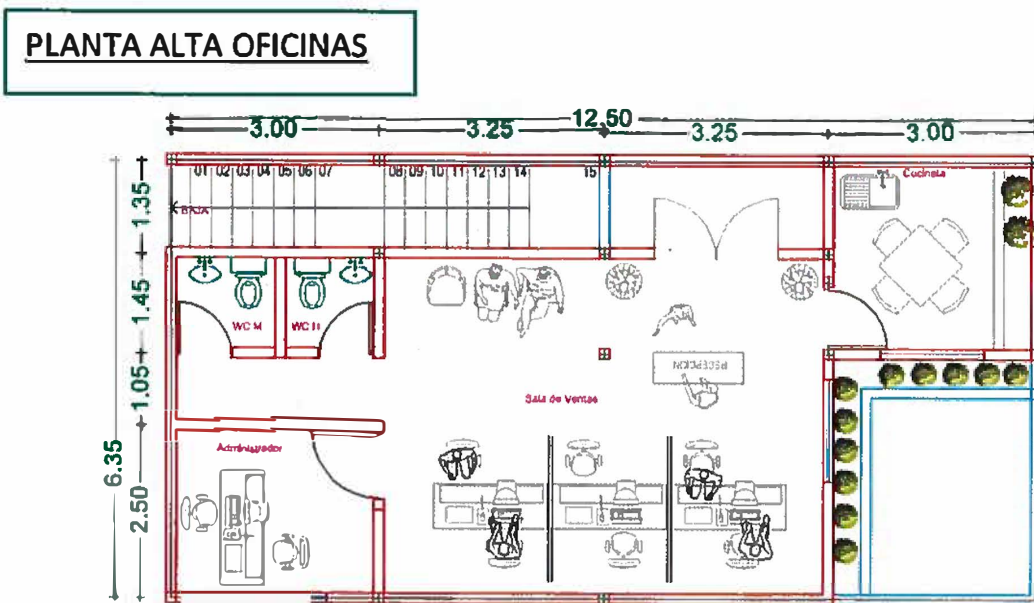
En la siguiente tabla se muestran las dimensiones y distribución de áreas de oficinas, baños y área comercial de la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán.

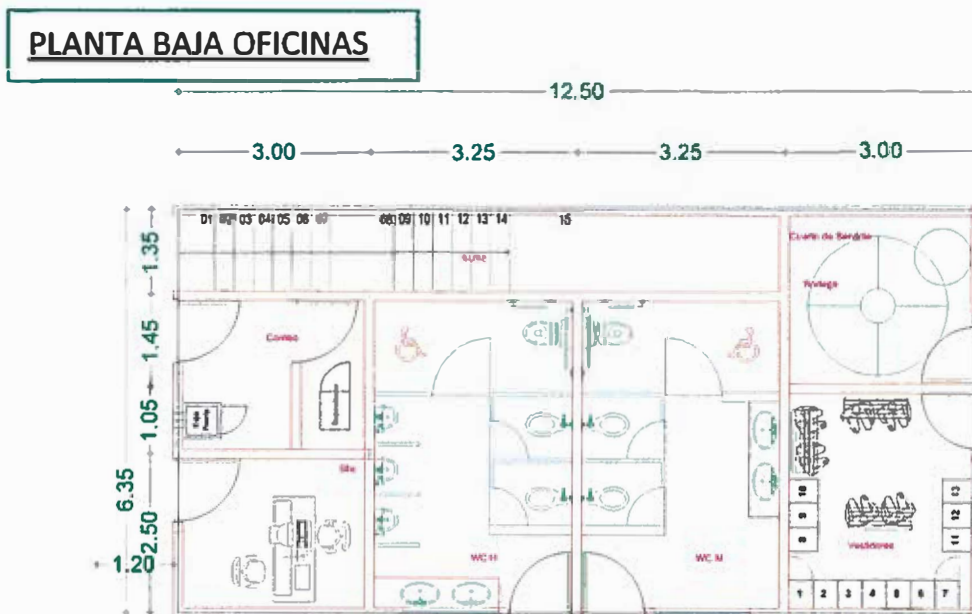
Tabla 11. Dimensiones y Distribución de Áreas de Oficinas, Baños, y Área Comercial de la Estación de Servicio de Gas Natural Ocotlán.

Zona	Ubicación	Área	Superficie (m ²)	Total (m ²)
1	Planta baja	Conteo	8,3472	79,37
2		Site	7	
3		WC H	16,73	
4		WC M	16,73	
5		Vestidores	10,65	
6		Cuarto de servicio	8,5128	
7		Escaleras	11,4	

1	Planta alta	Oficina Administración	7,1512	79,37
2		Cocineta	9,2925	
3		Sala de ventas	36,18	
4		WC H	1,85	
5		WC M	1,85	
6		Pasillo	11,4	
7		Terraza	11,65	

En la siguiente figura se muestra un acercamiento del plano arquitectónico del proyecto, específicamente del área de oficinas tanto de la planta baja como la planta alta.





Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

Figura 30. Área de Oficinas de la Estación de Gas Natural Ocotlán (Planta Baja y Planta Alta).

II.1.3.1. Preparación del sitio.

La preparación del sitio consistirá en la realización de la demolición y retiro de estructuras existentes despalme, trazo, corte y nivelación del terreno de acuerdo a los límites del mismo.

Se realizará un cajeo de acuerdo al estudio de mecánica de suelos y geológico, para desplantar la construcción de acuerdo a las recomendaciones de los especialistas en esta materia, diseñando una cimentación acorde al contexto.

Con el plano topográfico se obtendrán las curvas del terreno para hacer los cortes y terraplenes necesarios para tener los niveles requeridos para desplantar correctamente la edificación.

Para los trabajos de despalme, excavación y afine del terreno se hará un riego constante con agua tratada para evitar que se genere una cantidad excesiva de polvo.

A continuación, se enlistan las actividades más importantes a desarrollar como preliminares para la preparación del sitio:

- **Retiro y demolición:** El predio alberga diversas estructuras de construcción e instaladas que conforman principalmente áreas de oficinas, servicios, bodegas así como para el resguardo de aceros que con anterioridad eran comercializados. Dichas estructuras serán demolidas y/o retiradas haciendo uso de maquinaria de construcción y dispuestas finalmente para reciclaje o en los sitios que para su efecto determine el municipio de Guadalajara.
- **Remoción de capa superficial de suelo:** El procedimiento incluye excavación del suelo superficial por medio de maquinaria pesada. Por lo tanto, se inicia con el despalme para retirar la capa de suelo vegetal. Posteriormente se realizará un trazo para ubicar los accesos y vialidades principales y secundarias, finalmente se procederá a la preparación del terreno con las actividades de excavación.
- **Trazo:** Proceso de definir y medir en un terreno las dimensiones de la obra donde se realizará la construcción. Se traza la forma del perímetro de la obra y se señalan los ejes y/o contornos donde se debe situar la cimentación: los muros, zapatas, losas, pilotes, etc.
- **Relleno y compactación:** El relleno consiste en la colocación de materiales seleccionados en excavaciones hechas para estructuras u obras de construcción. Se utilizará el material sobrante del proceso de excavación para el propio relleno o será utilizado, en caso de tener calidad adecuada, para el acondicionamiento de las áreas verdes, por lo que permanecerá en el predio. Para el caso de la Compactación el objetivo de este proceso es aumentar la estabilidad y resistencia mecánica del terraplén, se consigue comunicando energía de vibración a las partículas que conforman el suelo, produciendo una reordenación de éstas, que adoptarán una configuración energéticamente más estable.
- **Afine y Excavaciones de Cepas:** movimiento de tierras realizado a cielo abierto y por medios manuales, utilizando pico y palas, o en forma mecánica con excavadoras, y cuyo objeto consiste en alcanzar el plano de arranque de la edificación, es decir las

cimentaciones. Se realizarán excavaciones para la cimentación de las obras, construcción de los sistemas de drenajes pluvial, sanitario y el tendido eléctrico subterráneo. La excavación de cepas para cimentación se hará hasta una profundidad que permita encontrar un substrato adecuado para dicha cimentación.

- **Nivelación:** procedimiento mediante el cual se determina el desnivel existente entre dos (o más) hechos físicos existentes entre sí o la relación entre uno (o más) hechos físicos y un plano de referencia. Se nivelarán las superficies del terreno siguiendo siempre la configuración del terreno, de manera que se eviten o minimicen los cortes de material.

Equipo a utilizar: Para los trabajos de preparación del terreno será requerido el siguiente equipo y maquinaria: Retroexcavadora, moto conformadora, camión de volteo, pipa y equipo de topografía para los trabajos de nivelación y trazo.

Personal requerido: Aproximadamente 4 o 5 personas para la remoción de la vegetación y un operador de retroexcavadora.

Obras y Servicios de Apoyo: Se colocará servicio de renta de sanitarios para que los trabajadores de la obra desempeñen sus actividades dentro de un ambiente digno y que cubra las necesidades de higiene y seguridad que marca la ley.

II.1.3.2. Construcción.

Para el presente proyecto se realizarán las tareas necesarias tales como renta de sanitarios portátiles, solicitud de una instalación temporal a la comisión de luz y fuerza del estado, los residuos serán recolectados por un proveedor de servicios autorizado en la región, los residuos de la excavación se enviarán al tiradero municipal de escombros más cercano (el cual será señalado por la autoridad municipal al momento de emitir la licencia de construcción correspondiente), se colocará la señalización de trabajos de obra evitando en todo momento y al máximo algún incidente garantizando la integridad física de los trabajadores de la obra.

Se evitará tener demasiada acumulación de material tanto de excavación como de relleno en la zona para no tener conflicto, por lo que se harán los acarrees del material que se genere y la

compactación del material que se ingrese al predio cada día, evitando tener montones de material innecesariamente

Una vez preparado el terreno se llevará a cabo las siguientes actividades de obra civil y mecánica:

- Desplante de muros.
- Habilitación de castillos.
- Montaje y soldado de estructura, oficinas.
- Estructura.
- Instalaciones eléctricas
- Colado de cepas para tuberías de gas natural.
- Instalación de Tubería de Gas natural
- Red distribuidora de gas natural
- Excavación instalaciones eléctricas.

Se contará con un total de 6 surtidores en total para la primera fase para vehículos automotores los cuales constan de 2 pistolas despachadoras una de cada lado, así mismo, se consideran 6 surtidores para autobuses para la segunda fase con dos pistolas despachadoras los cuales tienen la capacidad de atender un total de 12 vehículos automotores y de 8-10 autobuses en un horario de máxima demanda, teniendo en cuenta que el tiempo de servicio varía entre los 10 a los 15 minutos.

Como parte de las obras provisionales durante esta etapa se instalará una bodega temporal para almacenar materiales de construcción durante el tiempo de ejecución de la obra y un sanitario portátil para los trabajadores de obra.

Asimismo será requerido el siguiente personal de trabajo:

- 28 ayudantes

- 1 topógrafo
- 2 fierro
- 3 carpinteros
- 3 soldadores
- 1 plomero
- 1 especialista de colocación de tubería y accesorios de polietileno
- 1 técnico de colocación de tubería y accesorios de acero inoxidable para líneas de alta presión
- 1 especialista y 1 técnico en conexión de compresores, surtidores y cascada de almacenamiento
- 4 instaladores eléctricos
- 4 pintores
- 2 paileros

Requiriendo para tal efecto los siguientes equipos y maquinaria de construcción:

- Balarina y Vibro compactador.
- Retroexcavadora.
- Revolvedora de concreto.
- Grúa titán de 10 toneladas.
- Bomba de concreto.
- Planta de soldar.
- Esmeriladora, cortadora.
- Soplete y termofusionadora.

- Dobladora de tubing, taladro.
- Herramienta manual, voltímetro.
- Taladro.
- Brochas.
- Compresor de aire.
- Escalera.
- Andamios.

II.1.4. Proyecto Mecánico

II.1.4.1. Equipamiento de Instalaciones

Recinto

El recinto está diseñado en base a las condiciones y/o restricciones de la NOM-010-SECRE-2002 dentro del cual se instalarán 2 compresores de 140 m³/h para el arranque de la estación, una cascada de almacenamiento de 48 cilindros verticales y se dejará la preparación eléctrica/mecánica para 2 compresores y 3 cilindros horizontales a futuro. Los dispositivos de control se instalarán de forma tal que el congelamiento interno, externo o las condensaciones no provoquen fallas de funcionamiento.

Cada base estará 0.15 metros por encima de nivel de piso terminado, construida de concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y medidas específicas para cada uno de los equipos. Cada compresor será anclado de acuerdo a las especificaciones del manual del fabricante, la cascada se apoyará sobre un skid propio del equipo, la cual cuenta con barrenos para ser anclado en caso de ser necesario para evitar flotación y/o arrastre en caso de inundación y no se acumularán líquidos debajo de los recipientes. Además, sobre los equipos no pasaran líneas de transmisión de energía eléctrica, ni estarán expuestos a la falla de estas líneas y tendrán una distancia mínima de 3 metros al edificio más cercano o a la línea de colindancia, y a las protecciones contra

impactos de vehículos, y una distancia mínima de 15 metros cuando se trate de hospitales, centros educativos y vías de ferrocarril.

Los recintos serán construidos a una distancia no menor de 2 metros de los linderos del terreno o de cualquier construcción aledaña.

El sistema de compresión contará con detectores de mezcla que envían una alarma o detienen el equipo de acuerdo al nivel de gas detectado. El sistema de almacenamiento cuenta con una válvula de seguridad que se activará a 4000 psi y contará con un venteo que sobresaldrá 2 metros aproximadamente del recinto, que tendrá un arreglo para evitar la entrada de lluvia, objetos extraños y polvo, además estará orientado a un área de descarga segura, tomando en cuenta los vientos dominantes de la zona, cuidando que el flujo de gas no esté dirigido hacia edificios, equipos o áreas que puedan estar ocupadas por el público.

El recinto no tendrá techo y contará con detectores de mezclas explosivas que accionaran una alarma luminosa y sonora al alcanzar una mezcla de 0,5 (cero coma cinco) % en volumen de gas natural en aire. En caso de detectar una mezcla de 3% se debe activar un sistema de bloqueo, el cual debe interrumpir la energía eléctrica a toda la estación y cerrar las válvulas de alimentación de gas a los compresores, al sistema de almacenamiento y a los surtidores, además no se permitirá usar material inflamable a una distancia menor de 3 (tres) m del recinto y en caso de existir tanques abiertos que contengan líquidos combustibles o inflamables, habrá una separación mínima de 6 (seis) m entre el recinto y la pared exterior más cercana de los tanques.

Se tendrá un espacio libre de por lo menos 1 metro entre recipiente y otros componentes para tener acceso a todas las válvulas y conexiones, así como entre las unidades de compresión para minimizar las vibraciones entre éstas.

Disposición de Surtidores

Los surtidores de GNC estarán localizados en una instalación exterior protegida que cumple con las dimensiones indicadas en la norma.

Los surtidores se montarán sobre un módulo de abastecimiento, como mínimo con las características y distanciamientos que se muestran en la norma y con una protección tubular contra choques sobre el sentido de circulación de los vehículos. Asimismo, el distanciamiento entre el surtidor y la colindancia a la banqueta más cercana será 3 metros.

El punto de transferencia guardará una distancia mínima de 3 (tres) m con la colindancia del predio y la banqueta. Se considerarán que las áreas clasificadas como peligrosas queden localizadas dentro del predio y que no se obstruya la vialidad interna vehicular

Estación de Regulación y Medición (ERM).

La ERM está construida con tubería de acero negro al carbón cedula 80 hasta los elementos reguladores, donde se disminuye la presión de suministro de 12-7 bar que será la presión de trabajo de la ERM, la cual está constituida por una ingeniería que garantiza la seguridad del centro de trabajo.

La operación y mantenimiento de la ERM, es responsabilidad del distribuidor y solo personal de la distribuidora debidamente capacitado, la operará y hará el mantenimiento mediante un programa de revisión trimestral y se tendrá contacto telefónico mediante un número de emergencias los 365 días del año las 24 horas, por cualquier anomalía o incidente, que se presente en la misma.



Fuente: Propia.

Figura 31. Ejemplo de Estación de Regulación y Medición (ERM).

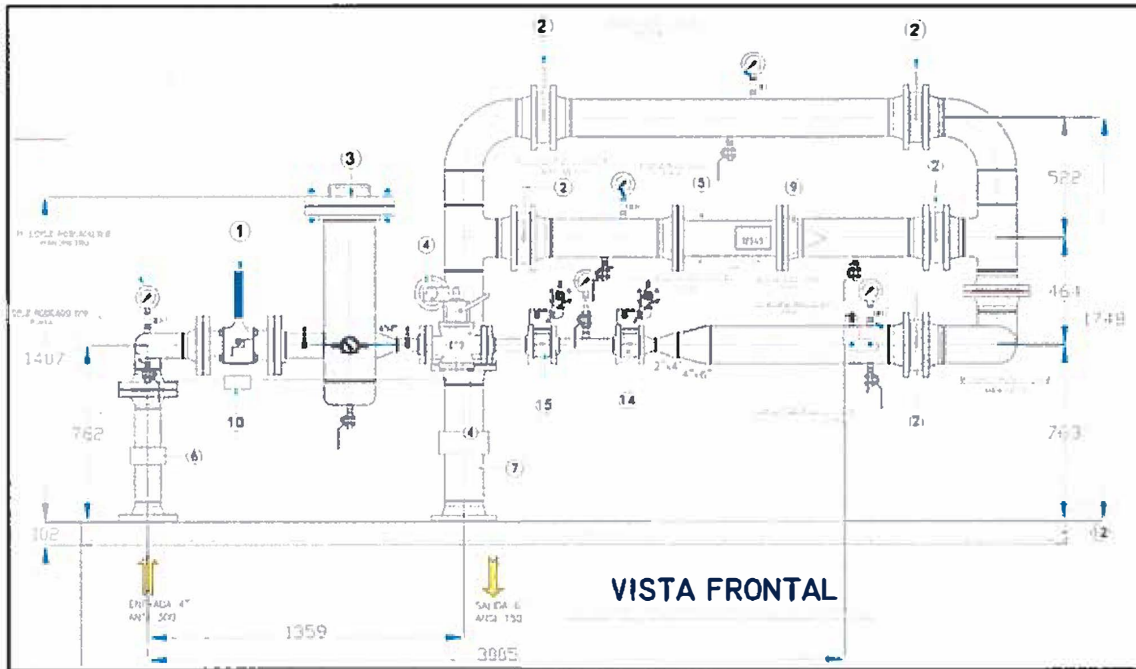


Figura 32. Ejemplo de Arreglo de la ERM.

Se considera como presión de diseño, la máxima presión de operación a la que podrá llegar a trabajar la estación ERM la cual se tomará en cuenta para todo tipo de cálculos de resistencia de materiales y pruebas no destructivas a realizar en la misma para salvaguardar su integridad, así como para delimitar responsabilidades en función de la garantía por defectos de fabricación en la misma. Esto es: 21 Kg/cm² para la sección desde la conexión con el Gasoducto de 4", hasta el punto donde inicia la Regulación. Después se considera de 10.19 Kg/cm² para las secciones mencionadas en la tabla del inciso siguiente.

Caudal máximo de la ERM	135,264 SCMD
Flujo mínimo de la ERM	2808 SCMD
Flujo promedio de la ERM	67,584 SCMD

Parámetros de la ERM	
Presión máxima de diseño	10.35 Bar
Presión de entrada máxima	10.35 Bar
Presión de entrada mínima	4 Bar
Presión de salida máxima	7 Bar
Presión de salida mínima	7 Bar

El arreglo principal de la ERM contempla 3 secciones:

- a. Sección de Filtración
- b. Sección de Regulación
- c. Sección de Medición

a. Filtración

La Estación ERM inicia con la conexión al ramal de 4" que viene de la interconexión con el Gasoducto de 3" de la compañía que suministrará de la red urbana el gas natural, para continuar en 3" hasta llegar la junta aislante monoblock de 2" JMB-100, para luego encontrarse con una "Tee" que divide a las secciones de filtración con la posibilidad de aislamiento con las válvulas VA-100 y VA-101 (NA), cuando se tenga que hacer mantenimiento o cambio de cartucho al Filtro de la línea principal. Sobre la línea principal, se encuentra un primer indicador de presión PI-100 acotados por la válvula de aguja NA-100, con rangos de medición de 0 a 21 Kg/cm² para tener la referencia de la presión de entrada a la ERM, Posteriormente se encuentra dos válvulas tipo esfera VA-100 y VA-101 (NA/NC). La ERM, está diseñada con dos líneas principales de filtrado y regulación, esto con la intención de ofrecer un servicio continuo, durante los periodos de mantenimiento de los filtros y/o reguladores. A la salida de la ERM se encuentra un filtro de 0,5 micras.

b. Regulación

Esta sección cuenta con dos ramales principales de regulación y está provisto de una etapa de regulación en cada una, con regulación ANSI 300. Finalmente, la válvula Slam Shut cerrara por detección de contra presión para salvaguardar las instalaciones aguas arriba de este regulador con un punto de ajuste de 0.5 Kg/cm², esto es, que al detectar una presión igual o superior a este valor por el cierre inesperado de válvulas aguas abajo o suspensión de consumos parciales, esta válvula cerrara de forma automática. Existe la posibilidad de que se presente un incremento de presión en el sistema debido a razones de operación, como la presurización en la línea debido a un paro general de la planta en sus equipos de consumo lo que ocasionaría un incremento de presión o por una falla en los elementos internos del equipo de regulación que pudieran afectar el rango de calibración en la presión de salida y esta se incremente. En cualquiera de estos

casos cuando la válvula Slam Shut detecte el incremento de presión en un rango de 0.5 kg/cm² por encima de su presión de ajuste, esta bloqueará el paso del gas en el sistema por alta presión, de igual manera la válvula obstruirá el paso de gas. Si la causa de falla continua, esta misma válvula se bloqueara por alta presión y el sistema quedará protegido, esto con la finalidad de proteger las instalaciones del usuario, así como a los que dependen de este ducto de transporte y que pudieran verse afectados.

Una recomendación de operación para este tipo de arreglos es el intercambiar el funcionamiento de los reguladores de trabajo con el fin de que ambos reguladores operen por periodos alternados y ambos respondan correctamente cuando sean requeridos.

c. Medición

Esta línea principal de 4"-ERM G-650 - 19- 4 bar contará con válvulas de seccionamiento de entrada VA-100, VA-101 y salida VA102. Por esta línea pasa el flujo principal que se mide con el medidor tipo TURBINA ANSI 150, G-650 Fluxi 2150.

La operación de la medición se realizará mediante el uso de un computador de flujo (Electro corrector) el cual recibirá las señales de Presión estática, Temperatura de proceso, Flujo instantáneo para correr los algoritmos marcados por el reporte AGA 7 y 8 para la medición de gases y así totalizar de manera compensada el flujo instantáneo en la línea de medición. Las variables para los cálculos de flujo compensado de acuerdo a las recomendaciones de AGA 7 y 8, Presión Estática y Temperatura serán enviadas al Computador de Flujo Mediante un Transmisor de Presión y Temperatura con señales FT-100, PT-100 y TT-100.

La señal de temperatura se toma de un elemento primario RTD tipo PT-100 con constante alfa 385 ohm/°C, instalado en un termo pozo de Acero Inoxidable a 4 diámetros de distancia de la salida del medidor de flujo para el cumplimiento con la recomendación de AGA Reporte 9, así como con la NRF-081-2004. Se termina con la sección de medición con la válvula tipo macho de 3" VA-102 (NA) la cual ve hacia delante las válvulas de aislamiento NA-103 para el indicador de presión PI-103 para tener la lectura de la presión de salida de esta ERM, para continuar con una

"Tee" que une la línea principal un carrete que será instalado como bypass solamente cuando se requiera dar servicio a la etapa de medición

Compresores

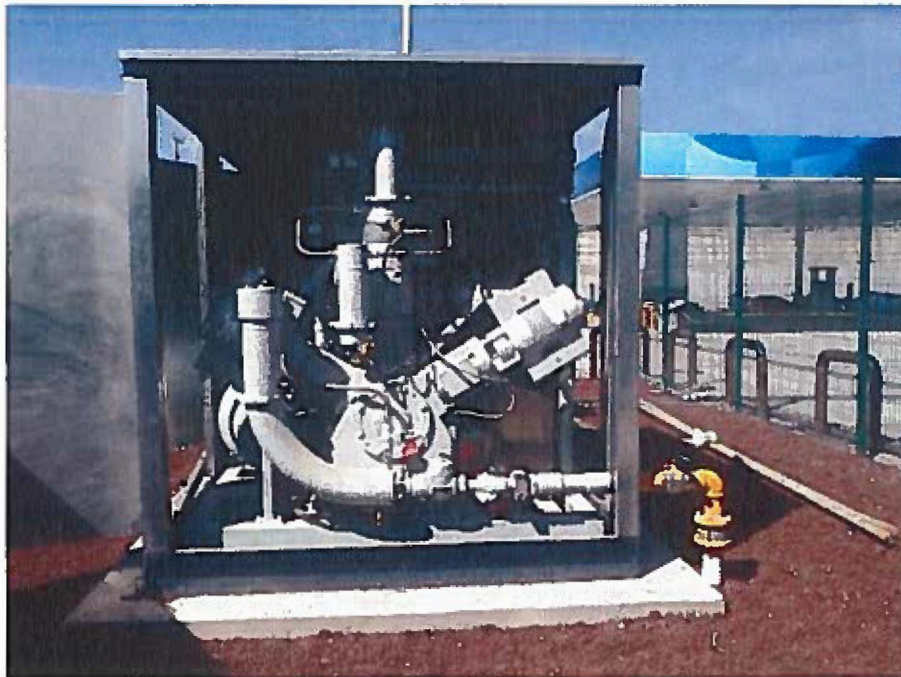
Inicialmente se instalará 2 compresores como parte de la Fase 1 del proyecto, pero se dejarán las bases para 2 más de las mismas características. Los compresores contarán con una capacidad de comprimir 1,409 m³/hora y funcionarán bajo las siguientes condiciones:

Operará a la presión de succión de 4 bares y con una alimentación de energía eléctrica de 440 voltios. Está equipado con un sistema de arranque suave para evitar la caída repentina de tensión en el sistema eléctrico, evitando que se activen los sensores. Registra su funcionamiento en el tablero general del compresor que se encuentra dentro del cuarto de Máquinas de la estación.

Los compresores que se contempla instalar son del tipo pistón lubricado de 4 etapas de compresión, con una presión de succión variable de 4-7 bares, considerando una máxima presión de succión de 6.85 bar para poder operar con tubería de polietileno, y para dejar cierta tolerancia a la presión máxima permitida de 689 kPa. Se tiene un rango de operación de descarga en la primera etapa de 310 psi, en la segunda de 830 psi y en la tercera de 1750 psi y finalmente en una cuarta etapa de 3600 psi. El trabajo de cada compresor esta operado por un Controlador Lógico Programable (PLC), que es una computadora industrial dedicada a controlar cada operación del sistema, la cual decide cuándo y cuantos compresores se requieren para mantener la presión de descarga. El sistema electrónico de los equipos de compresión requiere de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y temperatura, indicadores de presión, temperatura, y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc.

El modelo seleccionado es un compresor no lubricado que minimiza los residuos, sistemas de drenaje de aceite automático y tanques suplementarios. La tecnología limpia del mismo evita la acumulación de aceite en los intercambiadores de calor, recipientes de almacenamiento, y sistemas del vehículo. ESD (dispositivo de parada de emergencia) situado fuera y por dentro del

gabinete del compresor y en el MCC, que cierra el suministro de gas, aísla cualquier gas almacenado y corta la energía al compresor. Contará con luces de señal que indicarán el estado del compresor y el estado de alarma en caso de fugas de gas o de alarma por activación de ESD. Protección contra la sobrepresión con válvulas de alivio de presión certificado ASME.



Fuente: Propia.

Figura 33. Ejemplo de compresor a utilizar.

Cascada Pulmón.

La función de este equipo es prolongar el tiempo de arranque y paro del compresor para optimizar el funcionamiento del mismo; en la Fase 1 este sistema está conformado por una batería de 48 cilindros de 125 litros fabricados de una sola pieza libre de soldaduras y para la Fase 2 se agregarán 3 cilindros adicionales con una capacidad de 2,370 litros cada uno.

Conformado con una válvula de ingreso y salida de gas comprimido con la capacidad de operar a 1.5 veces la presión de trabajo, los tanques al ser de una sola pieza son capaces de soportar 1.5 veces la presión de operación la cual es de 250 bar. La cascada pulmón regresa, de manera

constante el gas comprimido al compresor por lo cual no funciona en forma estricta como almacenamiento, sino como un pulmón en el trabajo del compresor haciendo que el volumen que circula por el mismo aligere el trabajo de arranque y paro del compresor y poder suministrar la capacidad nominal del compresor.

Los tanques de almacenamiento son fabricados con tubo de acero al carbono templado de una sola pieza y están interconectados para ofrecer un mayor capacidad de almacenamiento, cada tanque está diseñado para soportar la presión de operación de la estación y cuentan con válvulas de aislamiento individualmente y una válvula de relevo de presión por paquete, la cual está calibrada para liberar al ambiente el exceso de presión cuando rebasen 1.2 veces la presión normal de operación del equipo. El grupo de tanques estará configurado para una capacidad total para ambas etapas de 13,110 litros de agua, instalados dentro de un bastidor de acero, en forma vertical, unidos con tubería de acero inoxidable.



Fuente: Propia.

Figura 34. Ejemplo de Cascada Pulmón.

En la siguiente tabla se presentan sus especificaciones técnicas del equipo descrito:

Tabla 12. Especificaciones Técnicas de la Cascada Pulmón.

Especificaciones de la Cascada Pulmón		
Equipo	Cascada de almacenamiento 250 bar GNC	
	Cilindros verticales	Cilindros horizontales
Capacidad por cilindro	125 litros	2370 litros
Capacidad total en litros	4,000	7,110
Cantidad de cilindros	48	3
Disposición	8x4 (vertical)	1x3 (horizontal)
Número de bancos	3	3
Presión de trabajo	250 bar	250
Presión de prueba	375 bar	375
Peso total aproximado	6,400 Kg	12,000 Kg

Fuente: Propia.

Descripción de tuberías y accesorios

La presión de salida de la ERM será fija a 6.89 bar (689 kPa) por lo que la tubería para conducir el gas natural desde la ERM al sistema de compresión será de polietileno de alta densidad (PEAD), con las especificaciones mínimas que arrojen los cálculos.

La tubería de PEAD a utilizar, cumplirá con la norma NMX-E-043-SCFI-2002, la cual no superará una presión de trabajo de 689 kPa (100 psi), y se ubicará enterrada con uniones por termo fusión; y con conexiones de transición en la salida de la ERM y para los disparos a compresores. Se utilizarán codos de PEAD para los cambios de dirección. La tubería será de un diámetro de 4", enterrada a una profundidad 0.45 m entre el nivel de piso terminado a lomo de tubo, con válvulas manuales de cierre rápido de acero al carbono a la salida de la ERM.

La tubería, conexiones, accesorios y componentes de acero enterrados, se deben proteger contra la corrosión de acuerdo con lo establecido en el Apéndice II, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, de la Norma NOM-003-SECRE vigente. Las tuberías de acero a utilizar deberán cumplir con las normas NMX-B-010-1986, NMX-B-177-1990, NMX-B-179-1983.

La tubería enterrada será instalada de la forma más directa como sea práctico, con las medidas de protección adecuadas para resistir expansión, contracción, vibración, golpes y asentamiento

del suelo. La tubería instalada arriba del nivel del piso estará protegida contra daño mecánico y corrosión atmosférica.

Las válvulas, empaques de válvulas y material de empaque serán los adecuados para soportar el gas natural a las presiones y temperaturas a las cuales estarán sujetas bajo condiciones de operación.

No se utilizarán conexiones roscadas en las tuberías enterradas y todas las uniones por soldadura en tuberías de acero al carbono y acero inoxidable serán radiografiadas al 100% de su longitud por un laboratorio acreditado. La soldadura debe ser realizada por un soldador calificado utilizando procedimientos calificados.

Se utilizará tubería de acero inoxidable tipo 316 para la presión de 250 bar (25 MPa), con una presión de ruptura mayor o igual a 1000 bar (100 MPa), que comprenden tres líneas de la descarga de los compresores a la cascada y a surtidores, con espesor de pared específico para cada diámetro, indicado en el apartado siguiente. Los accesorios a utilizar son del mismo material, estos accesorios son codos, tee's, válvulas, conectores etc., en donde se requieran. Para los cambios de dirección se dobla la tubería en donde el espacio lo permita, debiendo tener un radio mínimo de 4 veces el diámetro del tubo o un diámetro de dobléz mínimo de 76 mm y deben realizarse con herramienta adecuada. Esta tubería se colocará en trincheras de concreto bajo nivel de piso terminado y montada sobre soportes de acero y abrazaderas de poliuretano.

Todas las mangueras de alta presión deben soportar por lo menos 2,25 (dos coma veinticinco) veces la presión de operación y no deben tener empates intermedios y contar con un certificado del fabricante.

Se contará con manómetros en la salida de la ERM, a la succión y en la descarga de cada etapa del compresor, en cada línea de la cascada de almacenamiento y en cada dispensario, en su mayoría con escala de 0 a 5000 psi para altas presiones y 0 a 10 bar para bajas presiones.

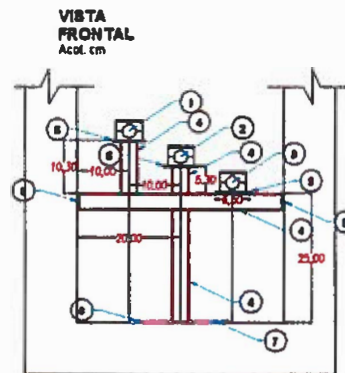
Cada línea de gas de 250 bar contará con válvulas de exceso de flujo, las cuales cortan totalmente el flujo del gas hacía los dispensarios en caso de que no se cuente con ninguna

oposición al flujo, es decir en caso de alguna ruptura, además de contar con válvulas check (retención de flujo) para evitar el retorno del gas de los recipientes de almacenamiento al compresor. Estas válvulas son instaladas al principio del recorrido de la tubería entre la cascada y dispensarios.

También se instalará una válvula de corte en el cabezal de un grupo de recipientes lo más cerca posible a éstos. Esta válvula estará después de la válvula check de la línea de llenado.

La tubería de acero inoxidable es totalmente roscada con conexiones OD o NPT, según se requiera, no se utiliza soldadura, ni bridas en este recorrido.

- ① Banco de Alta
- ② Banco de Medía
- ③ Banco de Baja
- ④ PTR 1 1/4" Cal 14 Azul
- ⑤ Solera 1 1/4" x 1/8"
- ⑥ Placa de 2 1/2" x 1 1/4" x 3/16" Taquetada en Pared
- ⑦ Placa 20 x 20cm x 3/16"
- ⑧ Barrero de 3/8"



Fuente: Propia.

Figura 35. Soporte de tubería a alta presión

Accesorios de alta presión utilizados:

- Tee 1" ODxOD
- Unión cruz 1" ODxOD
- Conectores rectos de 1" ODxOD
- Reducciones de 1"x 1/2" OD
- Válvulas de bola 1/2" OD

Se realizan dobleces a la tubería para cambios de dirección a 90°.

Todos los materiales cumplen satisfactoriamente con normas ANSI/AGA NGV3.1-1995, CGA NGV 12.3-M95, (Fuel system components for compressed natural gas powered vehicles).

Para la operación y mantenimiento se tiene por norma que hacer una revisión anual por la unidad de verificación acreditada y esta misma valida el dictamen y las condiciones de operación para que la instalación pueda ser operada a las condiciones de trabajo que se requieren.

Cálculo de espesores para la tubería de alta presión.

Para este proyecto los diámetros de tubería de alta presión utilizados son de ½", ¾" y 1", instalados en los diferentes componentes. La tubería de 1" se utilizará para el recorrido de la conexión del banco de almacenamiento hasta la conexión de los surtidores, la tubería de ½" únicamente será utilizada para conectar la cascada e iniciar el recorrido con la tubería de 1" mientras que la tubería de ¾" formará parte de las conexiones de los dispensarios o surtidores

El espesor requerido para secciones rectas de tubo es determinado mediante la siguiente ecuación, tomada de la norma ASME B31.3.

$$t_m = t + c$$

El espesor mínimo nominal T para el tubo seleccionado no debe ser menor que el espesor t_m

La ecuación siguiente determina el valor de t aplicable para:

$$t < \frac{D}{6} \text{ y } \frac{P}{SE} < 0.385$$

$$\therefore t = \frac{PD}{2(SE + PY)}$$

Dónde:

- t= espesor mínimo requerido (in)
- P= Presión de diseño (PSI)
- D= Diámetro exterior de la tubería (in)
- S= Resistencia mínima a la cedencia (PSI, Tabla 4 ASTM A213)

- E= Factor de calidad del tubo (Tabla A1 – B ASME B31.3)
- Y= Factor de corrección por temperatura (Tabla 304.1.1. ASME B31.3)
- c= Corrosión permitida dada por el fabricante, de no ser especificada se toma como 0.015 in
- T= Espesor nominal comercial

Nota: La resistencia a la corrosión atmosférica del acero inoxidable 316 es inigualable en comparación con otros materiales de ingeniería sin recubrimiento. El acero inoxidable desarrolla una resistencia máxima a las manchas y picaduras. Por esta razón, en la práctica común se usa acero de este grado en las zonas donde el ambiente es altamente contaminado con cloruros, compuestos de azufre y sólidos, ya sea individualmente o en combinación, la velocidad de corrosión del acero 316 es de 0.001367 mm/año en ambientes extremos.

Los accesorios de la sección de alta presión (codos, tees, etc.) serán de acero inoxidable tipo 316 SS, ASTM A-276 y A-182, sus dimensiones serán según ANSI/ASME B16.9 y B16.11, del mismo espesor que los de la tubería en diámetros.

De acuerdo a tablas de especificaciones de las normas ASTM A213 y ASME B31.3, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 13. Factores para el cálculo del espesor

	Tubo de 1"	Tubo de 0.75"	Tubo de 0.5"
D	1"	0.75"	0.5"
S	20 ksi	20 ksi	20 ksi
Y	0.4	0.4	0.4
P	3960 psi	3960 psi	3960 psi
c	0.015"	0.015"	0.015"
E	1.00	1.00	1.00

Para tubería de 1"

$$t = \frac{3600 \text{ psi} \times 1 \text{ in}}{2[(20 \times 10^3 \text{ psi}) + (3600 \text{ psi} \times 0.4)]}$$

$$t = 0.0921 \text{ in}$$

$$t_m = 0.091 + 0.015 = 0.10719''$$

$$\therefore T = 0.109''$$

Para tubería de 0.75''

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 0.75 \text{ in}}{2[(20 \times 10^3) + (3960 \times 0.4)]}$$

$$\therefore t = 0.0691''$$

$$t_m = 0.0688 + 0.015 = 0.084''$$

$$\therefore T = 0.095''$$

Para tubería de 0.5''

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 0.5 \text{ in}}{2[(20 \times 10^3) + (3960 \times 0.4)]}$$

$$\therefore t = 0.046''$$

$$t_m = 0.046 + 0.015 = 0.0608''$$

$$\therefore T = 0.065''$$

Comprobación

$$0.046 < \frac{0.5}{6} \quad 0.06125 < \frac{0.75}{6} \quad 0.091 < \frac{1}{6}$$

$$\frac{PE}{S} < 0.385 = \frac{3600 \text{ psi} \times 1}{20000 \text{ psi}} = 0.12$$

$$0.18 < 0.385$$

Las tuberías que deberán instalarse serán las siguientes:

- Tubo 1"x0.109" sin costura Type MT 316/MT 316L/ TP316/TP316L
- Tubo 0.75"x0.095" sin costura Type MT 316/MT 316L/ TP316/TP316L
- Tubo 0.5"x0.083" sin costura Type MT 316/MT 316L/ TP316/TP316L (podrá utilizarse tubería con espesor de pared 0.065" (cal. 16), ya que la presión de trabajo para esta tubería es de 5100 psi).

De acuerdo a tablas de especificaciones de las normas ASTM A213 y ASME B31.3

*Valores de espesores de pared de tubing comercial (T) sugeridos, deberá consultarse la operación de trabajo para cada tubería en tablas del fabricante en caso de seleccionar un espesor diferente.

Tabla 14. Espesores y presiones de trabajo para tubing de acero inoxidable.

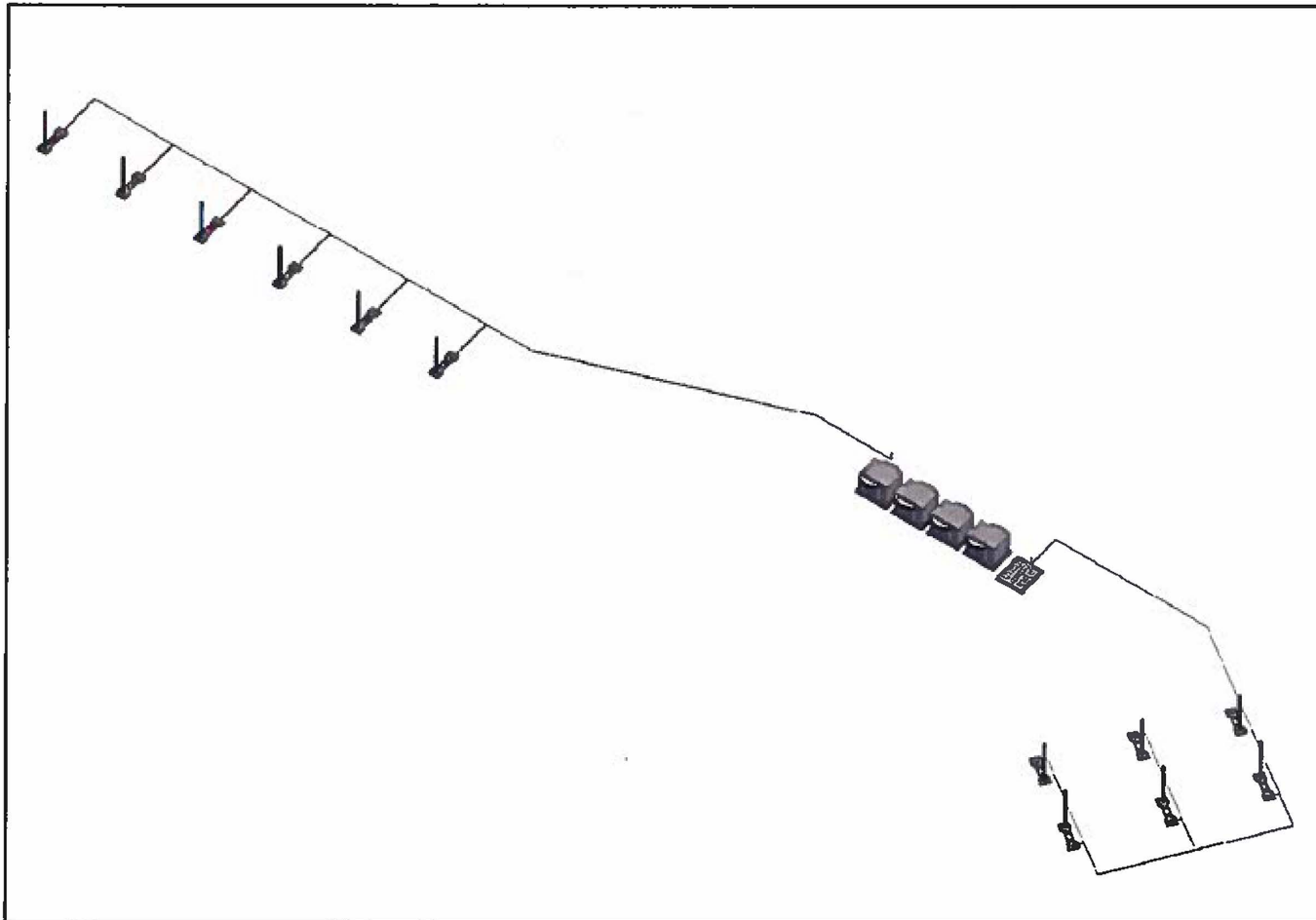
Tubing de Acero Inoxidable ASTM A213 / A269

PRESION DE TRABAJO DEL TUBING DE ACERO INOXIDABLE:

Tubo de acero inoxidable 304 O 316, recocido ASTM A213 / A269. Basadas en una resistencia de rotura a tracción de 5167 bar (72,000 psi). Para temperaturas del metal desde -10°C a 40°C (-20°F a 100°F). Carga de presiones de trabajo admisibles calculadas a partir de valores S de 1378bar (20,000 psi) de acuerdo a código ANSI B31.3.

OD	Calibres de la pared del Tubing (BWG / pulg)															
	31 0.019"	30 0.023"	28 0.024"	27 0.028"	25 0.035"	22 0.045"	20 0.055"	18 0.065"	16 0.083"	14 0.083"	13 0.095"	12 0.109"	11 0.120"	10 0.134"	8.156"	
3/16	5600	6,800	8,100	9,400	12,000											
1/8						8,500	10,900									
3/16						5,400	7,000	10,200								
1/4						4,000	5,100	7,500	10,200							
5/16							4,000	5,800	8,000							
3/8								3,300	4,800	6,500						
1/2								2,600	3,700	5,100	6,700					
5/8									2,900	4,000	5,200	6,000				
3/4									2,400	3,300	4,200	4,900	5,800			
7/8									2,000	2,800	3,600	4,200	4,900	5,800		
1										2,400	3,100	3,800	4,200	4,800		
1-1/4											2,400	2,800	3,300	3,600	4,300	4,900
1-1/2												2,300	2,700	3,000	3,400	4,000
2													2,000	2,200	2,500	2,900

Para Tubo sin soldadura Presión de trabajo (psig)
 Nota:
 Para servicio de gas, use tubo cuya presión de trabajo este fuera del área sombreada



Fuente: Propia.

Figura 36. Isométrico General de Tuberías

Caídas de presión en tubería de 250 bares

La estimación de pérdidas de presión en tuberías de gas natural se basa en la selección del diámetro adecuado para limitar la caída de presión en el trayecto entre la descarga del compresor y los surtidores de gas. La expresión de pérdidas de presión se basa fundamentalmente en la ecuación de Darcy-Weisbach con ligeras adecuaciones que consideran al gas natural como una mezcla de hidrocarburos. Además, implícitamente se utilizan propiedades termodinámicas y factores de cada componente de la mezcla para estudiarlo como un gas real. Se consideran las propiedades del fluido, como lo son la densidad y la viscosidad, así como condiciones del flujo y sus características geométricas como lo son el diámetro y la rugosidad superficial interna de la tubería. Para una selección de tubería eficiente para el transporte gas natural a alta presión se logra con el diámetro óptimo que limita dichas pérdidas a la menor cantidad y con un diámetro comercial de tubing.

Se define "Alta presión" como la presión de descarga del compresor que comprende un rango entre 200 y 250 bar; y "gas natural" se define como una mezcla de hidrocarburos simples en estado gaseoso, compuesto hasta en un 95% de metano. Los compuestos más significativos y los considerados para este estudio son: metano, propano, etano y nitrógeno, además contiene otros compuestos en cantidades mínimas como: Iso-butano, bióxido de carbono, vapor de agua, entre otros.

Las pérdidas por fricción se calculan con la fórmula empírica de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \times \left(\frac{Le}{Di}\right) \times \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

Dónde:

- hf= Pérdida de altura, en metros
- f= Factor de fricción, adimensional
- Le= Longitud equivalente de la tubería, en metros
- Di= Diámetro interior de la tubería, en metros

- V= Velocidad del fluido, m/s

Densidad de Gas Natural:

$$\rho = \frac{P}{\left(\frac{R}{PM}\right) T}$$

Dónde:

- (R/PM)= 0.5182 para el metano
- P = Presión, en kPa
- T = Temperatura, en °K
- ρ = Densidad, en Kg/m³

Velocidad del Fluido

La velocidad se obtiene de la siguiente manera:

$$V = \frac{354 \times Q}{D^2 \times P}$$

Dónde:

- V= velocidad, en m/s
- Q= Flujo, en m³/hr
- P= Presión de entrada, en bar
- D= Diámetro interior de la tubería, en mm

Concepto	Valor	Unidad
Presión manométrica de Salida del Compresor	250	bar

Temperatura (Kelvín)	Rparticular gas natural (kJ/kgK)	Densidad (kg/m3)	Viscodad cinemática gas natural (Pa*s)	Rugocidad Acero Inoxidable (mm)
291	0,503	203,33	2,46E-05	0,002

NOTA: La velocidad del fluido debe encontrarse en un rango entre 7 m/s y 15 m/s

Tabla 15. Análisis de caídas de presión por tramos (Canopy STD).

TRAMO PRINCIPAL	TRAMO SECUNDARIO	Q (m³/h)	Dn (pul)	Di (mm)	gi (m)	Ai (m²)	L (m)	Le (m)	P ₁ (Pa)	P ₁ (bar)	V (m/s)	Re	f	AP (Pa)	P ₂ (Pa)	P ₂ (bar)	AP (bar)
Y-0		2818	1/2"	9,40	0,009	0,00069	1,2	4,49	25082000	250,82	45,14	3,51E+06	0,014	1404330,713	2367689,29	236,78	14,043
0-1		2818	1"	19,86	0,020	0,00310	42,15	48,11	23677689,29	236,7768929	10,11	1,66E+06	0,013	328087,707	23351581,58	233,52	3,261
	1-1A	470	1"	19,86	0,020	0,00310	5,54	11,50	23351581,58	233,5158158	1,68	2,77E+05	0,016	2809,838349	23348971,74	233,49	0,026
	1A-1B	470	3/4"	14,22	0,028	0,00616	1,56	1,99	23348971,74	233,49	0,91	2,10E+05	0,017	98,65375258	23348873,09	233,49	0,001
1-2		2348	1"	19,86	0,022	0,00380	9,15	9,55	23351581,58	233,52	7,35	1,34E+06	0,013	31333,1594	23320248,42	233,20	0,313
	2-2A	470	1"	19,86	0,020	0,00310	5,54	11,50	23320248,42	233,20	1,81	2,97E+05	1,55E-02	2973,9513	2,33E+07	2,33E+02	0,03
	2A-2B	470	3/4"	14,22	0,028	0,00616	1,56	1,99	2,33E+07	233,17	0,91	2,10E+05	1,66E-02	98,90188031	2,33E+07	2,33E+02	0,00
2-3		1878	1"	19,86	0,022	0,00380	9,15	9,55	2,33E+07	233,20	5,88	1,07E+06	1,34E-02	20441,63269	2,33E+07	2,33E+02	0,20
	3-3A	938	1"	19,86	0,020	0,00310	5,54	11,50	2,33E+07	233,00	3,61	5,93E+05	0,014	10865,16823	23288941,62	232,89	0,109
	3A-3B	470	3/4"	14,22	0,028	0,00616	1,56	1,99	23288941,62	232,89	0,91	2,11E+05	0,017	99,12494293	23288942,49	232,89	0,001
3-4		470	1"	19,86	0,022	0,00380	9,15	9,55	2,33E+07	232,89	1,47	2,68E+05	0,016	1506,362074	23287336,13	232,87	0,015
	4-4A	468	1"	19,86	0,020	0,00310	5,54	11,50	23288941,62	232,89	1,80	2,96E+05	0,015	2957,87	23285983,75	232,86	0,030
	4A-4B	468	3/4"	14,22	0,022	0,00380	1,56	1,99	23285983,75	232,86	1,47	2,67E+05	0,016	317,4721484	23285656,28	232,86	0,003
4-5		938	1"	19,86	0,020	0,00310	9,15	9,55	2,33E+07	233,00	3,61	5,93E+05	0,014	9021,74	23290785,05	232,91	0,090
	5-5A	470	1"	19,86	0,020	0,00310	5,54	11,50	23290785,05	232,91	1,81	2,97E+05	0,015	2980,94	23287804,11	232,88	0,030
	5A-5B	470	3/4"	14,22	0,014	0,00159	1,56	1,99	23287804,11	232,88	3,53	4,15E+05	0,015	2685,68	23285118,44	232,85	0,027
5-6		468	1"	19,86	0,020	0,00310	14,89	21,24	23290785,05	232,91	1,68	2,76E+05	0,016	4791,56	23285993,49	232,86	0,048
	6-6A	468,00	3/4"	14,22	0,014	0,00159	1,56	1,99	23285993,49	232,86	3,27	3,85E+05	0,015	2330,83	23283662,67	232,84	0,023

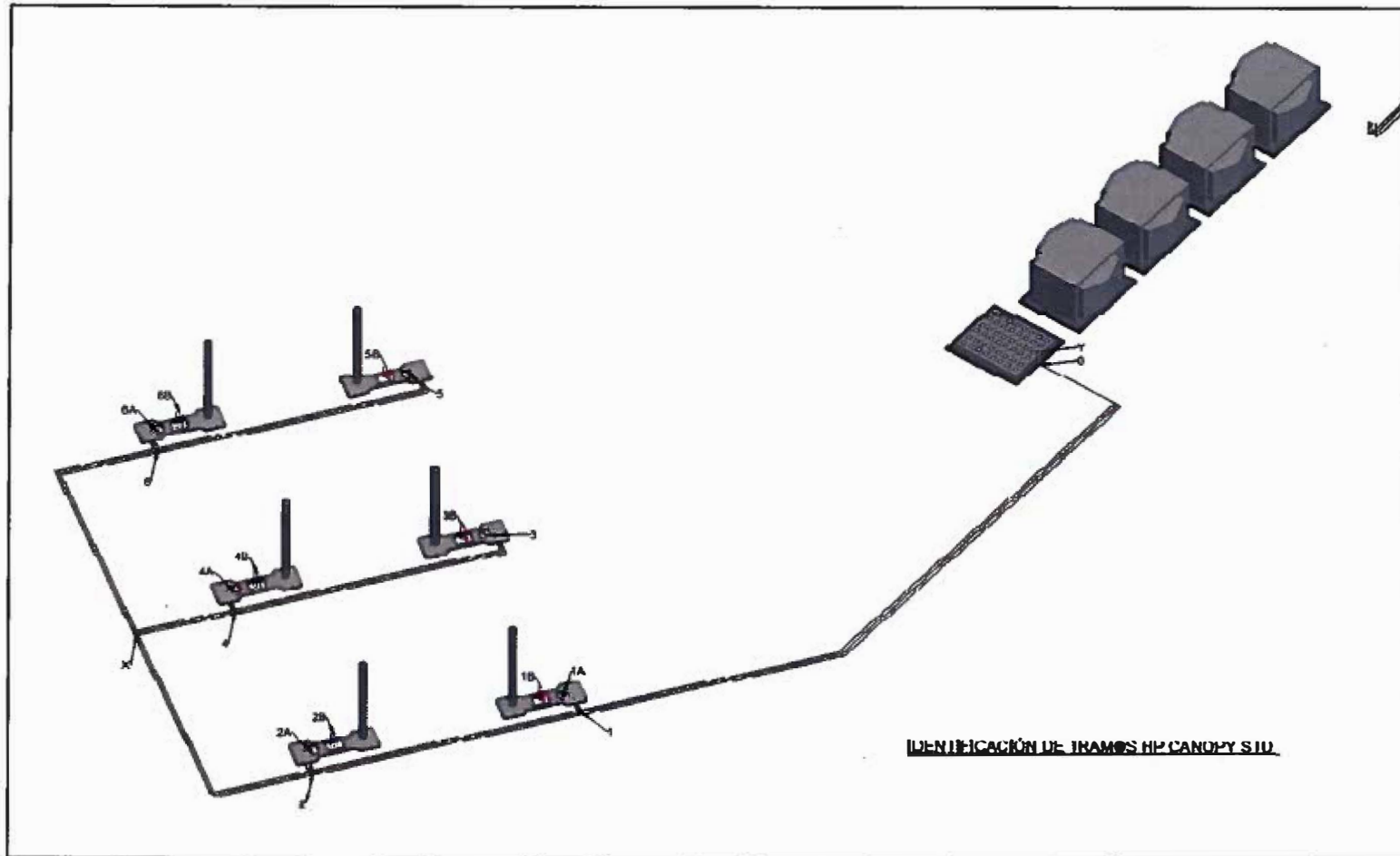
Tabla 16. Análisis de caídas de presión por tramos (Canopy HF).

TRAMO PRINCIPAL	TRAMO SECUNDARIO	Q (m ³ /h)	Dn (pul)	Di (mm)	Di (m)	Al (m ²)	L (m)	le (m)	P ₁ (Pa)	P ₁ (bar)	V (m/s)	Re	f	ΔP (Pa)	P ₂ (Pa)	P ₂ (bar)	ΔP (bar)
Y-0		2818	1/2"	9,40	0,009	0,000069	1,2	4,49	2500200	250,82	45,14	3,51E+05	0,014	1404330,713	2367769,29	236,78	14,043
0-1		2818	1"	19,86	0,020	0,000310	42,15	48,11	2367769,29	236,776929	10,11	1,66E+06	0,013	328087,707	2351581,58	233,52	3,261
	1-1A	470	1"	19,86	0,020	0,000310	5,54	11,50	23351581,58	233,5158158	1,68	2,77E+05	0,016	2629,839349	23348971,74	233,49	0,026
	1A-1B	470	3/4"	14,22	0,028	0,000616	1,56	1,99	23348971,74	233,49	0,91	2,10E+05	0,017	98,65325258	23348873,09	233,49	0,001
1-2		2348	1"	19,86	0,022	0,000380	9,15	9,55	23351581,58	233,52	7,25	1,34E+06	0,013	31333,1594	23320248,42	233,20	0,313
	2-2A	470	1"	19,86	0,020	0,000310	5,54	11,50	23320248,42	233,20	1,81	2,97E+05	1,55E-02	2972,9513	2,33E+07	2,33E+02	0,03
	2A-2B	470	3/4"	14,22	0,028	0,000616	1,56	1,99	2,33E+07	233,17	0,91	2,10E+05	1,66E-02	98,9018931	2,33E+07	2,33E+02	0,00
2-3		1878	1"	19,86	0,022	0,000380	9,15	9,55	2,33E+07	233,20	5,89	1,07E+06	1,34E-02	20441,63269	2,33E+07	2,33E+02	0,20
	3-3A	938	1"	19,86	0,020	0,000310	5,54	11,50	2,33E+07	233,00	3,61	5,93E+05	0,014	10825,16823	23288941,62	232,89	0,109
	3A-3B	470	3/4"	14,22	0,028	0,000616	1,56	1,99	23288941,62	232,89	0,91	2,11E+05	0,017	99,12494293	23288842,49	232,89	0,001
3-4		470	1"	19,86	0,022	0,000380	9,15	9,55	2,33E+07	232,89	1,47	2,68E+05	0,016	1506,362074	23287336,13	232,87	0,085
	4-4A	468	1"	19,86	0,020	0,000310	5,54	11,50	23288941,62	232,89	1,80	2,96E+05	0,015	2957,87	23285983,75	232,86	0,080
	4A-4B	468	3/4"	14,22	0,022	0,000380	1,56	1,99	23285983,75	232,86	1,47	2,67E+05	0,016	317,4721484	23285666,28	232,86	0,009
4-5		938	1"	19,86	0,020	0,000310	9,15	9,55	2,33E+07	233,00	3,61	5,93E+05	0,014	9021,74	23290785,05	232,91	0,090
	5-5A	470	1"	19,86	0,020	0,000310	5,54	11,50	23290785,05	232,91	1,81	2,97E+05	0,015	2980,94	23287804,11	232,88	0,090
	5A-5B	470	3/4"	14,22	0,014	0,000159	1,56	1,99	23287804,11	232,88	3,53	4,15E+05	0,015	2685,68	23285118,44	232,85	0,027
5-6		468	1"	19,86	0,020	0,000310	14,69	21,24	23290785,05	232,91	1,68	2,76E+05	0,016	4791,56	23285993,49	232,86	0,048
	6-6A	468,00	3/4"	14,22	0,014	0,000159	1,56	1,99	23285993,49	232,86	3,27	3,85E+05	0,015	2330,83	23283652,67	232,84	0,023

De acuerdo a los datos obtenidos se concluye que no existe gran afectación debido a las caídas de presión por estas razones:

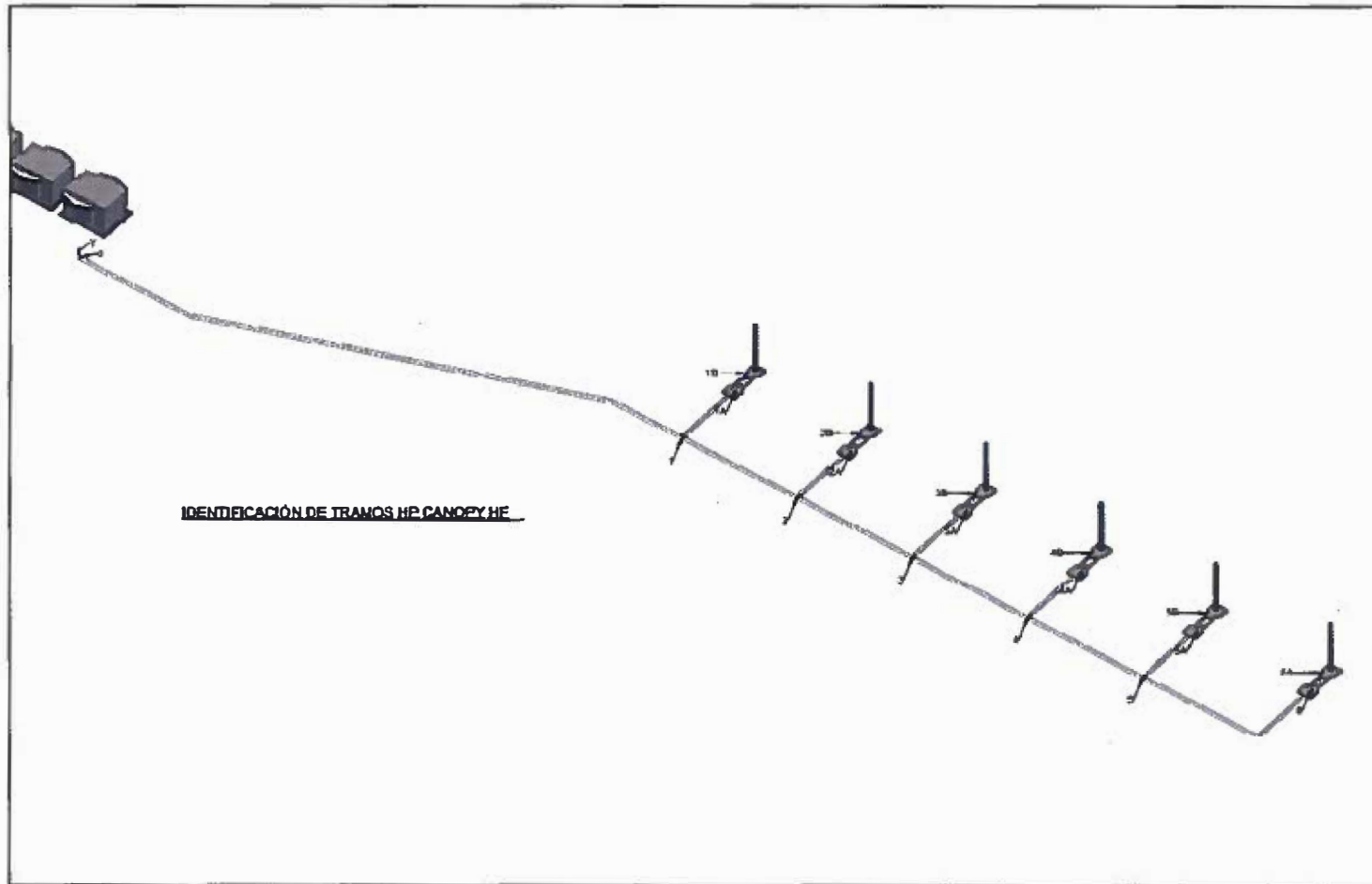
- Acabado de materiales empleado.
- Pocos accesorios entre tramos.
- Tubería recta.
- Presión de trabajo muy elevada.
- Las pérdidas de presión no afectaran la operación de la estación, ya que la presión final de llenado de los vehículos es a 200 bares.

Nota: Se pueden presentar problemas por demanda de flujo en horas pico de operación de la estación.



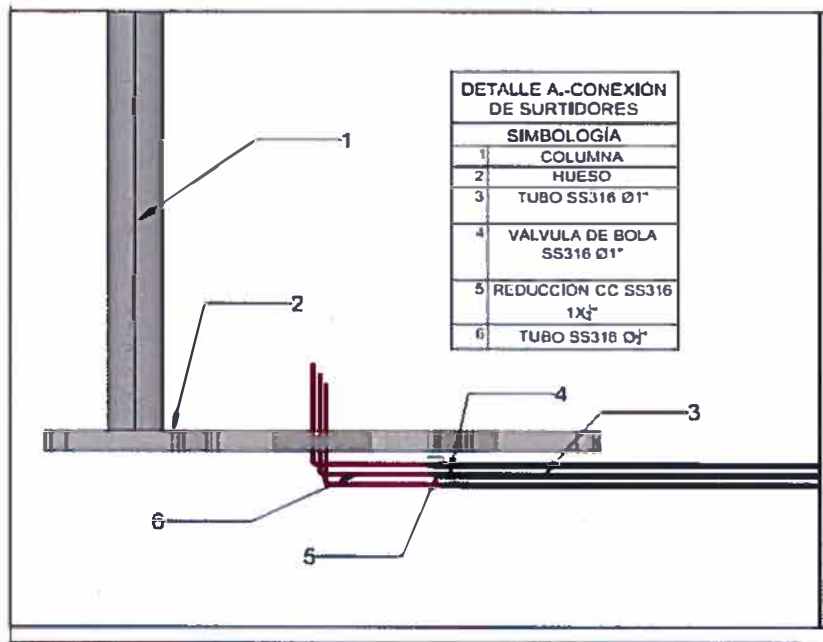
Fuente: Propia.

Figura 37. Tubería de Alta Presión (Canopy STD)



Fuente: Propia.

Figura 38. Tubería de Alta Presión (Canopy HF)



Fuente: Propia.

Figura 39. Conexión a surtidores o dispensarios

Cálculo de espesor de tubería de polietileno

Para el cálculo del espesor de la tubería de polietileno, se utiliza la siguiente ecuación, derivada de la ecuación del numeral 5.1.2.2 de la NOM-003- SECRE-2011 para tuberías de polietileno.

$$t = \frac{D}{\left(\frac{2Sh \times 0.32}{Po}\right) + 1}$$

Dónde:

- t= Espesor mínimo requerido, in
- D= Diámetro exterior de tubería, in
- Sh= Resistencia hidrostática a largo plazo, psi
- Po= Presión de operación, psi

Tubería de polietileno DN 4"

$$\therefore t = \frac{110}{\left(\frac{2 \times 87.95 \text{ kPa} \times 0.32}{6.89 \text{ kPa}}\right) + 1}$$

$$t = 11.9962 \text{ mm}$$

Las tuberías de polietileno a instalar deberán cumplir como mínimo con las siguientes especificaciones:

- Tubería DN 110 PEAD SRD 9

Los accesorios necesarios para la correcta instalación deberán ser de las mismas características.

Cálculo de espesor para tubería de acero

La tubería de acero al carbono a utilizar será de 3" Ambas en Sch 40, para la conducción de gas natural cumplirá con los requerimientos mínimos o equivalentes establecidos en las normas vigentes en México con relación a esta materia y, a falta de éstas, con la práctica internacionalmente reconocida aplicable. El espesor mínimo de la tubería se calcula de acuerdo con la fórmula siguiente:

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

En donde:

- t = Espesor de la tubería, en mm
- P = Presión de diseño, en kPa
- D = Diámetro exterior de tubería, en mm
- S = Resistencia mínima a la cedencia
- F = Factor de diseño
- E = Factor de eficiencia de la junta
- T = Factor de corrección por temperatura.

Tubería de 3"

$$\therefore t = \frac{689 \text{ kPa} \times 88.9 \text{ mm}}{2 \times (330 \times 10^3) \text{ kPa} \times 0.72 \times 1 \times 1}$$

$$t = 0.12889\text{mm}$$

Las especificaciones deberán ser las mínimas indicadas a continuación:

- *El espesor de pared de la tubería utilizado de 3" Sch 40 es de 5.49 mm*

Cálculos de caídas de presión para tubería a 7 bares

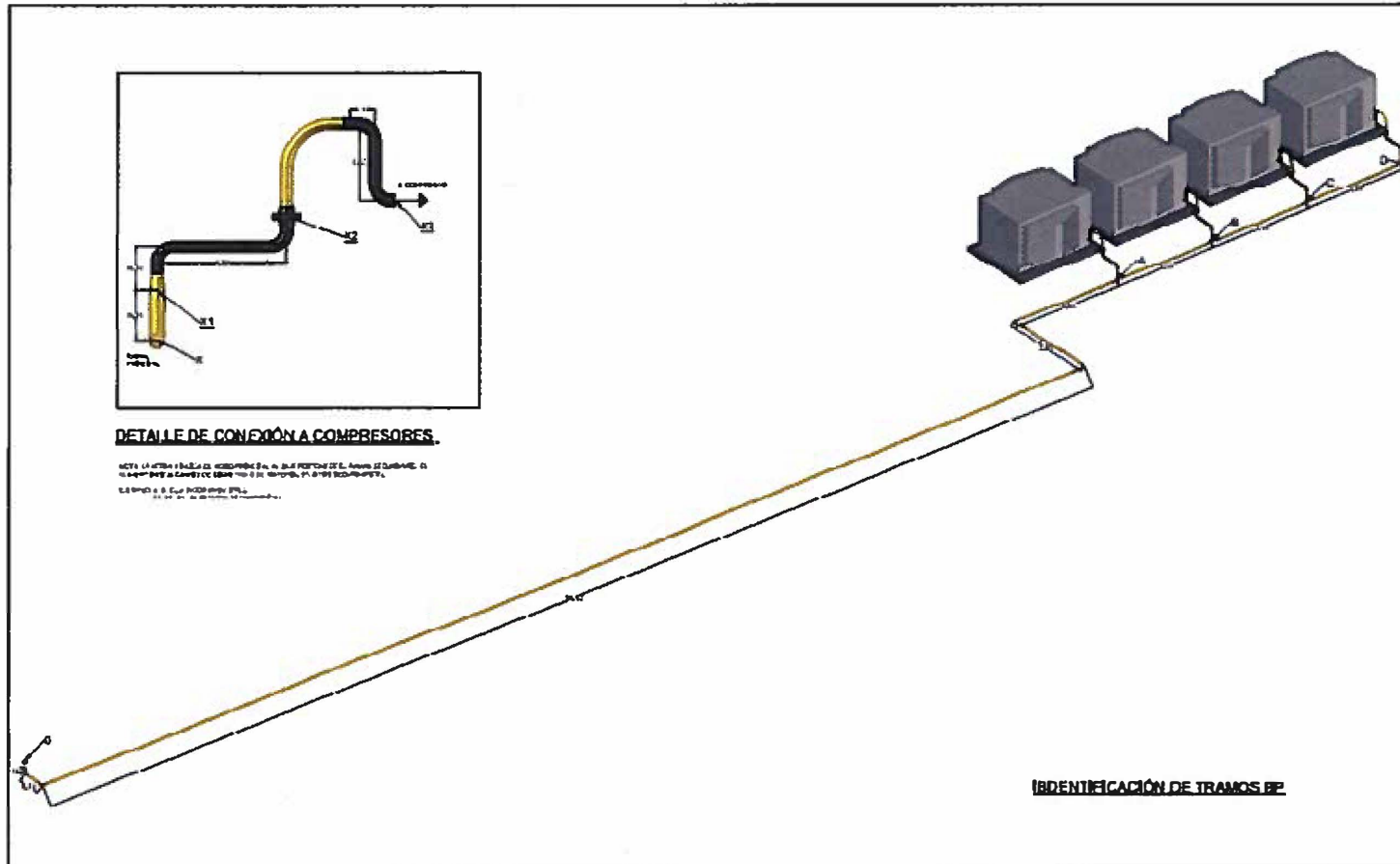
Para una presión manométrica de succión del compresor de 7 bar, se tienen las siguientes caídas de presión de los tramos de tubería.

Concepto	Valor	Unidad
Presión manométrica de Salida de la ERM	≤6,89	bar

Temperatura (Kelvin)	Rparticular gas natural (kJ/kgK)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad cinemática gas natural (Pa*s)	Rugocidad del PEAD (mm)	Rugocidad de AC (mm)
291	0,503	5,60	1,10E-05	0	0,03

Tabla 17. Análisis de caídas de presión por tramos (Tubería de 7 bar).

TRAMO PRINCIPAL	TRAMO SECUNDARIO	Q (m³/h)	Dn (pul)	Di (mm)	Di (m)	AI (m²)	L (m)	Le (m)	P ₁ (Pa)	P ₂ (bar)	V (m/s)	Re	f	ΔP (Pa)	P ₂ (Pa)	P ₂ (bar)	ΔP (bar)
D-A		5636	4"	114,30	0,114	0,010261	45,66	95,95	689000	6,89	22,14	1,29E+06	0,011	12878,3996	676121,6004	6,76	0,129
	A-A1	1409	4"	114,30	0,114	0,010261	0,35	0,35	676121,6004	6,76	5,64	3,28E+05	0,014	3,88711579	676117,7133	6,76	0,000
	A1-A2	1409	3"	89,90	0,089	0,006207	1,15	33,15	676117,7133	6,76	9,33	4,21E+05	0,014	1234,64199	674883,0713	6,75	0,012
	A1-A3	1409	3"	89,90	0,089	0,006207	2,69	8,02	674883,0713	6,75	9,34	4,22E+05	0,014	299,804159	674583,2671	6,75	0,003
A-B		4227	4"	114,30	0,114	0,010261	3,56	5,85	676121,6004	6,76	16,92	9,83E+05	0,012	479,746817	675641,8536	6,76	0,005
	B-B1	1409	4"	114,30	0,114	0,010261	0,35	0,35	675641,8536	6,76	5,65	3,28E+05	0,014	3,89	675637,9615	6,76	0,000
	B1-B2	1409,00	3"	89,90	0,089	0,006207	1,15	33,15	675637,9615	6,76	9,33	4,22E+05	0,014	1236,23	674401,7268	6,74	0,012
	B2-B3	1409,00	3"	89,90	0,090	0,006348	2,69	8,08	674401,7268	6,74	9,14	4,18E+05	0,014	286,58	674115,151	6,74	0,003
B-C		2818,00	4"	114,30	0,114	0,010261	3,56	5,85	675641,8536	6,76	11,29	6,56E+05	0,013	229,15	675412,7039	6,75	0,002
	C-C1	1409,00	4"	114,30	0,114	0,010261	0,35	0,35	675412,7039	6,75	5,54	3,22E+05	0,014	3,76	675408,9504	6,75	0,000
	C1-C2	1409,00	3"	89,90	0,089	0,006207	1,15	33,15	675408,9504	6,75	9,15	4,13E+05	0,014	1193,04	674215,9089	6,74	0,012
	C2-C3	1409,00	3"	89,90	0,090	0,006348	2,69	8,08	674215,9089	6,74	8,95	4,09E+05	0,014	275,65	673940,2632	6,74	0,003
C-D		1409,00	4"	114,30	0,114	0,010261	3,91	9,63	675412,7039	6,75	5,54	3,22E+05	0,014	103,30	675309,40	6,75	0,001
	D-D1	1409,00	4"	114,30	0,114	0,010261	1,15	1,15	675309,40	6,75	5,54	3,22E+05	0,014	12,34	675297,0615	6,75	0,000
	D1-D2		3"	89,90	0,090	0,006348	2,69	35,05	675641,85	6,76	3,62	1,65E+05	0,016	232,62	675409,229	6,75	0,002



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Isométrico de Tubería de Baja Presión.

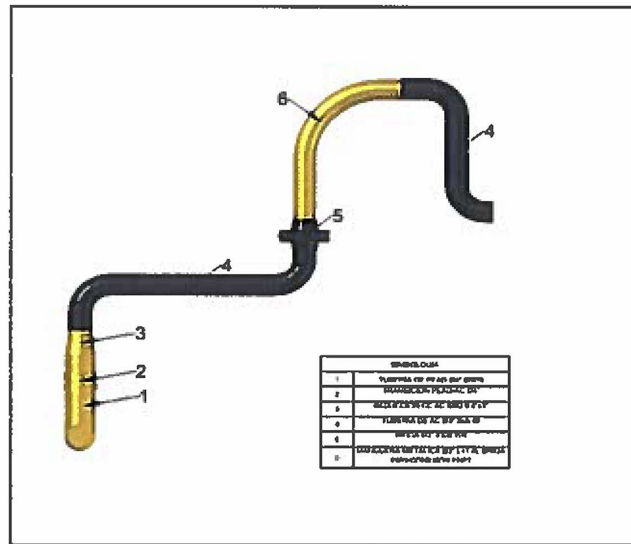


Figura 41. Conexión a compresor.

Instalaciones Eléctricas

Se deberán tomar en cuenta la instalación del equipamiento necesario requeridas para el suministro de energía eléctrica, sistemas de control de energía, trasferencia, transformación, descargas eléctricas y equipos necesarios para corregir el factor de potencia para tener una buena calidad en el suministro de la energía. Los equipos eléctricos distribuyen la energía desde la acometida de CFE hasta todos los sistemas operativos de la estación a través de circuitos y cableados. Los equipos utilizados para la distribución y transformación son los siguientes:

Tabla 18. Equipo Eléctrico a Instalar en la Estación de Servicio.

Equipo Eléctrico Primario	Cantidad
Transformador Tipo Pedestal Prolec300 Kva	4
Tablero Tgn1 Siemens Nema 3r	4
Banco De Capacitores Siemens Nema 3r 75 Kva	4
Tablero Tg22 Siemens	4
Transformador Tipo Seco Siemens	1

Estos equipos alimentan a compresores, surtidores, contactos de servicio en oficinas, iluminación interior y exterior, anuncios luminosos, dispositivos de paros de emergencia, voz y datos, etc. Para cada compresor se deberá instalar un transformador o bien puede instalarse uno que tenga la capacidad de soportar el consumo de potencia de ambos motores de los compresores. Para la alimentación de oficinas se deriva un transformador seco del tablero TGN1.

Además, la estación deberá contar sistema de descarga de puesta a tierra, para protección ante cortos circuitos y descargas magnéticas atmosféricas. En caso de ser necesario se instalará un para rayos. Todos los puntos de puesta a tierra deberán estar interconectados y se deberán hacer las pruebas de resistencia para comprobar que todos los puntos tienen el mismo valor o se encuentran en un valor admisible de variación aceptados por la norma.

Todas las instalaciones deben cumplir con las especificaciones de la NOM-001-SEDE-2012(utilización).

Dispensarios o Surtidores.

Los dispensarios inicialmente están certificados y calibrados por el fabricante, para el correcto funcionamiento de los mismos, estos se les programa el precio del gas natural por metros equivalentes a gasolina Magna y viene configurados por el fabricante para la presión de suministro que es de 200 bar.

Los dispensarios están conformados por dispositivos reguladores que al detectar una variación de presión fuera de los parámetros de funcionamiento, harán un paro para que se revise la presión y el correcto suministro del gas a los usuarios de la estación de gas natural comprimido. Los dispensarios, tienen un software que se comunica al sistema IT de la estación para cuantificar la venta y facturación del gas natural comprimido y a su vez este software tendrá la información de cada cliente.

El surtidor está clasificado eléctricamente como clase 1, división 1, grupo D, a prueba de explosión. Todo el cableado del surtidor debe ser a prueba de explosión de acuerdo a la

clasificación de clase 1, division1, grupo D. Los requisitos del cableado incluyen encendido del dispositivo del surtidor, cableado de los botones de apagado de emergencia y otros cableados requeridos para las interconexiones de control de consolas y los sistemas de acceso de tarjetas. Para detalles en la instalación del cableado, ver los diagramas del surtidor con la instalación del sistema eléctrico. La caja a prueba de explosión, donde está todo el sistema de cableado debe ser completamente cerrada.

El dispositivo de desconexión por desprendimiento (breakaway) es montado sobre la manguera del surtidor corriente arriba de la parte superior flexible de la manguera de llenado. La desconexión por desprendimiento es un dispositivo de seguridad que protege al surtidor en caso de que un vehículo a gas dé marcha con la boquilla de llenado conectada. Cuando el vehículo hala la manguera de llenado con suficiente fuerza, la válvula breakaway se separará antes de que ocurra un daño dentro de la cabina o en la manguera. El acople de alta presión automáticamente cierra el flujo de gas previniendo una fuga.

En la siguiente tabla se presentan en forma detallada las especificaciones técnicas de los dispensarios o surtidores de gas natural a instalar en la Estación de Servicio:

Tabla 19. Especificaciones técnicas de los surtidores de GNV.

Especificación	Dispositivo Adu. Tipo 2 (Hidrocarburos)	Dispositivo Adu. Tipo 2 (Hidrocarburos)
Flujo promedio (kg/min)	27	20
Niveles de alimentación de gas	3	3
Alimentación eléctrica (V)	110-120	110-120
Fluido de operación	Gas natural comprimido (GNC)	Gas natural comprimido (GNC)
Precisión	+/-0,5% del total de la carga; rango mínimo 1 kg/min	+/-0,5% del total de la carga; rango mínimo 1 kg/min
Presión de trabajo (psi/bar)	3660/250	3660/250
Presión de llenado (psi/bar)	3000/207 +/-2,5%	3000/207 +/-2,5%
Boquilla de llenado	NGV1 o NGV2	NZ o NGV1
Filtro	Coalescente o de partículas	Coalescente o de partículas
Sistema de corte por exceso de flujo	Eléctrico	Eléctrico
Sistema de corte por sobrepresión	Regulador de presión, eléctrico, válvula de alivio y manómetro presostato	Regulador de presión, eléctrico, válvula de alivio y manómetro presostato
Gabinete	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Sistema de medición máx.	Micromotion	Micromotion
Certificación eléctrica	IEC (estándar Europeo)	IEC (estándar Europeo)
Certificación de producto	Certificado Bureau Veritas de planta y producto	Certificado Bureau Veritas de planta y producto
Apagado automático	Botón de parada de emergencia	Botón de parada de emergencia
Dimensiones (max)	2085x725x400	2085x725x400
Peso (kg)	170	170



Figura 42. Ejemplo de surtidor a instalar en la Estación de Servicio.

II.1.4.2. Diseño General.

- El diseño de la estación deberá cumplir con los códigos y normas locales para clasificación de áreas peligrosas.
- El compresor debe instalarse con espacios suficientes y accesos adecuados para un fácil mantenimiento.
- La instalación del compresor debe considerar un adecuado flujo de aire para ventilación.
- El tubo de gas de entrada, debe colocarse de forma que el acceso para mantenimiento de la unidad no se vea obstaculizado.
- Debe ser considerada y mantenerse libre de obstáculos la entrada y salida de emergencia de la estación.

Plataforma Base del Compresor, Islas de surtidores y Trincheras.

- a) La obra civil para la plataforma de concreto debe ser realizada por un ingeniero civil especializado, deben ser considerados en el diseño de plataforma de concreto las cargas estáticas y dinámicas.
- b) La base de concreto debe estar perfectamente nivelada. Es muy importante que el acabado superficial deba estar libre de puntos desiguales para un funcionamiento suave (bajos niveles de vibración) del compresor. Se recomienda el uso de grout auto nivelante para evitar cualquier desbalance que pueda afectar el funcionamiento de la máquina.

En el diseño de la plataforma de concreto, deben ser considerados pasos transversales para cables, tuberías eléctricas, tubos de acero inoxidable y en caso de que el equipo necesite diseñar la plataforma de concreto de manera que permita el anclaje especificado por el fabricante.

Deben tener en cuenta durante la construcción de la estación, trincheras o ductos para cables, tubos de acero inoxidable y tubería entre el patín del compresor, tableros CCM y surtidores.

Si se diseñan trincheras abiertas tienen que tener cubiertas adecuadas y deben tener soportes y apoyos para los tubos de acero inoxidable, tubos y cables eléctricos, considerando cumplir con las normas y códigos locales.

Para ductos enterrados encamisados con PVC, deben considerarse solo tuberías sin uniones ni registros intermedios, así como registros con suficiente espacio para maniobrar, con drenaje para filtrado de agua.

En el diseño de la isla del surtidor debe considerar lo siguiente:

- Los registros eléctricos y de gas para las tuberías y cables eléctricos de distribución y control, tuberías y conexiones de acero inoxidable.
- Un marco de acero de acuerdo a norma para atornillar por debajo los surtidores.
- El registro debe contar con suficiente altura para acceso y conexión al surtidor.
- Instalación de tubos de defensa para proteger a los surtidores.

Plataformas del compresor y Recinto.

La plataforma debe estar nivelada y los pernos de anclaje apropiados deben ser utilizados.

Si la plataforma de concreto no es perfectamente uniforme y nivelada, entonces, deberá ser utilizado para el montaje de la plataforma del compresor en la plancha de concreto uno de los métodos siguientes.

- a) Montajes de vibradores de aislamiento (amortiguadores)
- b) Una lechada de epoxi o base de cemento para rellenar los espacios entre el patín y la base de concreto, en este caso, no se requieren pernos de anclaje
- c) Una lámina de caucho reforzado, de 1" de espesor se puede utilizar para eliminar cualquier punto desigual en la base de concreto
- d) La estructura de la plataforma del compresor debe estar conectado sólidamente a una fuente de tierra física. La cabina acústica debe ser anclada a la plataforma de concreto.

Tubería de entrada de gas.

Debe instalarse en la tubería de entrada de gas el filtro de entrada, la manguera flexible, y la válvula de bloqueo manual o automática.

El filtro de entrada debe estar instalado en la tubería de entrada y debe fijarse correctamente el cual debe ser compatible.

Cascada de almacenamiento.

El bastidor de la cascada de almacenamiento debe estar conectado firmemente a tierra física.

La tubería de descarga de las válvulas de seguridad, deben estar a una altura segura a la atmósfera en dirección del viento y de acuerdo a las normas locales.

Los recipientes sujetos a presión, deberán cumplir con lo establecido en la NOM-020-STPS-2011, "Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas – Funcionamiento - Condiciones de Seguridad".

Tubería de Acero inoxidable.

Los tubos de acero inoxidable utilizados deben ser correctamente clasificados para la presión de diseño y dimensionado adecuadamente para los caudales deseados.

Los tubos de acero inoxidable se tienen que fijar y apoyar a distancias adecuadas con accesorios dieléctricos.

Tablero Eléctrico o CCM.

El tablero del CCM debe estar ubicado en un área no peligrosa y tiene que ser firmemente conectado a tierra física.

Las características del cuarto eléctrico deben ser las siguientes:

- a) Debe localizarse fuera del área de compresores, alejado por lo menos a 3 metros de distancia de los equipos.
- b) Se recomienda la instalación de ventilación forzada positiva.

- c) La puerta de acceso debe ser controlada y ubicada a contra flujo de los vientos dominantes.
- d) El cuarto debe ser construido de tal manera que garantice no ser afectada por los elementos naturales de la zona (como lluvia, vientos, inundaciones, sismos, etc.).
- e) Debe contar con la iluminación suficiente y necesaria para su correcto mantenimiento, considerando iluminación de emergencia.
- f) Debe contar con suficiente ventilación.

Compresor de gas

Para el arranque del compresor deberá hacerse el commissioning recomendado por el fabricante del equipo, siguiendo las instrucciones del transmittal o manual. Por ningún motivo deberá ponerse en marcha ningún equipo, si no se ha asegurado la correcta instalación de todos los componentes, conexión eléctrica y suministro de gas natural. Se deberá solicitar la asistencia de personal técnico capacitado por parte del fabricante para iniciar las actividades de la puesta en marcha y para asegurar que se siguieron los códigos, normas e instrucciones de conexión y montaje para cada componente del equipo.

Compresor de aire comprimido y tubería de aire.

El compresor de aire debe estar instalado en un lugar no peligroso, considerando contar con las cubiertas de guarda de las partes móviles, como poleas, bandas, y flecha del motor.

Los tubos de aire deben ser del tamaño correcto para la caída de presión y el flujo de aire deseado.

En la descarga del compresor de aire deberá instalarse separador de condensados y/o un secador de aire, así también considerar el drenado del tanque pulmón.

Surtidor.

Cada surtidor debe ser clasificado como área Clase I División 1.

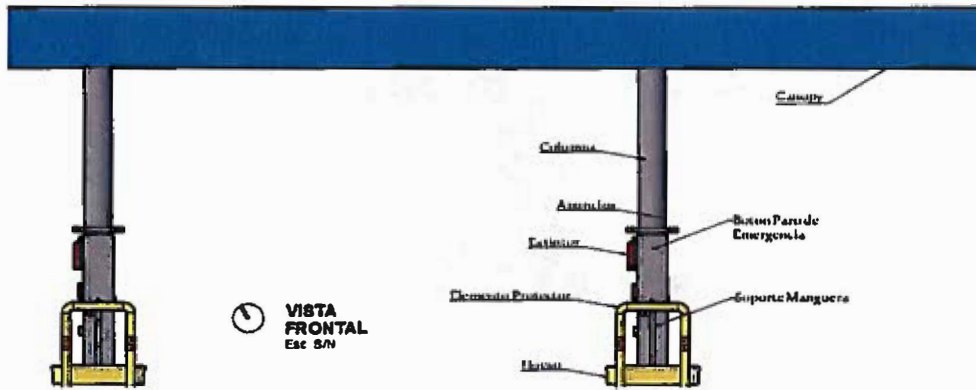
- La estructura del surtidor, debe estar sólidamente conectado a tierra.

- Las luminarias del recinto y surtidor deberán ser a prueba de explosión o instalarse a suficiente distancia para quedar fuera de la clasificación de áreas peligrosas Clase 1, Div.1.
- Debe considerarse una tubería suficiente en capacidad de presión y flujo, para el venteo de las válvulas de llenado y válvulas de relevo de presión de los surtidores.
- Considerar si los registros de los surtidores cuentan con suficiente ventilación, de lo contrario instalar un venteo a la atmosfera con tubo de PVC.
- Todos los venteos de acuerdo a norma deberán estar a no menos de 0.7m del punto más alto del recinto o techumbre, y deben tener un arreglo para evitar la entrada de lluvia, polvo u objetos extraños.
- En el área de surtidores, se deberá colocar letreros visibles, restrictivos, preventivos, informativos y diversos con las leyendas que indica la norma local.
- Se deberá instalar en las áreas de surtidor, recinto, cuarto eléctrico, almacenes, talleres y oficinas, equipos contra incendio de acuerdo a Normas vigentes, se deberá contar con alarma contra incendio la cual deberá activar una alarma sonora/luminosa en caso de presentarse algún siniestro, y señalización de acuerdo con la norma aplicable en vigencia.

Disposición de surtidores

Los surtidores de GNC están localizados en una instalación exterior protegida que cumple con las dimensiones indicadas en la norma.

Los surtidores se montarán sobre un módulo de abastecimiento, como mínimo con las características y distanciamientos que se muestran en la norma y con una protección tubular contra choques sobre el sentido de circulación de los vehículos. Asimismo, el distanciamiento entre el surtidor y la colindancia a la banqueta más cercana debe ser 3 metros.



El punto de transferencia a guardara una distancia mínima de 3 (tres) m con la

colindancia del predio y la banqueta. Se considerarán que las áreas clasificadas como peligrosas queden localizadas dentro del predio y que no se obstruya la vialidad interna vehicular.

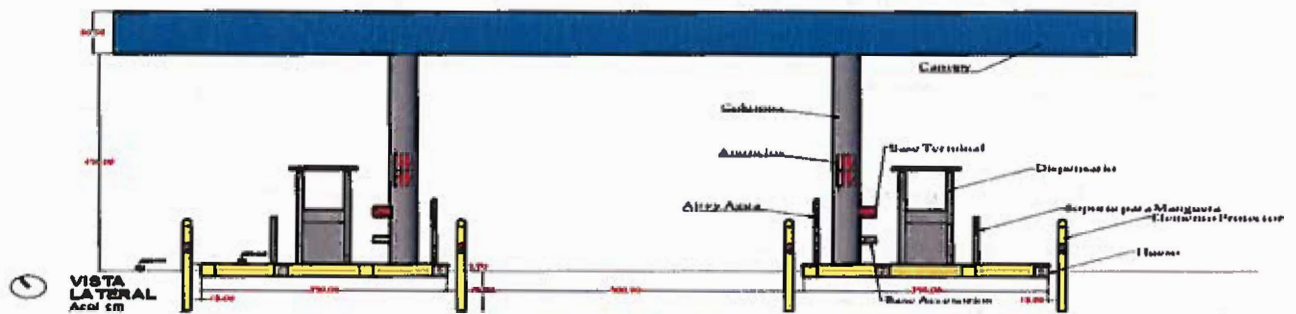
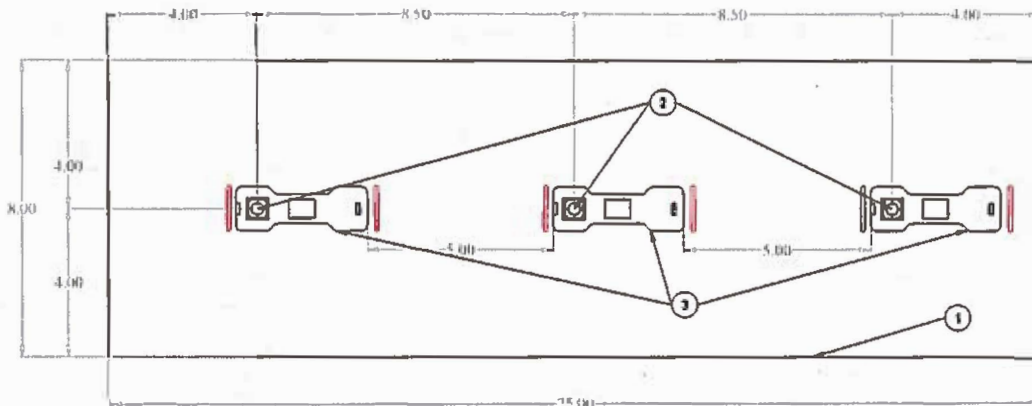




Figura 43. Surtidores de gas en disposición longitudinal.

II.1.5. Proyecto Sistema Contra Incendios

Como medida de seguridad y protección contra incendios se instalarán extintores de polvo químico seco (PQS) manual, clase ABC de 9 kg de capacidad c/u y de CO₂ en las siguientes áreas:

Tabla 20. Extintores de la Estación de servicio.

Ubicación	Cantidad	Tipo	Capacidad
Oficinas Planta Alta y Baja	2	CO ₂	9 Kg
Local comercial 1	1	CO ₂	9 Kg
Local comercial 2	1	PQS	9 Kg
Exterior de ERM	1	PQS	9 Kg
Área de compresores y cascada	2	PQS	9 Kg
Área de dispensarios Primera Fase (Canopy)	6	PQS	9 Kg
Área de dispensarios Servicio Fase (Canopy)	6	PQS	9 Kg
Cuarto eléctrico	1	CO ₂	9 Kg
Vestidores y área de mantenimiento	1	PQS	9 Kg

Sumando un total de 21 extintores. Además se contará con un sistema de alarma tipo sonora claramente audible con apoyo visual de confirmación, ambos elementos operan con corriente eléctrica C.A. de 127 voltios, misma que se activará al accionar las botoneras de alarma. En el área de oficinas se tendrán también detectores de humo; los detalles de la ubicación de dichos

elementos se encuentran indicados en el plano de señalética y sistema contra incendio que se incluye como anexo en el Manifiesto de Impacto Ambiental del presente proyecto.

II.2. Descripción Detallada del Proceso

La operación de la estación de servicio no implica un proceso de transformación de materias primas; esto quiere decir que no existirá un metabolismo industrial, dado que las actividades tan sólo implicarán el abastecimiento de Gas Natural Vehicular (GNV).

La única materia que se manejará es el gas natural, la cual no se puede considerar como una materia prima propiamente dicho, en virtud de que no se utiliza para un proceso de transformación y no sufre ninguna transformación química. Debido a que se realizarán operaciones de transvase únicamente, no se generarán productos ni subproductos.

Tabla 21. Sustancias químicas peligrosas.

Material riesgoso	Capacidad total en kg*	Cantidad de reporte (kg).	Tipo de almacenamiento	Equipo de Seguridad
Gas natural	2,517.27	500 Kgs (como metano)	Cascada pulmón a base de batería de cilindros y tuberías de distribución de la Estación de Servicio	Manómetros, válvula de seguridad y venteo, rótulos de seguridad

* No se cuenta con tanque de almacenamiento, pero se considera el gas almacenado dentro del equipo cascada pulmón, el cual consta de 48 cilindros de 125 litros hidráulicos cada uno y 3 tanques de 2,370 litros cada uno, dando 13,110 litros.

En este sentido, no existirá un verdadero proceso químico en el sentido estricto de la palabra, y la totalidad de las operaciones que se realizarán pueden resumirse de la siguiente manera:

El gas será entregado por la empresa distribuidora a través de un gasoducto a alta presión hasta una Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM), propiedad de la empresa distribuidora y que queda en custodia de la misma empresa transportista, la cual, controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros. Cabe mencionar, que el personal de Natgas no tendrá acceso a la ERM ni autorización para realizar mantenimientos y/o modificaciones al arreglo o parámetros, únicamente lo realiza personal autorizado por el distribuidor. A la salida de la ERM, el gas debe

mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o temperatura. Como el gas natural es usualmente transportado a las estaciones de distribución a través de gasoductos, y este puede estar en un rango de presión de 12 a 21 Kg/cm² (174 a 304 Psig), la cual es muy baja para su transportación terrestre y almacenamiento, por lo que el gas debe ser comprimido. Sin embargo, antes de comprimir el gas, este debe ser acondicionado, lo que significa retirar su posible alta concentración de vapor de agua a través de filtros coalescentes y adsorbentes o con un secador de gas, que es un recipiente relleno de un material secante que remueve la humedad del gas. Con la finalidad de que el gas quedé seco además de que los efectos de la humedad en los sistemas de gas natural no siempre son inmediatamente evidentes. Y tomando en cuenta que, aunque el punto de rocío del gas puede ser tan bajo como -40 ° C en la tubería a presión, el efecto de la compresión afecta el punto de rocío del gas.

Las leyes físicas dictan que el punto de rocío de un gas aumenta a medida que aumenta su presión. Por lo tanto, aunque el punto de rocío del gas en una tubería dada puede ser muy baja cuando llega al compresor, y es comprimido, será significativamente mayor cuando el gas sale del mismo. Esta es la razón por la cual es necesario instalar equipos de filtración o secadores de adsorción de humedad. Especialmente en las zonas donde las temperaturas más bajas se encuentran durante los meses más fríos del invierno. De no contar con estos equipos, los líquidos condensados se acumularán en los recipientes ocupando un volumen muerto y por ser líquidos afectaran la capacidad de compresión y además pueden llegar a provocar corrosión en el interior de los tanques de almacenamiento y tuberías, acelerando su envejecimiento y reduciendo el tiempo de vida del equipo. Con el gas ya acondicionado, pasa a la siguiente etapa del proceso que es la de compresión del gas, en donde se incrementa su presión hasta los 3,600 psi aproximadamente. Para lo anterior se cuenta con los equipos de compresión.

El sistema de compresión que se contempla instalar, constará de cuatro compresores de 4 etapas de compresión, con una presión de succión de **≤6.89 bar** y con un rango de operación de descarga en la primera etapa de 310 psi, en la segunda etapa de 830 psi y en la tercera etapa de 1750 psi y finalmente en una cuarta etapa de 3600 psi. El funcionamiento de compresión será

operado por un Controlador Lógico Programable (PLC), que es una computadora industrial dedicada a controlar cada operación del sistema, la cual decide cuándo y que presión de descarga se requiere. El sistema electrónico de del sistema de compresión requiere de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y temperatura, indicadores de presión, temperatura, y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc. Dispositivos con los que se monitorea los parámetros y condiciones de los equipos y de igual manera condiciones para provocar un paro de emergencia como puede ser detección de una concentración de mezcla de gas explosiva en el ambiente, altas temperaturas en las etapas de compresión, altas presiones de descarga, etc. Lo que significa que el sistema es inteligente y seguro. Además, desde el "Tocuh Panel" pueden monitorearse diversos parámetros como presión y temperatura en la succión, descarga de cada etapa, descarga final, nivel, presión y temperatura del aceite, voltaje, corriente y potencia consumida, entre otros.

Para operar gran parte de las válvulas automáticas, estas cuentan con actuador neumático las cuales requieren de aire comprimido para su operación, prácticamente todas son normalmente cerradas y requieren de aire comprimido para su apertura. El aire es controlado por válvulas solenoides que son controladas también por el PLC, y ante la pérdida de energía eléctrica o pérdida de suministro de aire comprimido y al igual por la activación de algún paro de emergencia o situación de alarma de los equipos, las válvulas se cierran y el servicio se suspende de manera parcial o total.

El sistema de compresión cuenta con un intercambiador de calor el cual permite enfriar por transferencia de calor a través de ventilación forzada el gas a la salida de cada etapa de compresión ya que el gas al ser comprimido, la presión y la temperatura aumentan. Una vez que el gas es comprimido a una alta presión, está listo para ser despachado o almacenado, teniendo siempre como prioridad el suministro a los surtidores de gas. El control de lo anterior se hace a través del **Panel de Prioridades**, que es un tablero con válvulas automáticas que direccionan el flujo del gas, que puede ser hacia los tanques de almacenamiento o hacia surtidores.

El sistema de Almacenamiento con 3 bancos, consiste de un banco llamado “Banco Baja”, un segundo banco llamado “Banco Media” y un tercer banco llamado “Banco Alta”. El nombre asignado no es propiamente por su presión de trabajo, sino por su prioridad de llenado. Cuando los tres bancos están llenos a la misma presión, el balance es de aproximadamente 60% en Baja, 20% en media y 20% en alta. El propósito fundamental de los tanques de almacenamiento es poder dar fluidez y velocidad de llenado, además de no requerir un trabajo del sistema de compresión. La función de todos estos elementos es controlada automáticamente por el PLC localizados en el paquete de compresión y cuando se requiere de 2 o más equipos de compresión, se cuenta con un PLC Maestro localizado en el CCM principal, asignado a coordinar la operación y seguridad de todos los equipos. Los técnicos operadores de la estación pueden ver el estado del sistema de compresión y modificar algunos de los parámetros de referencia (o set point) de operación a través de una interface al PLC, localizada en el tablero del CCM, llamado Panel View. Esta pantalla es el punto de inicio para la interface Hombre-Máquina, a través de unas teclas de función se puede tener acceso a la operación de ciertas válvulas y motores de forma manual, deshabilitando su operación automática, y con otras funciones se puede acceder a los valores de Set-Point de referencia los cuales permiten al usuario variar algunos de los parámetros de control como sea necesario, así también por medio de esta pantalla se pueden mostrar situaciones de alarma y también se puede tener conocimiento del historial de las mismas. Para el cambio de estos parámetros se requiere la autorización de un usuario experto.

Los equipos de despacho llamados **surtidores** o dispensarios, inician el llenado primeramente enviando gas del banco bajo de almacenamiento a los tanques de almacenamiento móvil instalado en un vehículo. Una vez que la presión comienza a igualarse (al igual que el flujo disminuye), el sistema de control del surtidor intercambia la fuente de gas al banco medio. Nuevamente, llenando hasta que la presión diferencial disminuye, entonces intercambia dando acceso al banco alto. Finalmente, una vez que el flujo en el banco alto disminuye y no es suficiente para concluir la carga, sistema de compresión arranca y comienza a llenar directamente a los tanques de la unidad móvil hasta llenarlo totalmente, para tener una

presión de llenado final de 200 Bar (20MPa o 2928 PSI), puede existir una mínima variación en la medición de la presión ocasionada por las condiciones ambientales. El sistema de llenado con bancos de almacenamiento sirve para dar velocidad de llenado, y si consideramos que el almacenaje es mucho más grande que la capacidad de los tanques móviles el número de arranques y paros del sistema de compresión disminuye considerablemente.

La prioridad del lado del sistema de compresión es esencialmente lo contrario de la secuencia del sistema de llenado a surtidos. El flujo de los compresores es direccionado primero al banco de alta, después al banco de media y por último al banco de baja. Con lo anterior se asegura que el tanque de alta este siempre disponible para rellenar al máximo los cilindros de las unidades móviles, después de que los otros bancos hayan dado su presión disponible. La más alta prioridad de los compresores es el llenado en surtidores y posterior a esto el llenado del sistema de almacenamiento.

Uno de los más importantes puntos que no se debe olvidar en este tipo de estaciones es la seguridad, la cual ha sido considerada para que el personal operario tenga acceso a esta de manera inmediata. Es decir, existen botones de paro de emergencia, en cada unidad de despacho, sistema de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales, al ser activados, desenergizan totalmente el sistema de compresión, cierran válvulas de succión y descarga de secadores, compresores y panel de prioridades. Seguido de lo anterior la activación de una alarma sonora/luminosa indica situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos. Además, el sistema de compresión en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, así mismo, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con

válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas. En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-SECRE-2002.

Los **surtidores** cuentan con un medidor de flujo másico y un computador que le permite calcular el volumen de gas transferido, así como compensar el gas por presión, ya que debido a la fricción el gas eleva su temperatura expandiendo sus partículas e incrementando su presión y por consecuencia reduciendo la capacidad de almacenamiento de los cilindros móviles. Y al igual si el clima fuera extremadamente frío, el gas se compactaría y el tanque se llenaría con un mayor volumen que pondría en riesgo la capacidad de presión del tanque al expandirse el gas con el incremento de la temperatura ambiente, por lo que se podrá operar a presiones de llenado de GNC adecuadas para cilindros con presión de servicio de 20 MPa (200 bar).

Además, cada surtidor deberá contar con un desfogue que habrá de colocarse a 0.7m sobre el nivel de la techumbre del área de surtidor, válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de la misma, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, y botones de paro de emergencia.

Depósito de recuperación

El depósito de recuperación es un tanque a presión que acumula el gas del compresor cuando se apaga. También puede ser utilizado como un sumidero condensado en sistemas con un filtro automático, y como drenar el sistema de lavado.

Recogidos en los condensados del tanque, este necesita ser drenado cada 2 semanas.

Para vaciar el depósito de recuperación:

1. Abrir y mantener la válvula abierta durante aprox. 5 segundos;
2. Cierre la válvula.

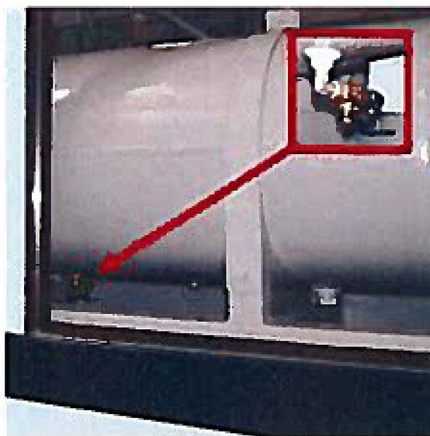


Figura 44. Ejemplo de Depósito de Recuperación



Figura 45. Diagrama de Flujo de Operación de la Estación de Servicio de GNV.

II.3. Sustancias Involucradas en el Proceso.

La sustancia química involucrada en el proceso del proyecto es el gas natural comprimido, a continuación se proporcionan los datos de la hoja de seguridad.

GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)

SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto: GAS NATURAL COMPRIMIDO GNC

Proveedor: Gas Natural México (FENOSA).

SECCION 2: COMPOSICIÓN / INGREDIENTES

Nombre Químico: Mezcla de Hidrocarburos: Metano, etano, propano, butano, dióxido de carbono, nitrógeno.

Formula química: CH₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, CO₂, N₂.

Composición:

Material	%	No. CAS
Metano	88	74-82-8
Etano	9	
Propano	3	
Etil mercaptano	17-28 ppm	

SECCION 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta: Clase 2; Gas Inflamable.

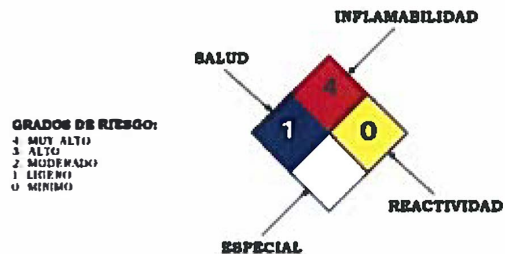
Identificación de riesgo:

Salud: 1

Inflamabilidad: 4

Reactividad: 0

Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704



Efectos de una sobreexposición aguda: Puede haber irritación a la piel.

Efectos adicionales: Pueden incluir nauseas, dolores de cabeza, mareos y congestión respiratoria. Asfixia por desplazamiento de oxígeno.

Inhalación: Desplazamiento del oxígeno a menos de 15% descoordinación muscular, fatiga, dificultad de respirar, nausea, vómito, muerte. No tóxico.

Contacto con la piel: Causa irritación, si el contacto se mantiene. Puede congelar.

Contacto con los ojos: Causa irritación y hasta daños oculares si la exposición es larga.

Ingestión: Causa nauseas, mareos y convulsiones.

Efectos de una sobreexposición crónica: Trastornos respiratorios, cutáneos, depresión del sistema nervioso central.

Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto: Las personas con afecciones respiratorias crónicas no deben exponerse al producto.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto, proceda de acuerdo con:

Inhalación: Traslade al afectado al aire fresco y ayude a la respiración, si es necesario.

Contacto con la piel: Si se pega a la ropa por congelamiento, no desprenderla, atención médica

SECCION 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes de extinción:

Polvo químico seco, dióxido de carbono, Evite usar agua directa. Se puede usando neblina de alta o baja presión, para fuegos pequeños.

Procedimientos especiales para combatir el fuego:

Extinguir el fuego solo si es posible detener la fuga sin exponerse a un riesgo de quemadura o explosión, la aplicación del PQS debe ser en sentido del escape del gas y dentro de los 60

segundos iniciales del fuego, sino aplicar agua en chorro directo de la mayor distancia posible si los cilindros están expuestos al fuego (un enfriamiento violento puede causar ruptura de los cilindros de gas), pasar a neblina en etapa fuego bajo control y aplicar PQS para extinción final.

Equipos de protección personal para atacar el fuego:

Use equipo de protección respiratoria, guantes de cuero y lentes de seguridad en fuegos pequeños. Para fuegos mayores, utilice traje de bomberos, equipo de respiración autónomo de presión positiva. Idealmente aluminizados para resistir altas temperaturas.

SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material:

Elimine toda fuente de ignición y evite, si ello es posible, fugas adicionales del material. Evite el ingreso a alcantarillas y espacios confinados. Aleje a los curiosos y no permita fumar. Equipo de protección personal para atacar la emergencia. Use equipo de protección respiratoria autónoma depresión positiva (SCBA) o mascara Full FACE con filtros para vapores orgánicos, ropa de protección química, botas de goma y guantes de nitrilo o PVC. Aísle el área, mínima 100 m.

Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente: Evite el ingreso a alcantarillas y espacios confinados.

Métodos de limpieza: No aplicable.

Método de eliminación de desechos: No aplicable, gas más liviano que el aire.

SECCION 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Recomendaciones técnicas:

Los equipos eléctricos de trasvasije y áreas de trabajo deben contar con aprobación para las características de los combustibles Clase I División 1 (NFPA 70 y 52) en un radio de 3 metros.

Precauciones a tomar:

La ropa debe ser de fibra natural (algodón, lana) la fibra sintética genera electricidad estática
En caso de contaminación de la ropa con efecto de congelamiento, no desprenderla si se pega a la piel.

Recomendaciones específicas sobre manipulación segura:

No manipular ni almacenar cerca de llamas abiertas, calor, chispas, usar herramientas anti chispas.

Condiciones de almacenamiento:

Almacenamiento solo en recintos ventilados, segregado de todo material combustible y de acceso restringido.

Embalajes recomendados y no adecuados:

Los contenedores deben ser solo en cilindros certificados y aprobados por la autoridad competente.

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN AMBIENTAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición:

Almacenar en recintos abiertos o con ventilación. Usar contenedores de alta presión aprobados para uso en vehículos.

Parámetros para control Límites permisibles para gas natural:

No tóxico, solo asfixiante por desplazamiento del oxígeno del aire.

Protección respiratoria:

No recomendable, por el alto riesgo de ingresar a ambientes altamente inflamables o explosivos. En caso de que la exposición será en un lugar abierto, use mascara Full FACE con filtro para valores orgánicos. Guantes de protección, protección adicional contra golpes o riesgo de congelamiento en escapes de gas.

Protección de la vista:

Lentes de seguridad, antiparras o protección facial (Full-Face) filtros VO.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico: Gaseoso.

Apariencia y olor: Gas incoloro, Olorizado con mercaptano para su detección.

Concentración: No aplicable.

PH: No aplicable.

Temperatura de descomposición: No hay datos disponibles.

Punto de inflamación: Aproximadamente -222 °C

Temperatura de auto ignición: 650° C.

Propiedades explosivas:

Límite inferior de explosividad = 4.5 %

Límite superior de explosividad = 14.5 %

Peligros de fuego o explosión:

Los vapores pueden desplazarse a fuentes de ignición y encenderse con retroceso de llama.

Las mezclas vapores-aire, son explosivas sobre el punto de inflamación.

Densidad de vapor: 0,554 referido al metano (aire =1).

Densidad a 20 °C: N.A.

Gravedad específica: N.A.

Punto de fusión: -182 °C

Punto de ebullición: -160 °C.

Solubilidad en el agua y otros solventes: N.A.

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable.

Condiciones que se deben evitar:

Altas temperaturas, chispas y fuego.

El sobrecalentamiento de los envases puede generar su ruptura violenta debido a la presión generada.

No exponer a sustancias altamente oxidante.

Incompatibilidad: Materiales oxidantes fuertes.

Productos peligrosos de la descomposición: No se descompone.

Productos peligrosos de la combustión: Se generan monóxido y dióxido de carbono. Posibles cantidades de dióxido de sulfuro y óxidos nitrosos.

SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda: No es tóxico, solo actúa por desplazamiento del oxígeno del aire. 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

SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad: Estable.

Persistencia/Degradabilidad: En fugas de gas estos son inflamables pero no es un producto dañino al medio ambiente.

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

104

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

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto en los residuos:

Quemar en forma controlada para evitar ambientes inflamables

Eliminación de envases/embalajes contaminados.

Antes de efectuar cortes "en caliente" de envases, neutralizar restos de combustible para evitar explosiones.

SECCION 14: NORMAS APLICABLES

Normas internacionales aplicables: IMO / UN: Clase 2.1 / 1971

Marca en etiqueta: Gas Inflamable/Clase 2/División 1

II.4. Almacenamiento

El proyecto no considera el almacenamiento del gas natural dentro de la estación, ya que se trata de una estación de suministro, pero se contará con una cascada de almacenamiento que consta de cilindros y permite mantener la presión de operación en los dispensarios.

El módulo de almacenaje permite almacenar GNC en 48 recipientes verticales ó cilindros para la Fase 1 del proyecto y de manera adicional en 3 tanques complementarios ; es de construcción soldada con una base de acero estructural construida con material resistente y protegido contra la corrosión que se pueda manejar como una sola pieza. Los recipientes están separados por una protección de hule, que impida el contacto entre sí.

Todos los cilindros cumplen con el estándar ISO 9809-1, fabricados con material 34CrMo4. Todos los recipientes están protegidos contra la corrosión por recubrimientos anticorrosivos o cualquier otro sistema equivalente que inhiba el ataque del medio ambiente.

Cada cilindro está montado verticalmente para permitir un fácil acceso de cada cilindro individualmente en caso de su mantenimiento, y cuenta con una válvula manual de aislamiento y se colocan válvulas de exceso de flujo para cada línea del módulo.

Se instalará en cada recipiente o por cada módulo, según su instalación, una válvula de corte de operación manual o automática de cierre rápido de acero inoxidable, adecuada a las condiciones de presión de operación.

El manómetro de cada línea será de escala 0/5000 psi, y la válvula de seguridad será ajustada a 4000 psi. Contará además con una línea de venteo con válvula de accionamiento manual y válvula de cierre rápido en cada línea.

En los recipientes no se aplicará ningún tipo de soldadura ni modificación alguna que no esté avalada en el diseño del fabricante.

El bastidor de la cascada de almacenamiento estará conectado firmemente a tierra física.

En la parte inferior de cada tanque, al igual que en la descarga, cuenta con una válvula de aislamiento unida con tubería de acero inoxidable para permitir el drenado de los condensados que pudieran acumularse con el tiempo.

En la siguiente tabla se indican las especificaciones del módulo de almacenaje

Tabla 22. Especificaciones del módulo de almacenaje (Cascada Pulmón)

Especificaciones del almacenamiento		
Equipo	Cascada de almacenamiento 250 bar GNC	
	Cilindros verticales	Cilindros horizontales
Capacidad por cilindro	125 Litros	2,370 Litros
Capacidad total en litros	4,000	7,110
Cantidad de cilindros	48	3
Disposición	8x4 (vertical)	1x3 (horizontal)
Número de bancos	3	3
Presión de trabajo	250 bar	250
Presión de pueba	375 bar	375
Peso total aproximado	6,400 Kg	12,000 Kg

El módulo de almacenaje requerirá del siguiente mantenimiento:

- a) Revisión/repación de fugas de gas en válvulas y conexiones.
- b) Mantenimiento anual de la válvula de relevo de presión (realizando este servicio entre los 12 y 15 meses después del último servicio, consistiendo en el cambio guías, vástagos y sellos de la válvula, así como rectificación de los asientos de sellos).
- c) Aplicación de pintura para evitar la corrosión
- d) Cada 5 años, revisión y verificación de los tanques (verificación de espesores y elongación del material, comparando contra las especificaciones del fabricante y certificados de pruebas realizadas por el mismo).

II.5. Equipos y Procesos Auxiliares

El sistema de la estación de servicio cuenta con los siguientes componentes:

- Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM).
- Filtros Coalescentes/Adsorbentes o Secadores de Gas Natural.
- Compresores de Gas Natural.
- Panel de Prioridades.
- Tanques de almacenamiento o Buffer.
- Surtidores.
- Subestación eléctrica.
- Transformador de Potencia.
- Tablero General y Distribución.
- Planta de Emergencia.
- Tablero de Transferencia.
- Centro de Control de Motores.
- Transformador de Distribución.

- Compresor de Aire
- Hidroneumático.

II.5.1. Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM).

El equipo ERM será propiedad de la empresa distribuidora y queda en custodia de la misma, donde la empresa distribuidora controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros. En la ERM se regula la presión del gas natural de 12 y 7 bar. A la salida de la ERM, el gas debe mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o temperatura. El tiempo estimado de uso es de 10 años, debido a que será instalado un equipo nuevo.

La ERM se localizará en la zona norte del predio del proyecto colindando prácticamente con la banqueta peatonal de la Avenida Lázaro Cárdenas.

II.5.2. Compresores

Compresor Modelo CLEANCNG5750DA-300-3625-4AC tipo reciprocante lubricado de 4 etapas.

- Diseño anclado sin vibraciones y bajo nivel de ruido.
- Intercambiadores de calor de alta eficiencia para las etapas intermedias de compresión y enfriamiento del gas descargado.
- Temperatura de salida del gas promedio @ 5 °C sobre la temperatura ambiental.
- Encendido con arrancador suave (para un reducido consumo al encender).
- Panel de instrumentos montado que muestra el estado del sistema, las presiones, las temperaturas, consumo de corriente y voltaje.
- Control eléctrico (PLC) con indicadores del estado de la alarma. El PLC monitorea y controla todas las funciones del compresor incluyendo encendidos y apagados.
- Todas las conexiones de las tuberías son de acero inoxidable de tipo compresión de doble férula.

En la siguiente tabla se indican las características de diseño de los compresores:

Tabla 23. Especificaciones Técnicas de los Compresores.

Especificaciones técnicas del compresor	
Modelo	CLEANCNG 5750DA-300-3626-4AC
Potencia del motor HP	250
Etapas de compresion	4
Unidad	Single
Alimentación eléctrica	460 VAC, 60 Hz
Flujo	1409 m ³ /h (@ 20°C y 1 atm)
Normas de conformidad	NFPA 52, NFPA 70
Transmisores de presión	Succión del compresor, descarga, sistema de lubricación, tanque de recuperación, descarga de cada etapa
Sensores de temperatura	Descarga de cada etapa
Ventiladores de enfriamiento	QTY, 2x7.5 HP
Rango de temperatura de trabajo	-20/45 °C
Medidas del skid	3.2x2.2 m
Peso	7700 kg
Clasificación eléctrica	Calse 1, División 1 o División 2

El compresor cuenta con un panel de control montado en el skid, con una pantalla a color tipo touch pad, el cual permite el monitoreo y control remoto; este panel muestra diferentes parámetros como: presiones de succión y descarga, alarmas, total de horas de trabajo, etc. Tiene la capacidad de apagar el equipo para su protección cuando se presentan alarmas de alta temperatura, alta/mínima presión de succión, alta presión de descarga e inter etapas, mínimo nivel de aceite, etc. Además de contar con un botón de paro de emergencia.

Los compresores se localizan en la colindancia oriente en su parte central dentro de un recinto al aire libre, resguardado con reja de acero y protecciones contra impacto en la cara a la estación y por la parte de atrás están protegidos con un muro de concreto de 3 metros de altura. El recinto también contará con detectores de mezclas explosivas que accionaran una alarma luminosa y sonora al alcanzar una mezcla de 0.5% en volumen de gas natural en aire. La ubicación específica se muestra en el plano de señalética y sistema contra incendio del presente estudio de riesgo ambiental.

Control y seguridad del compresor

Tuberías de gas

- Transmisor de presión (succión y descarga)
- Presión inter etapas
- Transmisor de temperatura del gas
- Transmisor de vibración
- Descarga manual
- Válvulas de seguridad
- Filtros coalescentes
- Dren automático de aceite
- Válvulas automáticas

Circuito de aceite

- Bomba accionada por motor independiente
- Calefactor eléctrico
- Válvulas check
- Trampas de gas
- Indicador de nivel visual
- Transmisor de temperatura
- Indicador de presión
- Válvula de seguridad
- Transmisor de temperatura

Panel eléctrico y de control

- Pantalla touch color
- Montado sobre el skid
- Suministro de energía de la unidad principal

Depósito de recuperación

El depósito de recuperación es un tanque a presión que acumula el gas del compresor cuando se apaga. También puede ser utilizado como un sumidero de condensado en sistemas con un filtro automático, y como drenar el sistema de lavado.

Para evitar la acumulación de los condensados del tanque, este necesita ser drenado cada 2 semanas.

Panel de prioridad

CNG Source proporciona un panel de control con válvulas y actuadores para priorizar el flujo de gas de los compresores de los tres bancos de almacenamiento con válvulas adicionales para la capacidad de llenado directo, y la prioridad de un compresor independiente para permitir que varios vehículos puedan llenar de manera ininterrumpida desde la descarga del compresor directamente al vehículo. Cuenta con válvulas de seguridad y botón de parada de emergencia para detener el flujo de gas desde el almacenamiento.

Los siguientes son sus componentes:

- Válvula electro-neumática
- Transmisor de temperatura
- Válvulas check
- Válvulas de seguridad
- Manómetro de presión
- Válvulas de descarga manual
- Transmisor de presión

II.5.3. Surtidores o dispensadores.

Los surtidores son el punto de transferencia y despacho del GNC, y esta parte del proceso es la última dentro de la estación. Para realizar la transferencia, el surtidor cuenta con un arreglo de tuberías y válvulas que son controladas por una computadora dedicada dentro del mismo surtidor, la cual permite controlar el llenado de manera segura, este sistema monitorea la presión de llenado, la temperatura ambiente y del gas, calcula la capacidad de la unidad a llenar

111

para la suspensión del llenado, administra el volumen de gas despachado parcial y acumulado, corrige por temperatura el volumen y presión despachado para evitar un sobrellenado.

El surtidor cuenta con un medidor de flujo másico, el cual cuantifica el volumen de gas despachado para su administración. El flujo de gas es controlado a través de válvulas automáticas operadas con solenoides eléctricas a prueba de explosión.

Todo el sistema eléctrico y cableado es a prueba de explosión y parte de este se encuentra resguardado en un gabinete de estas características. Para evitar que el gas se retorne cuenta con válvulas check en cada línea de llenado. Como elementos de seguridad se cuenta con una válvula de relevo de presión instalada en la descarga del surtidor, la cual permite liberar el exceso de presión al ambiente. Y a través de la electrónica del surtidor y del mismo medidor de flujo másico, el surtidor se protege por un posible exceso de flujo (como puede ser alguna fuga por fractura de tuberías o rotura en las mangueras de llenado) realizando el cierre de las válvulas, bloqueando inmediatamente el flujo de gas. Así también en el acoplamiento de la manguera flexible de llenado al surtidor, se tiene un elemento mecánico que permite desprender la manguera del surtidor, bloqueando inmediatamente el flujo gas ante un jalón excesivo de esta. Una de las características de la manguera es que es conductora de electricidad, la cual está permanentemente conectada a tierra para evitar descargas de la energía estática provocada por el flujo y la fricción del gas.

El mantenimiento necesario de este equipo es el siguiente:

- a) Cada vez que se requiera intervenir por mantenimiento, es indispensable por seguridad aislar y des presurizar completamente el equipo, y tomar las precauciones necesarias por si alguna tubería o elemento haya quedado obstaculizado con gas a alta presión. No confiarse esta presión de gas es muy peligrosa y puede causar daños severos a las personas o equipos.
- b) Revisar/corregir fugas de gas en elementos y conexiones.
- c) Revisar/corregir posibles congelamientos en regulador de presión o válvulas.

- d) Verificar/cambio de manómetros de surtidores.
- e) Revisar/cambio de posibles daños en mangueras flexibles de llenado.
- f) Revisar/cambio de conexión de llenado
- g) Revisar a través del manómetro que el surtidor se mantenga presurizado permanentemente, de lo contrario buscar fuga.
- h) Mantenimiento anual de la válvula de relevo de presión (realizando este servicio entre los 12 y 15 meses después del último servicio, consistiendo en el cambio guías, vástagos y sellos de la válvula, así como rectificación de los asientos de sellos).

II.5.4. Accesorios de Seguridad

Existen botones de paro de emergencia en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados, desenergizan totalmente los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga de secadores, compresores y panel de prioridades.

Seguido de lo anterior la activación de una alarma sonora/luminosa indica una situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos.

Además cada equipo de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas, a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentran instaladas.

En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-SECRE-2010

Los surtidores cuentan con un medidor de flujo másico y un computador que le permite calcular el volumen de gas transferido, así como compensar el gas por presión y temperatura, ya que debido a la fricción el gas eleva su temperatura expandiendo sus partículas e incrementando su presión y por consecuencia reduciendo la capacidad de almacenamiento de los cilindros móviles. Y al igual si el clima fuera extremadamente frio, el gas se compactaría y el tanque se llenaría con un mayor volumen que pondría en riesgo la capacidad de presión del tanque al expandirse el gas con el incremento de la temperatura ambiente.

Además cada surtidor deberá contar con un desfogue que habrá de colocarse a 0.7 m sobre el nivel de la techumbre del área de surtidores, válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de la misma, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, como válvulas breakaway; y botones de paro de emergencia.

II.5.5. Pruebas de Verificación

De acuerdo a la NOM-010-SECRE-2002, toda tubería que conduzca gas debe ser objeto de una prueba de hermeticidad antes de ser puesta en servicio, dicha prueba será realizada por personal de una unidad de verificación acreditada, la cual emitirá el dictamen correspondiente. Para efectuar las pruebas de hermeticidad pueden ser realizadas con agua (hidrostática), o aire (neumática).

En el caso de la estación, la prueba será realizada una vez terminada su instalación y antes de iniciar operaciones.

La prueba hidrostática en las estaciones se realiza para verificar la hermeticidad de las líneas de alta presión y de sus componentes. Los recipientes de GNC deben contar con el certificado de pruebas que haya realizado el fabricante.

Esta prueba se aplica para confirmar que las conexiones y materiales empleados en la fabricación de las líneas y componentes utilizados en la estación resisten sin fuga el esfuerzo producido por el agua a presión.

La prueba se realiza instalando una bomba hidráulica con manómetro, registrador, válvulas, tubería, conexiones y mangueras en forma tal que propicie que el agua llene completamente la parte del sistema o componentes que van a ser probados; retirando previamente los discos de ruptura, válvulas de relevo, recipientes e instrumentos que se puedan dañar.

El procedimiento es el siguiente:

- a) Se debe llenar completamente con agua la parte del sistema y elementos que van a ser probados, eliminando el aire que pueda estar dentro de ellos;
- b) Se eleva gradualmente la presión del agua hasta alcanzar aproximadamente la mitad de la presión de prueba;
- c) Se incrementa presión del agua a intervalos de 0,1 (cero coma uno) veces cada diez minutos, hasta que ésta alcance 1,5 (uno coma cinco) veces la presión de operación, se aísla la parte del sistema bajo prueba y se verifica mediante la gráfica tiempo o presión, que la presión se mantiene por lo menos treinta minutos, y
- d) Se debe reducir la presión del agua de 1,5 (uno coma cinco) a la presión de operación y se verifica con el registro gráfico que la presión se mantiene durante 24 horas, para permitir la inspección en todos los puntos de la línea y conexiones

Se debe verificar que no existan fugas, corroborando esto mediante la gráfica del registrador de presión. En el caso de presentarse alguna fuga debe ser reparada, y se debe probar nuevamente la sección hasta comprobar su hermeticidad.

A su vez, por tratarse de un recipiente sujeto a presión, la cascada pulmón deberá cumplir con lo establecido en la NOM-122-STPS-1996, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas que operen en los centros de trabajo.

II.6. Condiciones de Operación

II.6.1. Balance de Materia

El flujo de gas natural por el sistema de tuberías del proyecto se realiza como una operación unitaria, es decir, no existen reacciones químicas en el proceso, por lo que no se tendrá consumo de otros insumos en su operación, y por lo tanto, no se tendrá generación de residuos peligrosos ni emisiones contaminantes al aire y agua.

II.6.2. Temperaturas y presiones de diseño y operación.

El gas natural provendrá de la línea del distribuidor a una presión de entre los 12-21 bares. A la llegada a la ERM, se realizará la regulación del gas a 7 bares de presión y 20 ° C, y después se comprime nuevamente hasta 250 bares, para poder tener una presión de 235 bares que es la presión de trabajo de los dispensadores.

En la siguiente tabla se indican otros parámetros de la Estación de Servicio

Tabla 24. Parámetros de Operación y Diseño de la ERM

Parámetro	Valor
Caudal máximo de la ERM	135,264 m ³ /día
Flujo mínimo de la ERM	2808 m ³ /día
Flujo promedio de la ERM	67,584 m ³ /día
Presión máxima de diseño	10.35 bar
Presión de entrada máxima	10.35 bar
Presión de entrada mínima	4 bar
Presión de salida máxima	7 bar
Presión de salida mínima	7 bar

La estación de servicio tiene las siguientes capacidades de operación.

Tabla 25. Parámetros de Operación de la Estación de Servicio.

Cálculo de capacidad de flujo de la EDS			
Descripción	Cantidad	Unidad	Rango de operación Max
Presión de trabajo		bar	250
Compresor	1	Pza	
No. De mangueras	24	Pza	4
Q Max EDS/día		Sm ³ /día	135264,00
Q Max EDS/diseño		Sm ³ /día	128500,8
Carga por autobus		Sm ³	239
No. de autobuses por día		Unidades	365
No. De cargas por día	1	Veces	1
Carga total de autobuses		Sm ³ /hr	87235,00
Carga por auto partícular		Sm ³	13
No. De autos por día total		Unidades	3168
No. De cargas por día	2	Veces	6336
Carga total de autos		Sm ³ /día	41184,00
Flujo total EDS		Sm ³ /día	128419,00
Autos promedio cargados por manguera SF		Unidades/hr	12
Autobuses promedio cargados por manguera HF		Unidades/hr	01-feb

II.6.3. Especificación del cuarto de control

El tablero del CCM debe estar ubicado en un área no peligrosa y tiene que ser firmemente conectado a tierra física.

Las características del cuarto eléctrico son las siguientes:

- Debe localizarse fuera del área de compresores, alejado por lo menos a 3 metros de distancia de los equipos.
- Se recomienda la instalación de ventilación forzada positiva.
- La puerta de acceso debe ser controlada y ubicada a contra flujo de los vientos dominantes.
- El cuarto debe ser construido de tal manera que garantice no ser afectada por los elementos naturales de la zona (como lluvia, vientos, inundaciones, sismos, etc.).

- e) Debe contar con la iluminación suficiente y necesaria para su correcto mantenimiento, considerando iluminación de emergencia.
- f) Debe contar con suficiente ventilación.

II.6.4. Sistemas de Aislamiento

Como dispositivos de seguridad se cuenta con botones de paro de emergencia en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados desenergizan totalmente los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga de secadores, compresores y panel de prioridades.

Seguido de lo anterior la activación de una alarma sonora/luminosa indica una situación anormal de operación, requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos.

Además cada equipo de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas, a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentran instaladas.

En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL

y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-SECRE-2010.

Los surtidores cuentan con un medidor de flujo másico y un computador que le permite calcular el volumen de gas transferido, así como compensar el gas por presión y temperatura, ya que debido a la fricción el gas eleva su temperatura expandiendo sus partículas e incrementando su presión y por consecuencia reduciendo la capacidad de almacenamiento de los cilindros móviles. Y al igual si el clima fuera extremadamente frío, el gas se compactaría y el tanque se llenaría con un mayor volumen que pondría en riesgo la capacidad de presión del tanque al expandirse el gas con el incremento de la temperatura ambiente.

Además cada surtidor contará con un desfogue que habrá de colocarse a 0.7 m sobre el nivel de la techumbre del área de surtidores, válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de la misma, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, como válvulas breakaway; y botones de paro de emergencia.

Se contará además con un depósito de recuperación, que es un tanque a presión que acumula el gas del compresor cuando se apaga. También puede ser utilizado como un sumidero de condensado en sistemas con un filtro automático, y como drenaje del sistema de lavado. Los condensados del tanque necesitan ser drenados cada 2 semanas.

III. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

III.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes

La distribución de gas natural es considerada una actividad peligrosa, dadas las características particulares de este material combustible, de las que se destacan su inflamabilidad y por otro lado, se tiene la característica de que su densidad relativa sea menor al compararla con el aire.

Algunos de los accidentes ocurridos en México relacionados con gas natural son:

Explosión por fuga de gas en Coyoacán (Fuente: El Universal en línea)

El 4 de diciembre del 2015 ocurrió una explosión en una vivienda en la Delegación Coyoacán. El estallido ocurrió a las 21 horas debido presuntamente a una mala maniobra en una tubería por parte de trabajadores contratados por la empresa Gas Natural Fenosa.

La explosión dejó a 4 personas heridas, incluidos los trabajadores, mientras que dos casas dúplex resultaron con serios daños, siendo evacuados los vecinos del lugar.

Fuga de gas natural en Tlapango, Tlaxcala (Fuente: La Polilla Tlaxcala <http://www.lapolilla.com.mx/2015/10/29/fuga-de-gas-natural-en-tlapancalco-tlaxcala-desato-fuerte-movilizacion/>).

Alrededor de las 17:00 horas del día 28 de octubre de 2015 se reportó la ruptura de un ducto de gas natural de 20 milímetros de diámetro de la empresa "Maxigas"; tras 2 horas de labores se logró la contención de la fuga. No se registró la pérdida de vidas humanas ni lesiones a terceros.

Fuga de gas natural en ducto en Azcapotzalco (Fuente: El Financiero en línea)

El 13 de mayo del 2015, una tubería de gas natural fue fracturada durante obras de construcción en calles de la colonia Santa Catarina de la Delegación Azcapotzalco.

La ruptura generó una fuga de gas que duró 2 horas hasta ser controlado por los bomberos. Debido a esto, se realizó el desalojo de habitantes de quinientos metros a la redonda, unas cinco manzanas, aproximadamente 600 personas, a fin de prevenir una mayor emergencia.

La válvula fue cerrada y bomberos esperaron a que la presión del gas disminuyera, mientras que con mangueras y agua evitaban que el gas se esparciera. No se reportaron personas lesionadas

Explosión en tubería de gas natural en San Pedro, N.L. (Fuente: La Jornada en línea)

El 07 de agosto 2014, una explosión e incendio de gas natural en el sector Valle Oriente de San Pedro Garza García, en la zona metropolitana de Monterrey, causó alarma y dejó sin electricidad esa zona.

La zona donde se registró el incendio, con llamas que alcanzan los 10 metros de altura, es un área despejada con una excavación de 15 metros de profundidad donde se erigirá el centro comercial Fashion Drive y es poco concurrida por peatones.

De acuerdo con los reportes oficiales, la tubería dañada es la principal que abastece de gas natural al sector y resultó afectada al caerle una barda encima, la cual colapsó porque la tierra quedó reblandecida por recientes lluvias.

Testigos de los hechos refieren que se escuchó una fuerte explosión que cimbró las ventanas de los edificios aledaños e interrumpió el servicio eléctrico; posteriormente se escucharon otras explosiones menores.

En este evento no hubo lesionados pero si hubo daños materiales, las cuales fueron 3 vehículos que se encontraban cerca y el carril lateral de la avenida Lázaro Cárdenas.

Cerca de dos mil personas fueron desalojadas de los inmuebles contiguos durante los primeros minutos del siniestro, registrado a las 10:00 horas; una hora más tarde volvieron a sus lugares de trabajo cuando los cuerpos de auxilio determinaron que el alcance del incendio no los ponía en peligro.

Explosión de ducto de gas natural en Cuautitlán Izcalli (Fuente: Crónica.com.mx)

El 13 de septiembre del 2008 ocurrió una explosión de gas natural provocada accidentalmente por trabajadores de la empresa OHL, quienes golpearon un ducto al realizar trabajos de

perforación para la construcción de un puente vehicular, resultando dos personas lesionadas y el desalojo de poco más de cinco mil habitantes.

En el estallido, que levantó llamas de hasta 40 metros de altura, resultaron lesionados el operador de la perforadora, y otra persona que transitaba por el lugar. De acuerdo con informes de Protección Civil del Estado de México, la explosión, registrada a las 8:10 horas en el kilómetro 34.5 de la autopista México-Querétaro, no fue de peligro, aun cuando hubo momentos en que se registraron llamas de hasta 40 metros, por la ruptura del ducto de gas de 10 pulgadas de diámetro de la empresa Gas Natural de México S.A. (Diganamex). Se desalojaron 150 alumnos de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, así como de dos escuelas primarias cercanas al lugar del accidente, y un poco más de 5 mil habitantes de colonias aledañas al lugar del accidente.

Una hora después del estallido, la flama se redujo hasta dos metros de altura, debido a que la empresa Diganamex cerró la válvula a la altura de Venta de Carpio.

Fuga en gasoducto ubicado en el Distrito Federal (Fuente: El Economista en línea)

El día 10 de mayo del 2009, se presentó una fuga de gas natural en la colonia CTM Culhuacán sección V, Delegación Coyoacán, la cual fue controlada por elementos del cuerpo de Bomberos.

Los vecinos y peatones fueron los que reportaron un olor a gas en la zona, movilizandoo a los bomberos y Protección Civil, los cuales ubicaron una fisura en un tubo alimentador de gas natural de 4 pulgadas de diámetro.

Como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar.

III.2. Metodologías de Identificación y Jerarquización de Riesgos Ambientales.

La evaluación del riesgo ambiental se lleva a cabo en 2 fases, la primera se emplean metodologías de tipo cualitativo y cuantitativo, en las cuales inicialmente se identifican peligros en función a las operaciones realizadas, posteriormente se jerarquizan los riesgos, y la segunda conocida como el análisis de consecuencias (evaluación de riesgos) en donde se utilizan

modelos matemáticos de simulación para cuantificar y estimar dichas consecuencias de los eventos riesgosos que podrían presentarse.

Uno de los conceptos centrales de la evaluación de riesgo ambiental derivado del manejo de insumos y productos químicos peligrosos, es la imposibilidad de reducir los riesgos a cero; confirma lo anterior el hecho de que no existe una universalidad en la metodología para la Evaluación del Riesgo Ambiental; es decir, no existe un método general que resulte el más propicio para ser aplicado a la mayoría de los proyectos, debido a varios factores como: la amplia gama de sustancias peligrosas, el manejo de las mismas, los procesos, la ubicación de las instalaciones, los factores humanos, las condiciones ambientales, entre otros.

Tales factores hacen tan diversas las características de un proyecto que impide establecer un esquema de metodología única, por lo que para identificar peligros, evaluar y jerarquizar riesgos de forma integral, es necesario implementar varios métodos cualitativos y cuantitativos, así como la aplicación de modelos matemáticos de simulación de riesgos que brinden escenarios probables que pueden presentarse y que direccionen las acciones y medidas necesarias para reducir dichos riesgos.

Para el proyecto en cuestión, se propone el uso de la metodología, comúnmente llamada pirámide invertida, la cual se esquematiza a continuación:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Esquema metodológico para evaluación de riesgos "Pirámide Invertida".

Con base en la metodología planteada en la Pirámide Invertida, tomando en cuenta las características de la instalación a evaluar a cargo de la empresa NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I. de C.V., se decidió llevar a cabo la identificación de peligros, análisis y jerarquización de riesgos además de la estimación de consecuencias como se indica en la siguiente tabla, en la cual se determina en forma general las principales acciones para la identificación y jerarquización de riesgos y peligros, así como para la determinación de las zonas de riesgo y de amortiguamiento derivadas de los eventos de origen químico que podrían presentarse en función a las actividades realizadas por la empresa.

Tabla 26. Acciones para identificación, análisis, jerarquización y estimación de consecuencias de riesgos

Acción	Objetivo	Metodologías a Utilizar
Listar los insumos químicos utilizados	Identificar las actividades altamente riesgosas	Comparar las cantidades existentes de los insumos químicos utilizados en la instalación con las reportadas en los listados de actividades altamente riesgosas publicados por el Gobierno Federal. ¹
Identificación	Identificación de riesgos y peligros	Hoja de datos de seguridad ¿Qué pasa si? (What if?)
Jerarquización	Ordenar de acuerdo a la gravedad los eventos hipotéticos detectados, a fin de realizar las simulaciones	Matriz de Jerarquización
Estimación de consecuencias	Determinar las zonas de riesgo y amortiguamiento,	ALOHA y SCRI Modelos Atmosféricos

Las acciones y metodologías indicadas en la tabla anterior, los resultados y conclusiones parciales así como los resultados de las simulaciones con modelos matemáticas que permitirán determinar las zonas de riesgo y de amortiguamiento por eventos con sustancias químicas serán presentados en el presente capítulo.

Identificación de Actividades Altamente Riesgosas.

¹Actividad relacionada con el manejo de insumos químicos, en cantidades iguales o superiores a la cantidad reportada en el primero y segundo listados de Actividades Altamente Riesgosas publicados en el Diario Oficial de la Federación los días 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992, respectivamente

Para la etapa de Operación de la Estación de Servicio de Gas Natural Comprimido y con el fin de cumplir con el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, se identifica que la única sustancia de riesgo a manejar por parte del establecimiento es el Gas Natural mismo que se establece como el principal insumo de comercialización del establecimiento y determina la razón de ser del mismo.

A efecto de determinar la cantidad de gas natural que será manejada en la Estación de Servicio en estudio, la estimación se realizará considerando las áreas que en un momento dado podrán contener gas natural desde el punto de recepción en la ERM hasta los dispensarios o surtidores de suministro del combustible que incluyen principalmente tuberías que conectan los diferentes equipos a instalar y que conducen en la estación el gas natural así como la cascada pulmón.

El análisis de la cantidad de gas en un sistema de conducción que involucra tanto tuberías como equipos utilizados para la contención y variación de la presión del gas natural es relativamente complejo ya que los flujos de este no se mantienen constantes; es por lo anterior que para llevar a cabo el presente análisis se aplicarán los siguientes supuestos:

- El fluido en tuberías se toma como estático.
- Se utilizará las presiones definidas para cada uno de los tramos de tuberías y equipos los establecidos en la Memoria Técnico Descriptiva (MTD) del proyecto.
- Las tuberías se tomarán como recipientes a presión.
- Se despreciarán las pérdidas de presión debido a accesorios.

Los resultados de a continuación se presenta la Memoria de Calculo realizada para tal efecto:

1) Calculo de masa de gas natural en tuberías.

Partiendo de los datos de la MTD, el proyecto cuenta con tubería tanto de baja como de alta presión. La de baja presión es la que conduce el gas desde la salida de la ERM hasta los compresores a aproximadamente 7 bar y la de alta presión distribuye el gas hacia los

dispensarios desde la cascada pulmón a una presión de 250 bar; con base en estos datos, se realizará la estimación del gas natural por tipo de tubería:

a) Tubería de baja presión

Conforme a lo indicado en la MTD, se tiene un total de 100 metros de tubería principal de 4" con un diámetro interior de 0.114 metros así como 2 tramos complementario de 8 metros de 3' con un diámetro interior de 0.089 metros, ambos con gas natural a una presión promedio de 7 bar. Con base en estos datos se procede a estimar los volúmenes de las tuberías:

Tramo Principal:

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

$$r = \text{Diámetro interior} / 2 = (0.114 \text{ m}) / 2 = 0.057 \text{ m}$$

$$h = \text{Longitud} = 100 \text{ m}$$

$$V = \pi (0.057 \text{ m})^2 (100 \text{ m})$$

$$V = 1.0200 \text{ m}^3$$

Tramo Complementario:

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

$$r = \text{Diámetro interior} / 2 = (0.089 \text{ m}) / 2 = 0.0445 \text{ m}$$

$$h = \text{Longitud} = 16 \text{ m}$$

$$V = \pi (0.0445 \text{ m})^2 (16 \text{ m})$$

$$V = 0.0995 \text{ m}^3$$

Volumen Total de la Tubería de baja presión

$$V_{tbp} = 1.1202 \text{m}^3$$

Para determinar la masa del gas contenido en dicho volumen de tubería se considerará su factor de compresibilidad como un gas real mediante la siguiente formula:

$$z = \frac{PV}{mRT}$$

Dónde:

z= Factor de compresibilidad

P= Presión de trabajo (kPa)

V= Volumen (m³)

m= Masa (Kg)

R= Constante del gas metano.

T= Temperatura del gas (°K); se estimará que la temperatura será de 21°C

Teniendo para tal efecto los siguientes datos:

P	Presión de trabajo	7 bar	700 kPa
V	Volumen geométrico	1.1202 m ³	1.1202 m ³
R	Constante de gas metano	8.3144 J/K*mol	0.5183 kJ/Kg*K
T	Temperatura	21°C	294.15 °K
m	Masa	¿?	Kg
z	Factor de compresibilidad	¿=	Adimensional

La constante del gas metano o natural se obtiene de la siguiente tabla:

substancia	T _c /K	P _c /bar	P _c /atm	P _c ·L/mol ¹	P _c ·T _c /RT _c
Helio	5.195	2.2750	2.2452	0.05780	0.30443
Neón	44.415	26.555	26.208	0.4170	0.29366
Argón	150.95	49.288	48.643	0.07530	0.29571
Kriptón	210.55	56.618	55.878	0.09220	0.29819
Hidrógeno	32.938	12.838	12.670	0.06500	0.30470
Nitrógeno	126.20	34.000	33.555	0.09010	0.29195
Oxígeno	154.58	50.427	50.768	0.07640	0.29975
Monóxido de carbono	132.85	34.935	34.478	0.09310	0.29445
Cloro	416.9	79.91	78.87	0.1237	0.28517
Dióxido de carbono	304.14	73.943	72.877	0.09400	0.27443
Agua	647.126	220.55	217.66	0.05595	0.2295
Amoniaco	405.30	111.30	109.84	0.07250	0.2345
Metano	190.53	45.980	45.379	0.09900	0.28735
Etano	305.34	48.714	48.077	0.1480	0.28399
Eteno	282.35	50.422	49.763	0.1280	0.27707
Propano	369.85	42.477	41.922	0.2030	0.28041
Butano	425.16	37.960	37.464	0.2550	0.27383
2-metil propano	407.85	36.400	35.924	0.2630	0.28231
Pentano	469.69	33.643	33.203	0.3040	0.26189
Benceno	561.75	48.758	48.120	0.2560	0.26724

Ahora, para determinar el factor de compresibilidad (z) primero deberán determinarse la presión reducida (Pr) y la temperatura reducida (Tr) utilizando los valores de la Presión Crítica y Temperatura Crítica (Tcr) los cuales se obtienen de la tabla de constantes de los gases aplicando las siguientes formulas:

Presión Crítica:

$$Pr = \frac{P}{P_{cr}}$$

$$Pr = \frac{7 \text{ bar}}{45.98 \text{ bar}}$$

$$Pr = 0.1522$$

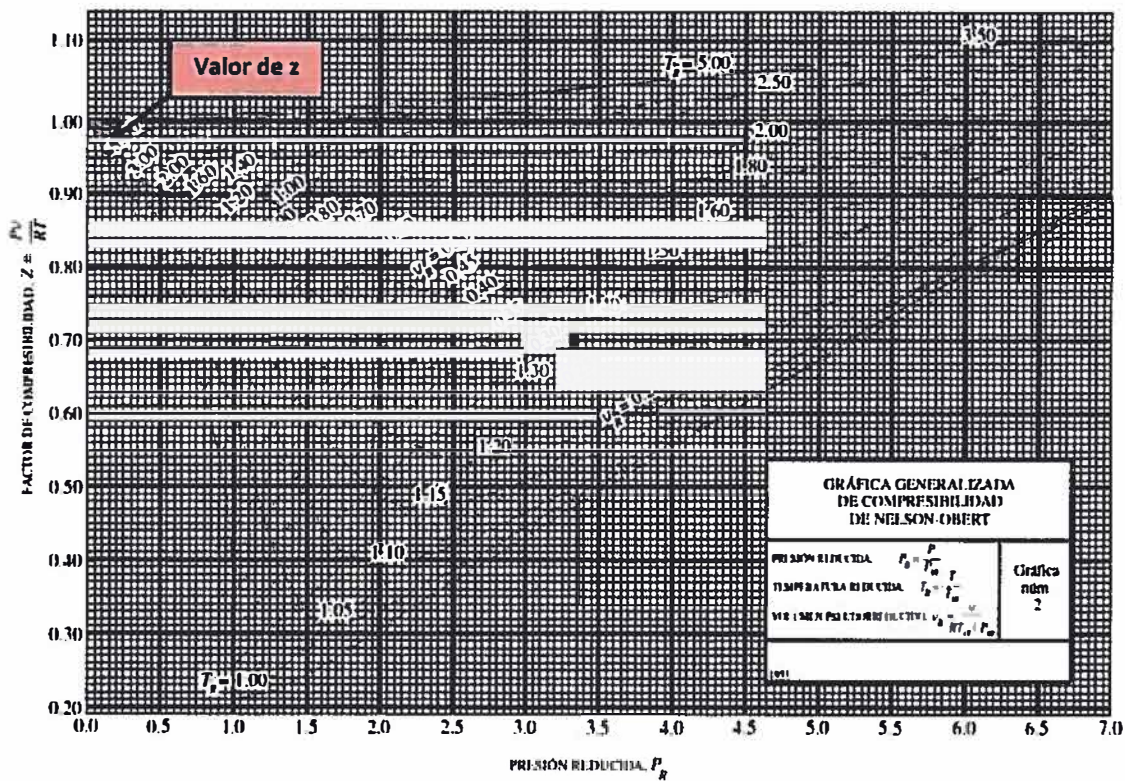
Temperatura Crítica:

$$Tr = \frac{T}{T_{cr}}$$

$$Tr = \frac{294.15^{\circ}K}{190.15^{\circ}K}$$

$$Tr = 1.5469$$

Obteniendo el factor de compresibilidad interpolando los valores de Pr y Tr en la siguiente gráfica:



Obteniendo el factor de compresibilidad por interpolación en la Gráfica Generalizada de Compresibilidad de Nelson-Obert el valor de z es 0.97

Despejando la fórmula:

$$m = \frac{PV}{zRT}$$

$$m = \frac{(700kPa)(1.1202 m^3)}{(0.97)(0.5183 \frac{Kj}{Kg^{\circ}K})(294.15^{\circ}K)}$$

$$m = 5.03028 \text{ Kg}$$

b) Tubería de alta presión Canopy STD:

Se estima que se tiene un total de 313.707 metros de tubería principal de 1" con un diámetro interior de 0.01986 metros así como 2 tramos complementarios, uno de 1.2 metros de ½" con un diámetro interior de 0.0094 metros y otro de 28.08 metros de ¾" con un diámetro interior de 0.01422 m, todos estos con gas natural a una presión promedio de 250 bar. Con base en estos datos se procede a estimar los volúmenes de las tuberías:

Tramo Principal:

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

$$r = \text{Diámetro interior}/2 = (0.01986 \text{ m})/2 = 0.00993 \text{ m}$$

$$h = \text{Longitud} = 313.707 \text{ m}$$

$$V = \pi (0.00993 \text{ m})^2 (313.707 \text{ m})$$

$$V = 0.0972 \text{ m}^3$$

Tramo Complementario ½":

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

$$r = \text{Diámetro interior}/2 = (0.0094 \text{ m})/2 = 0.0047 \text{ m}$$

$$h = \text{Longitud} = 1.2 \text{ m}$$

$$V = \pi (0.0047 \text{ m})^2 (1.2 \text{ m})$$

$$V = 0.0008 \text{ m}^3$$

Tramo Complementario 3/4":

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

$$r = \text{Diámetro interior}/2 = (0.01422 \text{ m})/2 = 0.00711 \text{ m}$$

$$h = \text{Longitud} = 28.08 \text{ m}$$

$$V = \pi (0.00711 \text{ m})^2 (28.08 \text{ m})$$

$$V = 0.0044 \text{ m}^3$$

Con base en lo anterior Volumen Total de la Tubería de alta presión Canopy STD es el siguiente:

$$V_{\text{tapstd}} = 0.1017 \text{ m}^3$$

c) Tubería de alta presión Canopy HF:

Se estima que se tiene un total de 363.42 metros de tubería principal de 1" con un diámetro interior de 0.01986 metros así como 2 tramos complementarios, uno de 1.2 metros de 1/2" con un diámetro interior de 0.0094 metros y otro de 28.08 metros de 3/4" con un diámetro interior de 0.01422 m, todos estos con gas natural a una presión promedio de 250 bar. Con base en estos datos se procede a estimar los volúmenes de las tuberías:

Tramo Principal:

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

$$r = \text{Diámetro interior}/2 = (0.01986 \text{ m})/2 = 0.00993 \text{ m}$$

h= Longitud = 363.42 m

$$V = \pi (0.00993 \text{ m})^2 (363.42 \text{ m})$$

$$V = 0.1126 \text{ m}^3$$

Tramo Complementario ½":

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

r=Diámetro interior/2= (0.0094 m)/2= 0.0047 m

h= Longitud = 1.2 m

$$V = \pi (0.0047 \text{ m})^2 (1.2 \text{ m})$$

$$V = 0.0008 \text{ m}^3$$

Tramo Complementario ¾":

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

r=Diámetro interior/2= (0.01422 m)/2= 0.00711 m

h= Longitud = 28.08 m

$$V = \pi (0.00711 \text{ m})^2 (28.08 \text{ m})$$

$$V = 0.0044 \text{ m}^3$$

Volumen Total de la Tubería de alta presión Canopy HF:

$$V_{\text{taphf}} = 0.1171 \text{ m}^3$$

Con lo cual el volumen total de la tubería de alta presión para la Fase 1 (Canopy STD) y la Fase 2 (Canopy HF) del proyecto en análisis es el siguiente:

$$V_{tap} = 0.2188 \text{ m}^3$$

Para determinar la masa del gas contenido en dicho volumen de tubería se considerará su factor de compresibilidad como un gas real mediante la siguiente formula:

$$z = \frac{PV}{mRT}$$

Dónde:

z= Factor de compresibilidad

P= Presión de trabajo (kPa)

V= Volumen (m³)

m= Masa (Kg)

R= Constante del gas metano.

T= Temperatura del gas (°K); se estimará que la temperatura será de 20°C

Teniendo para tal efecto los siguientes datos:

P	Presión de trabajo	250 bar	25000 kPa
V	Volumen geométrico	0.2188 m ³	0.2188 m ³
R	Constante de gas metano	8.3144 J/K*mol	0.5183 kJ/Kg*K
T	Temperatura	21°C	294.15 °K
m	Masa	¿?	Kg
z	Factor de compresibilidad	¿=	Adimensional

Ahora, para determinar el factor de compresibilidad (z) primero deberán determinarse la presión reducida (Pr) y la temperatura reducida (Tr) utilizando los valores de la Presión Crítica y

Temperatura Crítica (T_{cr}) los cuales se obtienen de la tabla de constantes de los gases aplicando las siguientes formulas:

Presión Crítica:

$$Pr = \frac{P}{P_{cr}}$$

$$Pr = \frac{250 \text{ bar}}{45.98 \text{ bar}}$$

$$Pr = 5.4371$$

Temperatura Crítica:

$$Tr = \frac{T}{T_{cr}}$$

$$Tr = \frac{294.15^\circ K}{190.15^\circ K}$$

$$Tr = 1.5469$$

Obteniendo el factor de compresibilidad por interpolación en la Gráfica Generalizada de Compresibilidad de Nelson-Obert el valor de z es **0.87**

Despejando la fórmula:

$$m = \frac{PV}{zRT}$$

$$m = \frac{(25000 \text{ kPa})(0.2188 \text{ m}^3)}{(0.87)(0.5183 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ K})(294.15^\circ K)}$$

$$m = 41.2399 \text{ Kg}$$

2) Calculo de masa de gas natural en la Cascada Pulmón:

La cascada pulmón presenta 2 funciones principales:

- Prolongar el tiempo de arranque de los compresores de gas natural, de esta manera alargar su tiempo de vida y disminuir mantenimientos. Con esto conseguimos también, un ahorro de energía eléctrica.
- Funcionar como tanque de recuperación de los compresores; Incrementando el volumen en el interior de estos. De esta manera aligerar el trabajo e incrementar eficiencia de los compresores.

Con base en la MTD, la Estación de Servicio contará con una cascada pulmón que estará conformada con base en las Especificaciones Técnicas indicadas en la Tabla 13 del presente estudio, con un capacidad total volumétrica conjunta para las 2 Fases de desarrollo del proyecto de 13,110 litros (48 tanques de 125 litros cada uno y 3 tanques de 2,370 litros cada uno) en un rango de presión de 250 bar:

Para determinar la masa del gas contenido en dicho volumen total de almacenamiento (13,100 litros) se considerará su factor de compresibilidad como un gas real mediante la siguiente formula:

$$z = \frac{PV}{mRT}$$

Dónde:

z= Factor de compresibilidad

P= Presión de trabajo (kPa)

V= Volumen (m³)

m= Masa (Kg)

R= Constante del gas metano.

T= Temperatura del gas (°K); se estimará que la temperatura será de 21°C

Teniendo para tal efecto los siguientes datos:

P	Presión de trabajo	250 bar	25000 kPa
V	Volumen geométrico	13,110 litros	13.11 m ³
R	Constante de gas metano	8.3144 J/K*mol	0.5183 kJ/Kg*K
T	Temperatura	21°C	294.15 °K
m	Masa	¿?	Kg
z	Factor de compresibilidad	¿?	Adimensional

Ahora, para determinar el factor de compresibilidad (z) primero deberán determinarse la presión reducida (Pr) y la temperatura reducida (Tr) utilizando los valores de la Presión Crítica y Temperatura Crítica (Tcr) los cuales se obtienen de la tabla de constantes de los gases aplicando las siguientes formulas:

Presión Crítica:

$$Pr = \frac{P}{P_{cr}}$$

$$Pr = \frac{250 \text{ bar}}{45.98 \text{ bar}}$$

$$Pr = 5.4371$$

Temperatura Crítica:

$$Tr = \frac{T}{T_{cr}}$$

$$Tr = \frac{294.15^\circ K}{190.15^\circ K}$$

$$Tr = 1.5469$$

Despejando la fórmula:

$$m = \frac{PV}{zRT}$$

$$m = \frac{(25000 \text{ kPa})(13.11 \text{ m}^3)}{(0.87)(0.5183 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}})(294.15^\circ\text{K})}$$

$$m = 2471.0036 \text{ Kg}$$

Resultados Finales

Por lo tanto, la cantidad de gas natural almacenado en tiempo cero en la estación es de **2,517.27 Kg**, como se muestra a continuación:

Tabla 27. Masa total de Gas Natural en la Estación de Servicio.

Área	Cantidad (Kg)
Tubería baja presión	5.03
Tubería alta presión	41.24
Cascada pulmón	2,471.00
TOTAL	2,517.27

Ahora se procederá a determinar, con base en el Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas sí el gas natural o su componente principal, el metano (CH₄) se considera en alguno de los mismos y, si fuere el caso, la cantidad de reporte que determinaría sí la actividad en la Estación de Servicio en análisis se considera como Altamente Riesgosa; en la siguiente tabla se presentan los resultados:

Tabla 28. Combustibles en la Estación de Servicio (Determinación de Actividades Altamente Riesgosas con base en el Primer y Segundo listado).

Sustancia	Cantidad Máxima Almacenada (Kg)	LAAR	CR (Kg)
Gas Natural (Metano)	2,517.27	Segundo	500

LAAR: Listado de Actividades Altamente Riesgosas.

CR: Cantidad de Reporte indicada en el Primer o Segundo LAAR.

De acuerdo con la tabla anterior, se puede observar que el gas natural compuesto principalmente de gas metano se encuentra indicado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas con una cantidad de reporte de 500 kilogramos en tanto que observamos

que conforme a la estimación descrita con anterioridad, la empresa podrá en un momento dado almacenar o contener en las instalaciones de la Estación de Servicio hasta 2,517.27 kilogramos; con base en lo anterior, puede concluirse que conforme al SEGUNDO LISTADO la actividad correspondiente a la comercialización al menudeo de gas natural a realizar por parte de la empresa NATGAS QUERETARO, S.A.P.I. de C.V., en la Estación de Servicio Ocotlán deberá ser considerada como una ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA.

Identificación de Riesgos

Con base en la información relacionada con las propiedades físicas, químicas y de peligrosidad del gas natural (metano) así como de las condiciones ambientales del sitio y de operación de la estación de servicio, se estructuró la etapa de identificación de peligros del presente trabajo como se ilustra en la tabla siguiente:

Tabla 29. Justificación técnica de la selección de las metodologías seleccionadas para la identificación y análisis de riesgos.

Metodología	Objetivo	Justificación	Resultados esperados
¿Qué pasa si?	<ol style="list-style-type: none"> Identificar los peligros asociados a la operación y funcionamiento de la instalación en sus diferentes etapas y durante la ocurrencia de eventos extraordinarios tales como fenómenos naturales, accidentes laborales, actos o condiciones inseguras). Determinar medidas preventivas y correctivas orientadas a la 	<ol style="list-style-type: none"> Mediante la aplicación de esta metodología se obtendrán los peligros asociados a la operación y funcionamiento del proceso en sus diferentes etapas. La metodología permite hacer un análisis detallado de la instalación y de sus componentes operativos considerando la información disponible 	<ol style="list-style-type: none"> Escenarios potenciales de riesgo asociados a la operación y el funcionamiento de la instalación. Condiciones de riesgo asociados a la operación del proceso, así como de comunicación de peligros. Efectos probables de los escenarios potenciales de riesgo que serán analizados posteriormente a través de modelos de computadora para la representación de sus alcances en función de su manifestación.

Tabla 29. Justificación técnica de la selección de las metodologías seleccionadas para la identificación y análisis de riesgos.

Metodología	Objetivo	Justificación	Resultados esperados
	reducción de los riesgos asociados a la instalación evaluada.		4. Medidas preventivas y correctivas preliminares para evitar o mitigar los efectos de los escenarios potenciales de riesgo evidentes.

Análisis ¿Qué pasa si...?

El procedimiento "¿Qué Pasa Si?" es básicamente método para considerar los resultados de eventos inesperados que pudieran llevar a resultados no deseados. Este tipo de análisis no está tan estructurado como el análisis HAZOP o el FMECA, pero se considera una herramienta fácil de emplear y menos tediosa que otras.

Esta técnica de identificación de riesgos es un método muy creativo del tipo inductivo, el cual usa la información específica de un proceso, a fin de generar una serie de preguntas que son pertinentes y apropiadas durante el tiempo de vida de una instalación industrial, que además considera los aspectos generados cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación de los equipos.

El método puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción y operación del proyecto, y exige el planteamiento de las posibles desviaciones desde el diseño, construcción, modificaciones de operación de una determinada instalación

Este método comienza con el uso de la pregunta "¿Qué pasa sí.....?". Por ejemplo: considerando que un tanque está siendo llenado con un líquido:

- a) ¿Qué pasa sí la bomba de llenado del tanque falla al paro?
- b) ¿Qué pasa sí la válvula de cierre falla?
- c) ¿Qué pasa sí la alarma de alto nivel falla?
- d) ¿Qué pasa sí el operador ignora la alarma de alto nivel?

Este método no analiza la situación de cómo ocurre el "¿Qué pasa sí?". Por ejemplo, se asume que la alarma de alto nivel puede fallar, pero el modo en que falla no es importante en este análisis o puede ser el punto de partida de un análisis más profundo del sistema de alarmas. Las preguntas deberán ser elaboradas con base en la experiencia del grupo de análisis, la información técnica y pueden variar para cada unidad de proceso.

Alcance

Identificar los problemas en diseño u operación que pudieran llevar a accidentes. También se pueden detectar procedimientos o métodos para resolver problemas de diseño u operación.

Aplicaciones

Este método es aplicable a las unidades de proceso en las fases de diseño, modificaciones u operación. A menudo es usado para analizar modificaciones o procedimientos de mantenimiento no rutinarios.

Resultados

Una lista de áreas problema que, bajo ciertas circunstancias podrían llevar a accidentes y métodos sugeridos para prevenir o mitigar los accidentes.

Guía para su aplicación

- Primero es necesario decidir qué categorías de consecuencias serán consideradas. Las alternativas pueden ser: el riesgo público, el riesgo ocupacional (seguridad industrial) y el riesgo económico. En algunos casos, la selección puede ser referida a un área específica mayor como el riesgo de afectación una población vecina debido a la liberación de materiales peligrosos. En este caso con base en el objetivo del presente estudio el riesgo a analizar será en materia ambiental.
- El segundo paso es definir los alcances para el estudio, por ejemplo, decidir cuáles instalaciones pueden producir la consecuencia indeseable en la que se está interesado en considerar.

- El tercer paso es realizar una revisión completa de toda la información técnica relacionada al proceso. La mayoría de estas revisiones pueden hacerse en gabinete si así se prefiere, pero si no están suficientemente esquematizados, detallados o actualizados, serán necesarios revisarlos en campo para determinar la instalación real.
- A continuación, se deberán de preparar el juego de preguntas "¿Qué pasa si...?". Este juego de preguntas puede ser modificado conforme avance la revisión.
- A continuación se toma la información que ha sido reunida, junto con la lista de preguntas y comienza la revisión real. Se ubica cada pregunta "¿Qué pasa si...?" contestándola e identificando las condiciones que pueden dar origen al evento indeseado, así mismo, se sugieren posibles soluciones a dichos problemas o se plantean análisis más detallados. Es común que se requiera más información o estudiar más escenarios conforme avanza la revisión.

El reporte de un análisis "¿Qué pasa si?" debe contener una serie de formatos que incluyan la pregunta, las posibles consecuencias o riesgos, los sistemas de salvaguarda o medidas de mitigación o reducción de riesgos y las recomendaciones preventivas y correctivas requeridas para la mitigación del riesgo.

Identificación de nodos de evaluación

A fin de sistematizar el análisis ¿Qué pasa si...? Los nodos o secciones de evaluación se seleccionaron de acuerdo a los criterios descritos por Dinámica Heurística, S.A. de C.V., para la aplicación de la metodología HAZOP (Hazard and Operability Analysis), ya que las unidades de proceso en la unidad minera "Asientos" se ajustan a los siguientes criterios de selección:

Se debe dividir el proceso en secciones manejables. También la secuencia en que estas secciones son estudiadas es importante.

En plantas continuas, se recomienda que el análisis vaya de corriente arriba hacia corriente abajo, con servicios tales como, drenaje, ventilación, instrumentos de aire, agua de enfriamiento, etc., siendo consideradas separadamente y al final. Respecto a los equipos

individuales, no es necesario realizar un análisis separado, a menos de que se trate de un equipo crítico complejo o cuya operación requiera del control de varios parámetros de manera simultánea.

En vez de esto se recomienda agrupar los elementos más pequeños en unidades lógicas. De esta manera una bomba menor con su succión, descarga y líneas de regreso, pudieran ser agrupadas juntas en una tabla. Sin embargo, para el caso de un compresor mayor, quizá deba ser estudiado separadamente, su línea de reciclo y enfriador en línea. También al estudiar un depósito, la tabla debe incluir las líneas de entrada y salida e incluir cualquier válvula de control o aislamiento, todas las bridas de nivel, así como las líneas de ventilación y válvulas de seguridad de presión.

Si varios flujos de corriente, convergen en un depósito, la secuencia del estudio debe en lo posible, trabajar con todos los flujos de corriente, antes de considerar el depósito. Se recomienda que nunca se estudie un depósito antes de conocer todas las desviaciones de entrada.

Con operaciones por lotes o "batch" se requiere un enfoque diferente. En tales casos, los diagramas de la planta no son el enfoque primario del estudio y son más bien accesorios. De mayor importancia será, un diagrama de flujo detallado o la secuencia de pasos operativos, que deben ser realizados. Es en esta secuencia de lotes, donde se requiere la división en secciones manejables, y las palabras claves se aplicarán, a las operaciones secuenciales, tales como; Preparación, Carga, Reacción, Transferencia, Centrifugado, Secado, etc. Esta metodología se requiere, porque es muy probable que cada elemento individual de la planta sea puesto en diferentes estados y sirva a diferentes propósitos en las diversas etapas de la secuencia.

Considerando los criterios anteriores, las secciones a evaluar y los correspondientes nodos de evaluación para el análisis ¿Qué pasa si...? son los indicados en la tabla siguiente.

Tabla 30. Nodos de Evaluación para el análisis ¿Qué pasa sí...?

Área	Sección o actividad a analizar	Asignación de clave para nodo de evaluación
Estación de Regulación (ERM)	Regulación y medición del flujo de gas natural a la estación (RM)	ERM-RM
Área de Compresores y cascada pulmón (ACCC)	Compresión y almacenamiento del gas natural vehicular (CA)	ACCC-CA
Área de despacho y Canopy (ADC)	Suministro de gas natural a vehículos automotores (S)	ADC-S

Con el fin de determinar cuáles de los riesgos identificados son de atención prioritaria, se realizó la evaluación cuantitativa utilizando una Matriz de Jerarquización de Riesgos, la cual permite obtener el índice o grado de riesgo de un evento, en función de su frecuencia y magnitud de las consecuencias.

Para contar con un parámetro común se utilizó la siguiente tabla de índice de severidad, la cual establece la magnitud de las consecuencias de un evento extraordinario.

Tabla 31. Índice de Severidad (S).

Rango	Severidad (S)	Descripción
4	Catastrófico	Muertes dentro o fuera del lugar Daños y pérdidas de producción mayores a US\$1'000,000
3	Severa	Heridos múltiples Daños y pérdidas de producción entre US\$100,000 y \$1'000,000
2	Moderada	Heridas ligeras Daños y pérdidas de producción entre US\$10,000 y \$100,000
1	Ligera	No hay heridas Daños y pérdidas de producción menores a US\$10,000

Y el siguiente índice de frecuencia, que establece la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Tabla 32. Índice de Frecuencia

Rango	Frecuencia (F)	Descripción
4	Frecuente	Ocurre más de una vez al año
3	Poco frecuente	Ocurre una vez entre 1 y 10 años
2	Raro	Ocurre una vez entre 10 y 100 años
1	Extremadamente Raro	Ocurre una vez cada 100 años o más

En conjunto de la matriz de Jerarquización de riesgos mostrada a continuación, se puede determinar el Índice de Riesgo, el cual nos permite establecer la aceptabilidad o inaceptabilidad de un evento que se pudiera presentarse en la estación de servicio de gas natural.

Tabla 33. Matriz de Jerarquización de Riesgos

ÍNDICE DE RIESGOS (R)			SEVERIDAD			
			Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico
			1	2	3	4
FRECUENCIA	Frecuente	4				
	Poco Frecuente	3				
	Raro	2				
	Extremadamente Raro	1				

En donde

	Riesgo Inaceptable
	Riesgo indeseable (Alto)
	Riesgo aceptable con controles (intermedio)
	Riesgo aceptable (Bajo)

Finalmente, el índice de riesgo resultante se evalúa contra los valores de la siguiente tabla para determinar si se requiere o no intervención.

Tabla 34. Índice de Riesgo (R)

Riesgo	Descripción
Aceptable	Rango general aceptable. No se requieren medidas de mitigación y abatimiento.
Aceptable con controles	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo en forma correcta y en su caso modificar los procedimientos de control del proceso.
Indeseable	Se deben revisar tanto los procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 12 meses.
Inaceptable	Se deben revisar tanto los procedimientos de ingeniería como administrativos, y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 6 meses.

Para la aplicación de esta metodología se llevaron a cabo sesiones de trabajo con el personal que laborará en la estación de servicio de gas natural, de sus proveedores así como los responsables del diseño y equipamiento de la misma los cuales, con base en sus conocimientos y experiencia en la materia, analizaron los posibles eventos que pudieran presentarse y que pudieran propiciar una situación de riesgo en todos los nodos así como las salvaguardas y recomendaciones que se aplicarían para controlar, eliminar o mitigar el que se presentaran dichos eventos; a continuación se presenta el resultados de la aplicación de las metodologías de identificación de riesgos:

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Estación de Regulación (ERM)		Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04		Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ERM-RM Estación de Regulación y Medición de gas natural					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente del proveedor es recibido, medido y regulado a una presión uniforme de 7 bar hacia los compresores.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
1.	¿La conexión de la línea de suministro con la Estación de Regulación y Medición está deteriorada, debido a un caso omiso del programa de mantenimiento preventivo por parte del distribuidor?	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de daño en línea de suministro con la posibilidad de fugas de gas natural. • En caso de encontrar una chispa o un elemento de ignición puede presentarse un incendio 	<ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una revisión permanente de los parámetros de entrada del gas a la estación de servicio. • En caso de encontrarse anomalías en los rangos de presión del gas a la entrada de la estación de servicio se tendrá permanente comunicación con el distribuidor para subsanar la anomalía. • Se revisará en forma permanente el adecuado funcionamiento de la ERM la cual podrá regular en forma adecuada las posibles variaciones de presión que pudieran presentarse por parte de la línea de suministro del distribuidor. • Se dará mantenimiento permanente a la ERM para fomentar su adecuada operación y la regulación del gas a la presión requerida una vez que sea canalizado a los compresores. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> • Se habilitará una bitácora para registrar las variaciones del gas natural que llegue a la Estación de Servicio así como el mantenimiento practicado a la ERM.
2.	¿Ocurre un incremento en la presión del gas de la línea de suministro y la válvula slam shut no la detecta y no bloquea el paso del gas?	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre presión en equipo, pudiendo causar daños en sus componentes, lo cual puede llevar a fugas. • En caso de encontrar una chispa o un elemento de ignición puede presentarse un incendio 	<ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una revisión permanente de los parámetros de entrada del gas a la estación de servicio. • En caso de encontrarse anomalías en los rangos de presión del gas a la entrada de la estación de servicio se tendrá permanente comunicación con el distribuidor para subsanar la anomalía. • Se revisará en forma permanente el adecuado funcionamiento de las válvulas que conforman la ERM la cual podrá regular en forma adecuada las posibles variaciones de presión que pudieran presentarse por parte de la línea de suministro del distribuidor. • Se dará mantenimiento permanente a la ERM para fomentar su adecuada operación y la regulación del gas a la presión requerida una vez que sea canalizado a los compresores. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> • Se habilitará una bitácora para registrar las variaciones del gas natural que llegue a la Estación de Servicio así como el mantenimiento practicado a la ERM.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?

Área de la instalación:		Estación de Regulación (ERM)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ERM-RM Estación de Regulación y Medición de gas natural					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente del proveedor es recibido, medido y regulado a una presión uniforme de 7 bar hacia los compresores.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
3.	¿Se presenta una falla en el mecanismo de la válvula de corte?	En caso de un problema, no podría cortarse el suministro de gas natural a la estación, sin embargo como el gas es suministrado a baja presión el equipamiento existente en estación de servicio recibiría el gas mientras se realizan las reparaciones correspondientes.	<ul style="list-style-type: none"> Se revisará en forma permanente el adecuado funcionamiento de la ERM así como de sus accesorios. Se dará mantenimiento permanente a la ERM para fomentar su adecuada operación y la regulación del gas a la presión requerida una vez que sea canalizado a los compresores 	1	1		Se habilitará una bitácora para registrar el mantenimiento practicado a la ERM.
4.	¿Se presenta una falla en los reguladores de presión de la ERM?	<ul style="list-style-type: none"> Sobre presión en equipo, pudiendo causar daños en sus componentes, lo cual puede llevar a fugas En caso de encontrar una chispa o un elemento de ignición puede presentarse un incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> Se revisará en forma permanente el adecuado funcionamiento de la ERM la cual podrá regular en forma adecuada las posibles variaciones de presión que pudieran presentarse por parte de la línea de suministro del distribuidor. Se dará mantenimiento permanente a la ERM para fomentar su adecuada operación y la regulación del gas a la presión requerida una vez que sea canalizado a los compresores 	1	1		Se habilitará una bitácora para registrar el mantenimiento practicado a la ERM.
5.	¿Ocurre un daño en la tubería de suministro previo a la entrada al ERM por sabotaje o vandalismo?	<ul style="list-style-type: none"> Fisura o ruptura con posibilidad de fuga masiva de gas natural a alta presión En caso de encontrar una chispa o un elemento de ignición puede presentarse un incendio 	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos serán fabricado a base de materiales e alta resistencia. Se contará con personal de vigilancia en el sitio las 24 horas los 365 días del año. Se instalarán carteles de e advertencia en relación a los riesgos existentes (altas presiones y materiales inflamables). Se contará con vigilancia de sitio mediante circuito cerrado de TV. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> En un momento dado se incrementará la capacidad de vigilancia con más guardias de seguridad.
6.	¿Ocurre un malfuncionamiento del medidor de flujo de la ERM?	Se generarán errores al contabilizar el volumen de gas que pasa por el equipo, pero no se presentaría riesgo.	Ninguno				Ninguno

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
7.	¿No hay flujo de gas hacia los compresores?	No hay riesgo ya que el gas permanece en línea	Ninguna				Ninguna
8.	¿Los compresores no funcionan?	No hay riesgo ya que no se incrementa la presión del gas ni se encuentran en operación equipos que lo canalicen a otras áreas de la Estación de Servicio	Ninguna				Ninguna
9.	¿El gas natural llega a una mayor presión a la establecida para el proveedor al área de compresores?	No hay riesgo ya que el gas inmediatamente será comprimido a una mayor presión y la tubería está diseñada para soportar una variación de la misma.	Ninguna				Ninguna
10.	¿Se presenta un corto circuito en el área de compresores con presencia de gas natural?	Posible incendio.	<ul style="list-style-type: none"> • Los componentes electrónicos que serán habilitados en el área de compresores contarán con cajas anti explosión. • Se instalarán detectores automáticos e mezclas explosivas con alarma visual y sonora efecto de monitorear permanentemente las concentraciones de gas natural en el área de compresores a efecto de proceder a eliminar con prontitud cualquier fuga que se pudiera presentar. • Se habilitará señalética de seguridad de tipo prohibitiva e informativa que orientará a los operadores para evitar cualquier riesgo por la operación de los equipos. • Se contará con extintores a base de CO₂ para control de posibles conatos de incendios en el área de compresores. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> • Para la realización de operaciones de mantenimiento en el área se emplearan herramientas manuales antichispas para evitar puntos de ignición o calientes.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
11.	¿Alguno de los coples o uniones de los equipos no fueron adecuadamente instalados?	<ul style="list-style-type: none"> • Posible fuga y acumulación de gas en el área de compresores. • Desprendimiento de coples y tubería debido a la inadecuada instalación. • La presión del gas natural puede causar daño a los componentes estructurales y a las personas que operen los equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se habilitará un sistema antivibración a base de soportería que evitará movimientos en los componentes a causa de su normal operación. • Se llevarán previo a su puesta en operación pruebas hidrostáticas y neumáticas que serán llevadas a cabo por una unidad de verificación acreditada ya sea por la Entidad Mexicana de Acreditación o la ASEA a efecto de corroborar que no existirán defectos en la instalación de los equipo en el área de compresores. • Previo a la puesta en operación de las instalaciones, se llevarán pruebas de radiografiado en los componentes y uniones de los equipos a efecto de detectar en forma oportuna defectos en las instalaciones así como daños en la estabilidad estructural de los mismos. • La selección de los equipos a instalar se realizaría considerando que su diseño evite desprendimiento de coples. • La tubería y accesorios que sean instalados por abajo del nivel de piso serán protegidos por una trinchera de concreto así como con una reja de acero de alta resistencia. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> • Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado de los equipos y posibles defectos o desperfectos en los equipos. • Se llevarán a cabo actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en forma permanente de todos los componentes del área de compresores.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
12.	¿Las válvulas de alivio de presión se descalibran?	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresión en el sistema • Fallas en compresores • Liberación de gas en el área de compresores 	<ul style="list-style-type: none"> • Se contará con manómetros que serán monitoreados en forma permanente a efecto de detectar variaciones de presión anormales. • Se contará con transmisores de presión de manera digital. • Cada dos años se llevará a cabo la calibración de los instrumentos por un laboratorio acreditado ante la EMA, A.C. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> • Implementar una bitácora de registro de mantenimiento. • Llevar a cabo mantenimiento y calibración del sistema de alivio de presión de gas por parte de personal externo certificado • Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado de los sistemas de alivio de presión.
13.	¿Si se presenta una falla en el sistema de enfriamiento del gas durante su compresión/descompresión?	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede presentar sobrepresión en el sistema al incrementarse la temperatura del gas natural. • Puede presentarse una falla en compresores debido altas temperaturas del gas y una posible liberación de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se contará con manómetros que serán monitoreados en forma permanente a efecto de detectar variaciones de presión anormales. • Se contará con transmisores de presión de manera digital. • Cada dos años se llevará a cabo la calibración de los instrumentos por un laboratorio acreditado ante la EMA, A.C. • Se contará con transmisores e indicadores de temperatura • Los intercambiadores de calor operarán en funcionamiento permanente • Se contará con alarmas que informen en forma digital y visual incrementos anormales de temperatura en los equipos del área de compresores 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> • Implementar una bitácora de registro de mantenimiento. • Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado de los sistemas de enfriamiento del gas en el área de compresores • Se llevará a cabo una supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo en forma permanente del sistema de enfriamiento por parte de la empresa.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?

Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
14.	¿Son vandalizadas o se presenta un intento de robo las instalaciones del área de compresores por personas no autorizadas en el área de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> • Posible liberación de gas contenido en tubería al intentar desprender las partes de interés de las instalaciones así como posible daño a la integridad física del agresor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los equipos serán fabricado a base de materiales e alta resistencia. • Se contará con personal de vigilancia en el sitio las 24 horas los 365 días del año. • Se instalarán carteles de e advertencia en relación a los riesgos existentes (altas presiones y materiales inflamables). • Se contará con vigilancia de sitio mediante circuito cerrado de TV. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> • En un momento dado se incrementará la capacidad de vigilancia con más guardias de seguridad.
15.	¿Si se presenta una falla o mal funcionamiento en el compresor neumático?	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta un para generalizado en la operación de la estación de servicio al no suministrar aire comprimido para el sistema de válvulas neumáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se contará con un compresor auxiliar para asegurar funcionamiento temporal de la estación. 	1	0		<ul style="list-style-type: none"> • Se implementar una bitácora de registro de mantenimiento del compresor. • Se llevará r a cabo mantenimiento preventivo y correctivo del compresor en forma permanente. • Se brindará al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado del compresor.
16.	¿El detector de fugas de gas natural no funciona?	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de presentarse una fuga esta no sería detectada automáticamente, siendo detectada de forma olfativa o sensorial por el personal de la estación de servicio. • En caso de encontrar una chispa, podría generarse un incendio en el área de compresores 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará una supervisión permanente del estado y operación del detector de gas natural. • Se contará con extintores a base de CO₂ para control de posibles conatos de incendios en el área de compresores. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> • Se habilitará una bitácora para el registro de las revisiones y mantenimientos que se realicen al detector de gas natural.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
17.	¿Se presenta una fractura en las líneas de conducción de gas natural?	Fuga de gas natural por la factura de la tubería de conducción del gas natural	<ul style="list-style-type: none"> Se habilitarán materiales, tuberías y accesorios nuevos diseñados para soportar presiones del doble de capacidad requerida. Se adquirirán y habilitarán material, tuberías y accesorios certificados y probados por fabricante que de cumplimiento a los estándares de calidad y seguridad establecidos en la legislación aplicable. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se implementarán acciones de revisión semanales de instalaciones.
18.	¿Algún compresor presenta desperfectos?	No se tendría suministro de gas natural debido a que se activarían los instrumentos de seguridad, por lo que no habría riesgo	Ninguna				Ninguna
19.	¿Se presenta una falla en el sistema de suministro eléctrico?	No se tendría suministro de gas natural en la estación debido a la falla de energía eléctrica, por lo que no habría riesgo	Ninguna				Ninguna
20.	¿Ocurre un incendio en los alrededores del área donde se localizan los equipos de compresión?	<ul style="list-style-type: none"> Se podría provocar un daño al equipo en caso de que la temperatura de exposición fuera muy alta. Probabilidad que el incendio se incremente por la cantidad de gas natural existente en el área de compresores en caso de alguna fuga 	<ul style="list-style-type: none"> Se contará con extintores portátiles en el área de los compresores Se contará con señalética específica en cuanto a prohibiciones que incluyan "no fumar" y "prohibido el uso de celulares". Se contará con paros de emergencia en diferentes áreas de la estación de servicio a efecto de detener la operación y el suministro de gas al área de canopy. Se elaborará un Programa Interno de Protección Civil (plan de contingencia) que incluya los procedimientos de actuación en caso de presentarse dicho evento. Los compresores contarán con un sistema de venteo de gas natural a la atmósfera en caso de presentarse mayores presiones en su interior. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se programarán actividades periódicas de limpieza de maleza. Se brindará capacitación permanente al personal de la estación de servicio en el combate de incendios.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:	Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017		
Nodo de evaluación:	ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular						
Descripción:	El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.						
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
21.	¿Se presenta corrosión en los cilindros de almacenamiento de la cascada pulmón?	Posible fuga de gas natural en los puntos de corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> Los cilindros de la cascada serán habilitados con pintura anticorrosiva que previene dichas fallas. El rack de sujeción de los tanques de la cascada pulmón será diseñado para que no haya contacto directo entre los mismos para evitar zonas de humedad que promuevan la corrosión de los mismos. Cada 5 años se llevará a cabo inspección a los cilindros por una instancia acreditada ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C., que verifique el estado de operación de los mismos. Como parte del sistema de compresores se contará con un sistema de filtración del gas que elimina la humedad que pudiera contener El área de compresores estará habilitará una adecuada ventilación como parte el diseño constructivo del mismo que facilitará la eliminación y canalización a la atmósfera de excesos de gas natural en el interior del mismo Se habilitará señalética de seguridad de tipo prohibitiva e informativa que orientará a los operadores para evitar cualquier riesgo por la operación de los equipos. Se contará con extintores a base de CO₂ para control de posibles conatos de en el área de compresores 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se llevará a cabo la revisión permanente del estado de la pintura anticorrosiva en todos los cilindros de la cascada pulmón. Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de los cilindros de la cascada pulmón.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
22.	¿Se presenta una sobrepresión en el panel prioritario y la cascada pulmón?	<ul style="list-style-type: none"> • Posible falla en panel prioritario • Posible liberación de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El panel contará con manómetros tanto visuales transmisores de presión digitales para monitorear de forma permanente la presión en todos los puntos del mismo. • Se contará con un sistema de válvulas de seguridad que liberaran en forma automática demasías de presión de gas a través del sistema de venteo. • Se contará con un sistema de válvulas antirretorno que evitarán que el gas regrese a equipos y líneas evitando presiones excesivas en otros puntos de la instalación. • Se contará con un panel con un arreglo que permite que si una parte del mismo presenta una falla o paro total, otra parte del mismo realizará las operaciones en forma normal mientras se atiende cualquier tipo de desperfecto. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a cabo la revisión permanente del estado que guarda el panel prioritario tanto de manera visual como a través de un sistema electrónico. • Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado panel prioritario.
23.	¿Se presenta una falla en alguna válvula de seguridad del panel prioritario?	<ul style="list-style-type: none"> • Se presentaría una sobrepresión en el sistema de panel y cascada pulmón. • Posible falla en panel prioritario • Posible liberación de gas en el área donde se ubica la cascada pulmón. 	<ul style="list-style-type: none"> • El panel contará con manómetros tanto visuales transmisores de presión digitales para monitorear de forma permanente la presión en todos los puntos del mismo con lo que se detectará cualquier tipo de falla en las válvulas. • Cada dos años se llevará a cabo la calibración completa de los instrumentos por una instancia acreditada ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> • Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de la totalidad de las válvulas de seguridad del panel de control. • Llevar a cabo la revisión y mantenimiento preventivo y correctivo de dichas válvulas • Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado de cualquier válvula.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
24.	¿La presión del gas en el panel prioritario no es la especificada para su operación normal?	No habría riesgo ya que si se generará la situación, el daño podría producirse en los equipos de compresor ya que dicha presión por demasía del gas sería absorbida en los compresores	Ninguna				Ninguna
25.	¿Se presenta una ruptura en la válvula de salida de la cascada pulmón?	<ul style="list-style-type: none"> Acumulación de gas en el área de ubicación de la cascada pulmón Desprendimiento de coples y tubería de la cascada pulmón. La alta presión de salida del gas generaría daño a los componentes estructurales de la cascada pulmón a las personas localizadas en las cercanías al punto de ruptura de la válvula. 	<ul style="list-style-type: none"> Se instalarán detectores automáticos de mezclas explosivas con alarma visual y sonora efecto de monitorear permanentemente las concentraciones de gas natural en el área de compresores a efecto de proceder a eliminar con prontitud cualquier fuga que se pudiera presentar. El área de compresores contará con una adecuada ventilación como parte el diseño constructivo del mismo que facilitará la eliminación y canalización a la atmósfera de excesos de gas natural en el interior del mismo. Se habilitará señalética de seguridad de tipo prohibitiva e informativa que orientará a los operadores para evitar cualquier riesgo por la operación de los equipos. Se contará con extintores a base de CO₂ para control de posibles conatos de incendios en el interior del área de compresores. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de la totalidad de las válvulas de seguridad del panel de control. Llevar a cabo la revisión y mantenimiento preventivo y correctivo de dichas válvulas Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado de cualquier válvula. Se analizará agregar una válvula antirretorno después de la válvula de salida de la cascada pulmón para evitar una posible fuga del gas; la válvula a antirretorno sellará en forma hermética la salida del mismo.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)		Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
26.	¿Se presenta una falla en la interconexión entre los diferentes elementos de la cascada pulmón y el panel prioritario?	<ul style="list-style-type: none"> Liberación de gas únicamente en el tramo de tubería existente donde se presente la falla. 	<ul style="list-style-type: none"> Se instalarán detectores automáticos de mezclas explosivas con alarma visual y sonora efecto de monitorear permanentemente las concentraciones de gas natural en el área de compresores a efecto de proceder a eliminar con prontitud cualquier fuga que se pudiera presentar. El área de compresores contará con una adecuada ventilación como parte el diseño constructivo del mismo que facilitará la eliminación y canalización a la atmósfera de excesos de gas natural en el interior del mismo. Se habilitará señalética de seguridad de tipo prohibitiva e informativa que orientará a los operadores para evitar cualquier riesgo por la operación de los equipos. Se contará con extintores a base de CO₂ para control de posibles conatos de incendios en el interior del área de compresores. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de los componentes de la cascada pulmón y panel prioritario. Llevar a cabo la revisión y mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos del equipo Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
27.	¿Un vehículo choca contra el recinto, dañando la cascada pulmón?	<ul style="list-style-type: none"> Fuga masiva del contenido y posibilidad de un incendio o explosión Posible daño a las personas que se encuentren en las cercanías al área de impacto por la salida a presión del gas en la cascada pulmón. 	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de ubicación de la cascada pulmón se construirá con materiales de acero resistentes a impactos Los cilindros de la cascada pulmón serán montados y fijados con una estructura resistente a impactos. Se habilitarán protecciones metálicas en forma de U en los extremos de los módulos de ubicación de los dispensarios. Se habilitará una adecuada señalética en el área de la cascada pulmón en cuanto a límites de velocidad, precauciones a seguir por parte del conductor o cliente que estarán a la vista. El personal de la estación de despacho encargado del suministro del gas natural orientará al conductor para el adecuado acomodo del vehículo a efecto de evitar accidentes por impacto. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Colocar topes para reducir la velocidad de los vehículos que accedan en la estación de servicio en lugares adecuados y que sean viables con base en los lineamientos de construcción y diseño de la misma.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de compresores y Cascada Pulmón (ACCC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ACCC-CA Compresión y almacenamiento de gas natural vehicular					
Descripción:		El gas natural en línea proveniente de la Estación de Regulación a 7 bar se canaliza al área de compresores donde es comprimido a una presión de 250 bar y enviado a la cascada pulmón para su posterior suministro hacia los dispensarios.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
28.	¿Después de un mantenimiento no se realiza adecuadamente las conexiones de entrada y salida del equipo?	<ul style="list-style-type: none"> Liberación de gas únicamente en el tramo de tubería o accesorio existente donde se presente la falla. 	<ul style="list-style-type: none"> Se instalarán detectores automáticos de mezclas explosivas con alarma visual y sonora efecto de monitorear permanentemente las concentraciones de gas natural en el área de compresores a efecto de proceder a eliminar con prontitud cualquier fuga que se pudiera presentar. El área de compresores contará con una adecuada ventilación como parte el diseño constructivo del mismo que facilitará la eliminación y canalización a la atmósfera de excesos de gas natural en el interior del mismo. Se habilitará señalética de seguridad de tipo prohibitiva e informativa que orientará a los operadores para evitar cualquier riesgo por la operación de los equipos. Se contará con extintores a base de CO₂ para control de posibles conatos de incendios en el interior del área de compresores. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de los componentes de la cascada pulmón y panel prioritario. Llevar a cabo la revisión y mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos del equipo Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de despacho y Canopy (ADC)		Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017
Nodo de evaluación:		ADC-S Suministro de Gas Natural a Vehículos Automotores					
Descripción:		En esta zona se suministra mediante dispensadores el gas natural a los vehículos automotores que confluyan a la estación de servicio.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
29.	¿Un vehículo golpea un dispensario?	<ul style="list-style-type: none"> Se podría presentar una posible liberación del gas natural a la atmósfera existente acumulado en el dispensario, así como en la tubería de ese tramo, pero no de otros componentes del sistema de compresión o suministro. Posible daño a las personas que se encuentren en las cercanías al área de impacto por la salida a presión del gas en el dispensario. 	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de ubicación de los dispensarios se construirá con un diseño en forma de "hueso" que favorece el desvío del vehículo hacia fuera del mismo en caso de choque por el impacto de las llantas del automóvil con su base. Los dispensarios serán montados y fijados con una estructura resistente a impactos. Se habilitarán protecciones metálicas en forma de U en los extremos de los módulos de ubicación de los dispensarios. Se habilitará una adecuada señalética en el área de dispensarios en cuanto a límites de velocidad, precauciones a seguir por parte del conductor o cliente que estarán a la vista. El personal de la estación de despacho encargado del suministro del gas natural orientará al conductor para el adecuado acomodo del vehículo a efecto de evitar accidentes por impacto en los módulos de despacho. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Analizar la posible cimentación del módulo de ubicación de los dispensarios Colocar topes para reducir la velocidad de los vehículos que accedan en la estación de servicio en lugares adecuados y que sean viables con base en los lineamientos de construcción y diseño de la misma.
30.	¿No se realiza correctamente la conexión de la boquilla del surtidor con la válvula de carga del vehículo?	<ul style="list-style-type: none"> No hay riesgo para esta eventualidad ya que si no existe una adecuada conexión entre la boquilla de despacho y la válvula de conexión del vehículo no se lleva a cabo el suministro del gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> Se cuenta con un sistema de doble válvula para el sistema de suministro de gas natural así como del vehículo automotor. El sistema de despacho contará con una válvula de 3 vías que evitará conexiones inadecuadas con los vehículos. La válvula de suministro de gas natural del dispensario será del tipo antirretorno. Se contará con un protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cual será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos de una carga inadecuada de gas natural. 				<ul style="list-style-type: none"> Capacitar adecuadamente al personal encargado del suministro de gas natural. Implementar un plan de revisión del estado de operación y funcionamiento de los dispensarios y accesorios.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de despacho y Canopy (ADC)		Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017
Nodo de evaluación:		ADC-S Suministro de Gas Natural a Vehículos Automotores					
Descripción:		En esta zona se suministra mediante dispensadores el gas natural a los vehículos automotores que confluyan a la estación de servicio.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
31.	¿Se presenta un incendio en las cercanías o en uno de los dispensarios?	<ul style="list-style-type: none"> Se podría provocar un daño al equipo en caso de que la temperatura de exposición fuera muy alta. Probabilidad que el incendio se incremente por la cantidad de gas natural existente en el dispensario. 	<ul style="list-style-type: none"> Se contará con un protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cuál será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos de una carga inadecuada de gas natural. Dicho protocolo incluye precauciones para evitar cualquier tipo de riesgo por incendio. Se contará con extintores portátiles en cada módulo de despacho. Se contará con señalética específica en cuanto a prohibiciones que incluyan "no fumar" y "prohibido el uso de celulares". Se contará con paros de emergencia en los módulos de los dispensarios así como en otras áreas de la estación de servicio a efecto de detener la operación y el suministro de gas al área de canopy. Se elaborará un Programa Interno de Protección Civil (plan de contingencia) que incluya los procedimientos de actuación de actuación en caso de presentarse dicho evento. Los dispensarios contarán con un sistema de venteo de gas natural a la atmósfera en caso de presentarse altas presiones en su interior. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se programarán actividades periódicas de limpieza de maleza con los propietarios de los predios contiguos a la estación de servicio. Se brindará capacitación permanente al personal de la estación de servicio en el combate de incendios Capacitación al personal Habilitación futura de un sistema contra incendios a base de hidrantes.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS. ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de despacho y Canopy (ADC)		Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017
Nodo de evaluación:		ADC-S Suministro de Gas Natural a Vehículos Automotores					
Descripción:		En esta zona se suministra mediante dispensadores el gas natural a los vehículos automotores que confluyan a la estación de servicio.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
32.	¿El vehículo del cliente presenta alguna falla que no es evidente y/o fácilmente prevista?	<ul style="list-style-type: none"> Se podría presentar una liberación de gas natural proveniente del tanque de almacenamiento del vehículo del cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> Se contará con un protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cuál será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos de una carga inadecuada de gas natural. Dicho protocolo incluye precauciones para evitar cualquier tipo de riesgo por incendio. Se contará con paros de emergencia en los módulos de los dispensarios así como en otras áreas de la estación de servicio a efecto de detener la operación y el suministro de gas al área de canopy. Previo suministrar el combustible se solicitará al cliente el certificado de la vigencia y mantenimiento realizado a los componentes de manejo de gas natural del vehículo para reducir riesgos. En caso de no contar con él o que estuviera vencido, se negará el suministro de gas por seguridad. Se contará con personal de despacho de combustibles adecuadamente capacitado para atender cualquier anomalía que pudiera presentarse por alguna falla del vehículo del cliente. Se habilitará en los tickets del servicio información relativa a la próxima revisión y mantenimiento del vehículo a efecto de reducir riesgos. 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se implementará un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible. El personal brindará al cliente recomendaciones en cuanto a su próxima fecha de revisión o en su caso de anomalías detectadas el vehículo durante la carga de combustible a los vehículos.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?							
Área de la instalación:		Área de despacho y Canopy (ADC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04			Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ADC-S Suministro de Gas Natural a Vehículos Automotores					
Descripción:		En esta zona se suministra mediante dispensadores el gas natural a los vehículos automotores que confluyen a la estación de servicio.					
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R	Recomendaciones
33.	¿El vehículo del cliente fuera puesto en movimiento durante la carga de gas natural provocando el desprendimiento de la manguera de suministro?	• Liberación de gas natural que se encuentra específicamente alojado en la manguera.	<ul style="list-style-type: none"> Los dispensarios cuentan con una boquilla de suministro habilitada con una válvula breakaway que cierra en forma automática el paso del gas. Se contará con un protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cual será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos de una carga inadecuada de gas natural. Dicho protocolo incluye precauciones para evitar cualquier tipo de riesgo por incendio. La válvula de suministro de gas natural del dispensario (Válvula NGV1) será del tipo antirretorno y su pico de carga evitará cualquier fuga de gas. 	1	1		La empresa implementará procedimientos para asegurarse de la correcta aplicación del protocolo de carga de combustible.
34.	¿Se presentan daño de la tubería desde la cascada pulmón a la zona de dispensadores por sabotaje o vandalismo?	Posible liberación de gas contenido en tubería al intentar desprender las partes de interés de las instalaciones así como posible daño a la integridad física del agresor.	<ul style="list-style-type: none"> Se contará con personal de vigilancia en el sitio las 24 horas los 365 días del año. Se instalarán carteles de advertencia en relación a los riesgos existentes (altas presiones y materiales inflamables) 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> Se contará con un sistema de circuito cerrado de vigilancia Se incrementará la capacidad de vigilancia con más guardias de seguridad.
35.	¿Falla en el material de las tuberías por algún defecto de fabricación?	Fuga de gas natural por falla en los materiales de fabricación de los componentes de conducción.	<ul style="list-style-type: none"> Se habilitarán materiales, tuberías y accesorios nuevos diseñados para soportar presiones del doble de capacidad requerida. Se adquirirán y habilitarán material, tuberías y accesorios certificados y probados por fabricante que de cumplimiento a los estándares de calidad y seguridad establecidos en la legislación aplicable. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> Se implementarán acciones de revisión semanales de instalaciones.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, ¿QUÉ PASA SI?						
Área de la instalación:		Área de despacho y Canopy (ADC)	Planos de apoyo: Diagrama de Instrumentación y Tuberías ME-04		Fecha: Julio 2017	
Nodo de evaluación:		ADC-S Suministro de Gas Natural a Vehículos Automotores				
Descripción:		En esta zona se suministra mediante dispensadores el gas natural a los vehículos automotores que confluyan a la estación de servicio.				
No.	¿Qué pasa si...?	Consecuencia / peligro	Medidas Programadas	F	S	R
36.	¿No se proporciona mantenimiento adecuado a la tubería de suministro?	Fuga de gas natural por desgaste de algún componente (válvula, tubería)	<ul style="list-style-type: none"> • Se contará con un programa de inspección semanal a dichas instalaciones. • Se contará con una bitácora de registro de acciones de mantenimiento • Se dará atención inmediata a cualquier eventualidad que sea detectada tanto en las inspecciones programadas como en la operación de los sistemas. • Todas las instalaciones, tuberías, accesorios serán nuevos. • Todas las tuberías, instalaciones, accesorios darán cumplimiento a los estándares de seguridad establecidos por la legislación mexicana. • Se contará con válvulas de corte en diversos tramos de la tubería a efecto de controlar el flujo y evitar fugas de gas. 	1	2	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación permanente al personal de mantenimiento. • Implementación de instrumentos automáticos de detección de concentraciones altas de gas en las líneas de suministro

De lo anterior y aplicando la cualificación el Nivel de Riesgo detectado para cada nodo tenemos los siguientes resultados:

Tabla 35. Niveles de Riesgo de los Eventos Identificados.

Categoría de Riesgo	Eventos
1. Riesgo aceptable	1, 2, 3, 4, 12, 15, 17, 22, 23, 28, 33, 35, 36
2. Riesgo aceptable con controles	5, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 34
3. Riesgo indeseable	Ninguno
4. Riesgo inaceptable	Ninguno

Conforme a los resultados obtenidos de la jerarquización de eventos identificados mediante la metodología ¿Qué pasa sí...? Se observa que conforme a las condiciones de diseño, operación, medidas de seguridad ,salvaguardas y recomendaciones, se tendrían un total de 13 eventos en los cuales el riesgo es aceptable o prácticamente nulo en función principalmente a que se considera que estos tendrán tanto una muy baja frecuencia debido que serían extremadamente raro que se presentarán así como una severidad ligera sin que presentaran daños para el personal de la estación de servicio ni para la población colindante con el establecimiento y que sí se presentarán, no representarían daños y pérdidas de producción mayor a US\$10,000 . Entre dichos riesgos se incluyen desviaciones en las operaciones normales, posibles errores humanos por una mala práctica o un descuido en el uso seguro de algún equipo o la falta de mantenimiento del mismo, un desperfecto en alguno de los sistemas o equipos de la estación de servicio, una adecuada instalación o verificación en su operación normal del mismo entre otros tanto en la estación de regulación y medición, el área de compresores, la cascada pulmón y área de despacho. Dichas desviaciones descritas podrían ser controladas a través de las diversas salvaguardas existentes en cada nodo así como a través de la implementación de procedimientos y seguros de operación complementados con las recomendaciones derivadas que se indican en cada una de las tablas descritas con base en la metodología en cuestión.

Asimismo conforme a los resultados obtenidos se tendrían con base en la Matriz de Jerarquización un total de 15 riesgos de tipo aceptable pero con controles, los cuales conforme el análisis realizado por las personas responsables del diseño y operación de la estación de servicio se tendría una frecuencia muy baja pero si llegará a ocurrir, las consecuencias y las afectaciones al ambiente y a la población podrían ser severas; a continuación se describen cada una de ellas conforme al nodo donde fueron identificadas:

Estación de Regulación y Medición (ERM):

Entre los principales riesgos que se tendrían durante la operación de la ERM que incluye la infraestructura para recibir y canalizar el gas natural que será suministrado por el proveedor externo que brinda el servicio en las cercanías del sitio se incluyen posibles desviaciones en la infraestructura y presión del mismo proveedor que pudieran provocar desviaciones, descomposturas o algún tipo de riesgo de fuga del gas natural.

Otro aspecto importante es la posible falta de revisión, supervisión y el mantenimiento adecuado de la ERM que pudieran provocar desviaciones en su funcionamiento normal, deterioro o incluso rotura de componentes que promovieran el fugado del combustible con los consiguientes riesgos de incendios.

Otro aspecto significativo sería considerar un daño provocado a la tubería de suministro del gas natural a la ERM por vandalismo o sabotaje, aspecto importante que debe tomarse en cuenta para proveer la vigilancia y supervisión adecuada por parte del promovente del proyecto así como del distribuidor del combustible.

Con base en estos resultados, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Se implementará una bitácora a efecto de registrar las variaciones en la operación de la ERM así como las acciones de mantenimiento que se lleven a cabo para solventar anomalías que sean detectadas.
- Sí lo amerita, se incrementará la capacidad de vigilancia del sitio con más guardias de seguridad.

Área de compresores y cascada pulmón.

Como probables riesgos aceptables pero con controles en esta área, a nivel de proyecto, se identificó que un posible corto circuito en el área indicada podría provocar, en presencia de gas un incendio; de igual manera, fugas de gas natural indeseable pueden presentarse por deterioro y falta de mantenimiento de los equipos y accesorios que forman parte de los sistemas de compresión.

Un aspecto importante es la falla de los sistemas de liberación de presión mediante válvulas así como del equipamiento encargado de la detección de fugas de gas natural derivado también de la falta de supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo adecuado para verificar que dichos componentes operan de forma óptima.

Asimismo no se descartan posibles actos vandálicos o bien un daño mecánico significativo derivado de una colisión de algún vehículo automotor que ingrese a la estación de servicio sin las debidas precauciones contraviniendo los señalamientos viales que serán habilitados en las áreas de acceso y circulación de vehículos, lo cual pudiera comprometer en forma seria la integridad del área de compresores.

Otro riesgo importante es la posible presencia de incendios en las cercanías al área de compresores, lo que podría ocasionar daños a los mismos por las altas temperaturas generadas por el conato, el cual podría potencializarse sí existiera presencia de gas fugado

Para prevenir esto, se tiene contemplado la habilitación de dispositivos electrónicos de lectura de entrada del gas (presiones y flujos), sistema de venteo habilitado en todos los equipos que conforman el área de compresores, detectores automáticos de mezclas explosivas con alarma visual y sonora; sistema con válvulas de seguridad (antirretorno, solenoides de venteo), paros automáticos de toda la estación en cada uno de los equipos del cuarto, instalaciones eléctricas y lámparas antiexplosivas; y adecuada ventilación del área que facilitará la canalización y eliminación de los excesos de gas, así como extintores portátiles para el control de cualquier conato de incendio entre otras.

Uno de los riesgos más importantes identificados para la cascada pulmón y panel prioritario es el posible daño de uno o más de los cilindros que la componen esto por una corrosión del material del que están fabricados; dicha corrosión podría generar fuga del gas natural y su posible acumulación en el interior del área de compresores

Como medidas de salvaguarda se considerará la habilitación de cilindros con pintura anticorrosiva que previene dichas fallas, se evitará el contacto directo entre los cilindros. Así mismo el área donde se ubicará la protegerá de las condiciones de intemperie exteriores y cada 5 años se realizará una revisión detallada de las condiciones de la misma por una instancia acreditada ante la Entidad Mexicana de Acreditación. Además Se contará con un sistema de filtración del gas que reducirá su humedad y la posible corrosión en el interior de los cilindros, se habilitará una adecuada ventilación en el área, se contará con detectores de mezcla explosivas, paros de emergencia, sistemas de venteo del gas, entre otros.

Otro riesgo latente sería una variación e incremento de los rangos de presión de diseño de la cascada pulmón, lo que pudiera provocar daños en el panel prioritario, el deterioro y fallo de válvulas, interconexiones así como de la misma estructura de la cascada, eventos que podría provocar una fuga de gas natural y, en un caso extremo, un incendio sí en el sitio se encontrarán elementos que provocarán su ignición.

Otra posible eventualidad detectada serían los actos vandálicos o bien un daño mecánico significativo derivado de una colisión de algún vehículo automotor que ingrese a la estación de servicio sin las debidas precauciones y que pudiera comprometer en forma seria la integridad de la cascada.

Como recomendaciones resultaron las siguientes:

- Para la realización de operaciones de mantenimiento en el área se emplearan herramientas manuales antichispas para evitar puntos de ignición o calientes.

- Se brindará capacitación al personal para dar respuesta a cualquier eventualidad por las actividades de operación en el área de compresión que involucren fallas en los componentes así como por fugas de gas.
- Se llevarán a cabo actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en forma permanente de todos los componentes del área de compresores.
- Implementar una bitácora de registro de mantenimiento.
- Llevar a cabo mantenimiento y calibración del sistema de alivio de presión de gas por parte de personal externo certificado
- Se llevarán a cabo un monitoreo permanente de las condiciones de operación en el área indicada con base en los instrumentos de medición tanto electrónicos como visuales que estarán habilitados en los mismos.
- Se implementarán acciones de revisión permanentes de todos los componentes e instalaciones del área de compresores.
- Se llevarán a cabo actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en forma permanente de todos los componentes del área de compresores.
- En un momento dado se incrementará la capacidad de vigilancia con más guardias de seguridad.
- Se realizará limpieza permanente del área para evitar la presencia de materiales que pudieran provocar un incendio.
- Se llevará a cabo la revisión permanente del estado de la pintura anticorrosiva en todos los cilindros de la cascada pulmón.
- Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de los cilindros de la cascada pulmón así como de todos los accesorios y equipos auxiliares que la conforman.

- Se analizará la posibilidad de colocar topes para reducir la velocidad de los vehículos que accedan en la estación de servicio en lugares adecuados y que sean viables con base en los lineamientos de construcción y diseño de la misma.
- Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado

Área de despacho y Canopy

Dicha área destaca en la estación de servicio como en la que se presentarán más interacciones con elementos exteriores al establecimiento al ser un área pública toda vez que en la misma confluirán los vehículos automotores para que les sea suministrado el combustible que comercializará la empresa. Entre las eventualidades identificadas que podrían generar un riesgo aceptable pero con medidas de control se encuentra un posible accidente de un vehículo automotor que golpee un dispensario, lo que podría generar una posible liberación del gas existente específicamente en el interior del citado dispensario así como de la tubería de ese tramo así como un posible daño a las personas que se encontraran en las cercanías inmediatas al accidente.

Otro evento que podría presentarse sería un conato de incendio en las cercanías del área de despacho o en uno de los dispensarios lo que provocaría daños importantes al equipo en caso de que la temperatura que se alcanza por dicho incendio fuera muy alta así como que la magnitud del incendio se incremente por la cantidad de gas existente en el dispensario.

Finalmente otro evento importante sería que un vehículo al que se le brinde el servicio de suministro de gas natural tuviera un daño o falla importante que liberé por la operación de llenado la liberación del gas proveniente del tanque de almacenamiento del mismo provocando una posible atmósfera explosiva o un incendio.

Entre las medidas a implementar para evitar dichos riesgos destacan el diseño del módulo de ubicación de los dispensarios en forma de huso que favorecerá el desvío hacia el

exterior de un vehículo en caso de que fuera a impactarse directamente en el mismo, los dispensarios serán montados fijos en una estructura metálica de alta resistencia, se habilitarán protecciones metálicas en forma de U para proteger dichos módulos, se contará con señalética y carteles de precaución, restrictivos y de comunicación de riesgos para los clientes, se contará con un procedimiento específico que garantice la seguridad durante el suministro de combustibles, se contará con extintores portátiles en cada módulo de despacho así como paros de emergencia en el lugar; también se elaborará un Programa Interno de Protección Civil específico para la estación de servicio entre otras medidas descritas en las tablas resultantes de la metodología aplicada.

Como recomendaciones se propusieron las siguientes:

- Analizar la posible cimentación del módulo de ubicación de los dispensarios
- Colocar topes para reducir la velocidad de los vehículos que accedan en la estación de servicio en lugares adecuados y que sean viables con base en los lineamientos de construcción y diseño de la misma.
- Se programarán actividades periódicas de limpieza de maleza con los propietarios de los predios contiguos a la estación de servicio.
- Se brindará capacitación permanente al personal de la estación de servicio en el combate de incendios.
- Habilitación futura de un sistema contra incendios a base de hidrantes.
- Se implementará un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible.
- El personal brindará al cliente recomendaciones en cuanto a su próxima fecha de revisión o en su caso de anomalías detectadas el vehículo durante la carga de combustible a los vehículos.

Con base en los resultados anteriores se tendrían identificados los siguientes escenarios de riesgo:

- Fuga de gas natural en las tuberías de suministro de gas natural.
- Fuga de gas natural en la cascada pulmón.
- Fuga de gas natural en el área de despacho de combustibles (Canopy).
- Considerando lo anterior y retomando de manera integrada los resultados del análisis ¿Qué pasa sí?, se plantean los siguientes escenarios de riesgo asociados con el manejo de gas natural en los diferentes nodos de la estación de servicio.

Tabla 36. Escenarios de Riesgos Identificados

Clave	Área	Escenario
ERM-RM	Estación de Regulación	Fuga de gas natural en la ERM
ACCC-CA	Área de Compresores y Cascada Pulmón	Fuga de gas natural en el área de compresores y cascada pulmón
ADC-S	Área de despacho y Canopy	Fuga de gas natural en el área de despacho de gas natural a vehículos automotores

Jerarquización de escenarios potenciales de riesgo

Para estimar el riesgo asociado a los escenarios potenciales de riesgo identificados, se empleó la metodología de Matriz de Jerarquización basada en la especificación NR-018-PEMEX-2007 denominada Estudios de Riesgo.

A continuación se describen los criterios para determinar el nivel de riesgo (interacción de frecuencia y consecuencia) a fin de darles un valor y un significado a los eventos probables y con ello descartar los eventos que pudieran estar dentro de un rango tolerable según la siguiente clasificación indicada en NR -018-PEMEX -2007.

Tipo A Riesgo intolerable. El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Tipo “A” representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La

mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo C o de preferencia a Tipo D, en un lapso de tiempo menor a 90 días

Tipo B Riesgo indeseable. El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.

Tipo C Riesgo aceptable con controles. El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.

Tipo D Riesgo razonablemente aceptable. El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención conjuntamente con otras mejoras operativas.

La matriz base para la jerarquización de riesgos se muestra en la tabla siguiente

Tabla 37. Matriz de Evaluación de Riesgos

Frecuencia	Alta (F4)	B	B	A	A
	Media (F3)	C	B	B	A
	Baja (F2)	D	C	B	A
	Remota (F1)	D	D	C	B
		Menor (C1)	Moderada (C2)	Grave (C3)	Catastrófica (C4)
Consecuencia					

En las tablas siguientes se muestran los criterios para establecer la categoría de frecuencia y la categoría de consecuencias.

Tabla 38. Categoría de Frecuencia.

Factores	Remota F1	Baja F2	Media F3	Alta F4
Controles de ingeniería				
Barreras de protección	Dos o más sistemas pasivos de seguridad independientes entre sí. Los sistemas son confiables; no	Dos o más sistemas, al menos uno de ellos pasivo. Todos son confiables	Uno o dos sistemas activos y complejos. La confiabilidad de los sistemas, pueden tener fallas de causa	Ningún sistema o uno activo y complejo; poco confiable

Tabla 38. Categoría de Frecuencia.

Factores	Remota F1	Baja F2	Media F3	Alta F4
	requieren intervención del personal o de fuentes de energía.		común; que de ocurrir puede afectar a los sistemas	
Pruebas (Interruptor, integridad mecánica y sistemas de emergencia)	Protocolos de prueba bien documentados; función verificada completamente; buenos resultados; fallas raras	Pruebas regulares; la verificación de funcionamiento puede estar incompleta; los problemas no son comunes	No se prueban a menudo; se registran problemas, algunas pruebas programadas no son realizadas	No están definidas; no se realizan o no se aprecia su importancia
Antecedentes de accidentes e incidentes	No se registran accidentes graves, muy pocos incidentes y todos menores. Cuando se presentan, la respuesta es con acciones correctivas rápidas	No se presentan accidentes o incidentes graves. Se dan algunos accidentes/incidentes menores. Las causas raíz han sido identificadas y las lecciones son capitalizadas	Un accidente o incidente menor. Sus causas no fueron totalmente entendidas. Hay dudas de si las medidas correctivas fueron las correctas	Muchos incidentes y/o accidentes. No se investigan y registran. Las lecciones no son aprendidas
Experiencia operacional	Los procesos son bien entendidos. Rara vez se rebasan los límites de operación y cuando esto ocurre, se toman acciones inmediatas para volver a condiciones normales	Rara vez se rebasan los límites de operación. Cuando esto ocurre, las causas son entendidas. Las acciones correctivas resultan efectivas	Transitorios operacionales menores, no son analizados o no se toman acciones para su control. Transitorios serios, son atendidos y eventualmente resueltos	Transitorios rutinarios, no son analizados ni explicados. Sus causas no son bien entendidas
Administración de Cambios	En cuanto a cambios, el proceso es estable; Los peligros	El número de cambios es razonable. Puede haber nuevas tecnologías, sobre las	Cambios rápidos o aparición de nuevas tecnologías. Los	Cambios frecuentes. Tecnología cambiante. Análisis de

Tabla 38. Categoría de Frecuencia.

Factores	Remota F1	Baja F2	Media F3	Alta F4
	potenciales asociados son bien entendidos. La información para operar dentro de los límites y condiciones seguras, siempre está disponible	que se tenga alguna incertidumbre. Buenos análisis de riesgos de los procesos	análisis de riesgos de los procesos son superficiales. Incertidumbre sobre los límites de operación	riesgos incompletos o de pobre contenido técnico. Se aprende sobre la marcha
Factores humanos				
Entrenamiento y procedimientos	Instrucciones operativas claras y precisas. Disciplina para cumplirlas. Los errores son señalados y corregidos en forma inmediata. Reentrenamiento rutinario, incluye operaciones normales, transitorias operacionales y de respuesta a emergencias. Todas las contingencias consideradas	Las instrucciones operativas críticas son adecuadas. Otras instrucciones operativas, tienen errores o debilidades menores. Auditorias y revisiones rutinarias. El personal está familiarizado con la aplicación de los procedimientos	Existen instrucciones operativas. Estas instrucciones no son revisadas ni actualizadas de forma regular. Entrenamiento deficiente sobre los procedimientos para la respuesta a emergencias	Las instrucciones operativas se consideran innecesarias; el "entrenamiento" se da por transmisión oral; los manuales de operación sin control; demasiadas instrucciones verbales en la operación; sin entrenar para la respuesta a emergencias
Habilidades y desempeño de operadores, personal de mantenimiento, supervisores y proveedores y/o contratistas	Múltiples operadores con experiencia en todos los turnos. El trabajo o aburrimiento no son excesivos. Nivel de estrés óptimo. Personal bien calificado. Clara dedicación y compromiso con su trabajo.	El personal nuevo nunca está solo en cualquier turno. Fatiga ocasional. Algo de aburrimiento. El personal sabe que hacer de acuerdo a sus calificaciones y sus limitaciones. Respeto por los riesgos identificados en los procesos	Posible turno donde el personal es novato o sin mucha experiencia, pero no es muy común que esto ocurra. Períodos cortos de fatiga y aburrimiento para el	Alta rotación de personal. Uno o más turnos con personal sin experiencia. Exceso de horas de trabajo, la fatiga es común. Programas de trabajo agobiantes. Moral baja. Trabajos

Tabla 38. Categoría de Frecuencia.

Factores	Remota F1	Baja F2	Media F3	Alta F4
	Personal sin capacidades disminuidas. Los riesgos son claramente comprendidos y evaluados		personal. No se espera que el personal razone. El personal asume ideas más allá de sus conocimientos. Nadie comprende los riesgos	realizados por personal con poca habilidad. Los alcances del trabajo no están definidos. No existe conciencia de los riesgos

Para determinar las consecuencias de manera descriptiva, se pueden utilizar los criterios mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 39. Categoría de Consecuencias

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
A las personas				
Seguridad y salud de los vecinos	Sin afectación a la seguridad y la salud pública	Alerta vecinal; afectación potencial a la seguridad y la salud pública	Evacuación; Lesiones menores o afectación a la seguridad y salud pública moderada; costos por afectaciones y daños entre 5 y 10 millones de pesos.	Evacuación; lesionados; una o más fatalidades; afectación a la seguridad y salud pública; costos por lesiones y daños mayores a 10 millones de pesos
Seguridad y salud del personal y proveedor y/o contratista	Sin lesiones; primeros auxilios	Atención Médica; lesiones menores sin incapacidad; efectos a la salud reversibles	Hospitalización; múltiples lesionados, incapacidad parcial o total temporal; efectos moderados a la salud	Una o más fatalidades; lesionados graves con daños irreversibles; incapacidad parcial o total permanentes
Al ambiente				

Tabla 39. Categoría de Consecuencias

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
Efectos en el centro de trabajo	Olores desagradables; ruidos continuos; emisiones en los límites de reporte; polvos y partículas en el aire	Condiciones peligrosas; informe a las autoridades; emisiones mayores a las permitidas; polvos, humos, olores significantes	Preocupación en el sitio por: fuego y llamaradas; ondas de sobre presión; fuga de sustancias tóxicas	Continuidad de la operación amenazada; incendios, explosiones o nubes tóxicas; evacuación del personal.
Efectos fuera del centro de trabajo	Operación corta de quemadores; olores y ruidos que provocan pocas quejas de vecinos	Molestias severas por presencia intensa de humos, partículas suspendidas y olores; quemadores operando continuamente; ruidos persistentes y presencia de humos	Remediación requerida; fuego y humo que afectan áreas fuera del centro de trabajo; Explosión que tiene efectos fuera del centro de trabajo; presencia de contaminantes significativa	Descargas mayores de gas o humos. Evacuación de vecinos, escape significativo de agentes tóxicos; daño significativo a largo plazo de la flora y fauna o repetición de eventos mayores
Descargas y derrames	Derrames y/o descarga dentro de los límites de reporte; contingencia controlable.	Informe a las autoridades. Derrame significativo en tierra hacia ríos o cuerpos de agua. Efecto local. Bajo potencial para provocar la muerte de peces.	Contaminación de un gran volumen de agua. Efectos severos en cuerpos de agua; mortandad significativa de peces; Incumplimiento de condiciones de descarga permitidas; reacción de grupos ambientalistas.	Daño mayor a cuerpos de agua; se requiere un gran esfuerzo para remediación. Efecto sobre la flora y fauna. Contaminación en forma permanente del suelo o del agua.
Al negocio				

Tabla 39. Categoría de Consecuencias

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
Pérdida de producción, daños a las instalaciones	Menos de una semana de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción, menor a 5 millones de pesos	De 1 a 2 semanas de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción, hasta 10 millones de pesos	De 2 a 4 semanas de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción de hasta 20 millones de pesos	Más de un mes de paro. Daños a propiedades o a las instalaciones; pérdida mayor a 20 millones de pesos
Efecto legal	Incidente reportable	Se da una alerta por parte de las Autoridades	Multas significativas; suspensión de actividades	Multa mayor, proceso judicial
Daños en propiedad de terceros	Las construcciones son reutilizables, con reparaciones menores. Poco riesgo para los ocupantes	Las reparaciones son mayores, con costos similares a edificaciones nuevas. Riesgo de alguna lesión a ocupantes	Pérdida total de los bienes o de la funcionalidad de los bienes; posibilidad de lesiones o fatalidades	Demolición y reedificación de inmuebles; sustitución del edificio. Posible lesión fatal a algún ocupante
A la imagen				
Atención de los medios al evento	Difusión menor del evento, prensa y radio locales	Difusión local significativa; entrevistas, TV local	Atención de medios a nivel nacional	Cobertura nacional. Protestas públicas. Corresponsales extranjeros

En las siguientes tablas se presentan los resultados de los criterios considerados para determinar la categoría de frecuencia y de posibles consecuencias que pudieran derivarse tomando como base los distintos escenarios identificados, las medidas de salvaguarda ya existentes así como en los criterios indicados en los cuadros inmediatos anteriores.

Clave	Descripción del escenario	
ERM-RM	Fuga de gas natural en la ERM.	FRECUENCIA = REMOTA (F1)
<p>Controles de Ingeniería</p> <p><u>Barreras de protección:</u> Las instalaciones contarán con medidas físicas y operativas de seguridad en la ERM que incluyen su habilitación en un área cerrada, válvulas de cierre, filtros de sólidos, reguladores de presión, medidores de flujo de tipo mecánico, electrocorredor, válvulas de secclonamiento, y manómetros así como la implementación de un programa de revisión trimestral a cargo del proveedor del gas, con lo cual controlaría el riesgo de una fuga de gas natural. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Pruebas (Interruptor, integridad mecánica y sistemas de emergencia):</u> Se contarán con protocolos de seguridad adecuadamente documentados así como sistemas para controlar un evento que involucre una fuga de gas natural. Sin embargo, existe la posibilidad de que se presentan fugas en caso de no contar con un mantenimiento preventivo y/o correctivo de las instalaciones. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Antecedentes de accidentes e incidentes:</u> En la actualidad al tratarse de un proyecto no se cuenta con antecedentes o accidentes registrados. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Experiencia operacional:</u> Se contará con personal capacitado en relación al manejo seguro de los equipos y del gas natural así como en materia de seguridad y atención a eventos de riesgo; de igual manera el personal conocerán y entenderán los riesgos a los que estarán expuestos. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Administración de cambios:</u> Se establecerán procesos y operaciones de manejo del gas natural estables en función los procedimientos y condiciones en que deban manejarse en el patio de transvase. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p>Factores humanos</p> <p><u>Entrenamiento y procedimientos:</u> Los procedimientos operativos y de seguridad serán adecuadamente documentados para contar con ellos de manera eficiente. De igual manera se brindará al personal de la estación de servicio así como a sus proveedores capacitación adecuada en el manejo seguro y estable del gas natural en el sitio. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Habilidades y desempeño de operadores, personal de mantenimiento, supervisores y proveedores y/o contratistas:</u> Las operaciones de conexión y descarga del gas natural se realizarán por personal adecuadamente capacitado tanto por parte de la empresa proveedora del mismo como por la empresa misma. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p>		

Clave	Descripción del escenario	
ERM-RM	Fuga de gas natural en la ERM.	CONSECUENCIA = MENOR (C1)
<p>A las personas</p> <p><u>Seguridad y salud de los vecinos:</u> Dado que el gas es suministrado a baja presión, se estima que en caso de alguna posible fuga de gas natural las cantidades serían poco significativas sin afectación a la salud y seguridad de los vecinos facilitándose su dispersión al ambiente debido a su alta volatilidad <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p><u>Seguridad y salud del personal y proveedor y/o contratista:</u> Una fuga derivada de la ERM dada la baja presión y cantidad que podría liberarse no produciría riesgos graves tanto a la salud del personal en la Estación de Servicio así como de los proveedores. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p>Al ambiente</p> <p><u>Efectos en el centro de trabajo:</u> Derivado de una fuga de gas natural en la ERM por la baja presión y cantidad que podría ser liberada, se podrían generar efectos leves por olores o riesgos dentro del centro de trabajo <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p><u>Efectos fuera del centro de trabajo:</u> Derivado de una fuga de gas natural en la ERM por la baja presión y cantidad que podría ser liberada, se podrían generar efectos leves por olores o riesgos hacia el exterior de la Estación de Servicio. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p><u>Descargas y derrames:</u> En caso de fuga de gas natural, dados los bajos volúmenes de gas que se manejan en esta zona de la Estación de Servicio se considera que esto se controlará a través de los procedimientos internos y con la intervención del proveedor del gas natural s. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p>Al negocio</p> <p><u>Pérdida de producción, daños a las instalaciones:</u> En caso de algún riesgo de fuga se tendrían daños menores en la Estación de Servicio, pudiéndose reintegrar a la normalidad en pocos días dentro de una misma semana. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p><u>Efecto legal:</u> La fuga de gas natural en función a su bajo alcance se considera que no tendría efectos legales y podría manejarse como un incidente reportable. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA MENOR C1</u></p> <p><u>Daños en propiedad de terceros:</u> No habría daños en la propiedad de terceros debido al bajo rango volumétrico y de presión que se maneja en la ERM. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p>A la imagen</p> <p><u>Atención de los medios al evento:</u> El evento dado su corto alcance tendría poca difusión ya que sería controlable en forma rápida. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p>		

Clave	Descripción del escenario	
ACCC-CA	Fuga de gas natural en área de compresores y cascada pulmón.	FRECUENCIA = BAJA (F2)
<p>Controles de Ingeniería</p> <p><u>Barreras de protección:</u> Las instalaciones contarán con medidas de seguridad en el área donde se encuentra la cascada pulmón que incluyen detectores de mezclas explosivas, sistemas de venteo del gas natural a la atmósfera, válvulas de corte y antirretorno, equipo para el combate de incendios y vigilancia las 24 horas entre otros, lo cual controlaría el riesgo de un nube de gas natural.. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA BAJA F1</u></p> <p><u>Pruebas (Interruptor, integridad mecánica y sistemas de emergencia):</u> Se contarán con protocolos de seguridad de qué hacer en caso de una fuga de gas natural. Sin embargo, existe la posibilidad de que se presentan fugas menores en caso de no contar con un mantenimiento preventivo y/o correctivo de las instalaciones. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F2</u></p> <p><u>Antecedentes de accidentes e incidentes:</u> En la actualidad al tratarse de un proyecto no se cuenta con antecedentes o accidentes registrados. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Experiencia operacional:</u> Se contará con personal capacitado en relación al manejo seguro del equipamiento que incluye la cascada pulmón así como en materia de seguridad y atención a eventos de riesgo; de igual manera el personal conocerán y entenderán los riesgos a los que estarán expuestos. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Administración de cambios:</u> Se establecerán procesos y operaciones de manejo del gas natural en función los procedimientos y condiciones seguras en que deba manejarse la cascada pulmón. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p>Factores humanos</p> <p><u>Entrenamiento y procedimientos:</u> Los procedimientos operativos y de seguridad serán adecuadamente documentados para contar con ellos de manera eficiente. De igual manera se brindará al personal de la estación de servicio capacitación adecuada en el manejo seguro y estable del gas natural en el sitio. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Habilidades y desempeño de operadores, personal de mantenimiento, supervisores y proveedores y/o contratistas:</u> Las operaciones de manejo del gas en la cascada pulmón se realizarán por personal adecuadamente capacitado tanto por parte de la empresa proveedora del equipo como por la empresa misma. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p>		

Clave	Descripción del escenario	
ACCC-CA	Fuga de gas natural en áreas de compresores y cascada pulmón.	CONSECUENCIA = GRAVE (C3)
<p>A las personas</p> <p><u>Seguridad y salud de los vecinos:</u> En caso de presentarse se tendría una alerta vecinal con afectación potencial a la seguridad y salud de los trabajadores. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA MODERADO C2</u></p> <p><u>Seguridad y salud del personal y proveedor y/o contratista:</u> Los posibles afectados podrían requerir atención médica por atenciones menores cuya afectación pudiera generarse en el área de la estación de servicio. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p>Al ambiente</p> <p><u>Efectos en el centro de trabajo:</u> Debido a la fuga de gas natural en la cascada pulmón podría suscitarse alguna condición peligrosa en el interior de la estación de servicio por las características inflamables y explosivas del gas natural. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C3</u></p> <p><u>Efectos fuera del centro de trabajo:</u> Por considerarse como una fuga de un volumen importante de gas natural, podría suscitarse una situación de riesgo en los predios colindantes a la estación de servicio, aunque las afectaciones al ambiente no serían significativas. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p><u>Descargas y derrames:</u> En caso de fuga de gas natural, se tendría que informar a las autoridades gubernamentales competentes. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p>Al negocio</p> <p><u>Pérdida de producción, daños a las instalaciones:</u> Se tendrían daños a instalaciones de la empresa de leves a significativos. Sin embargo la operación normal podría que suspenderse algunos días para acciones de reparación y mantenimiento. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p><u>Efecto legal:</u> En caso de una fuga de gas natural en esta área, se tendría que dar aviso a las autoridades en relación al percance que se presente. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p><u>Daños en propiedad de terceros:</u> No se considera que se tengan daños a terceros toda vez que la fuga se presentaría en el interior de una instalación de la estación de servicio con un bajo volumen de gas fugado. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p>A la imagen</p> <p><u>Atención de los medios al evento:</u> Es probable que este tipo de eventos, pueden llamar la atención de los medios de comunicación locales. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p>		

Clave	Descripción del escenario	
ADC-S	Fuga de gas natural en área de despacho de gas natural a vehículos	FRECUENCIA = BAJA (F2)
<p>Controles de Ingeniería</p> <p><u>Barreras de protección:</u> Las instalaciones contarán con esquemas de seguridad en el área de despacho de combustibles que incluyen, sistemas de venteo del gas natural a la atmósfera, válvulas de corte y antirretorno, equipo para el combate de incendios y vigilancia las 24 horas entre otros, lo cual controlaría el riesgo de una fuga de gas natural. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA BAJA F1</u></p> <p><u>Pruebas (Interruptor, integridad mecánica y sistemas de emergencia):</u> Se contarán con protocolos de seguridad de qué hacer en caso de que se presente una fuga proveniente de un vehículo de un cliente. Asimismo cada isla de despacho contará con botones de paros total a efecto de prevenir cualquier riesgo por fuga de combustibles. Sin embargo es posible que pudiera presentar una anomalía en un vehículos automotor que genere una fuga de combustible <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F2</u></p> <p><u>Antecedentes de accidentes e incidentes:</u> En la actualidad al tratarse de un proyecto no se cuenta con antecedentes o accidentes registrados. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Experiencia operacional:</u> Se contará con personal capacitado en los procedimientos de revisión de vehículos, en el suministro de combustibles mediante dispensarios así como en materia de seguridad y atención a eventos de riesgo; de igual manera el personal conocerá y entenderá los riesgos a los que estarán expuestos. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Administración de cambios:</u> Se establecerán operaciones de suministro y carga de combustibles estables y adecuadamente definidas en función al procedimiento establecido que permita minimizar los riesgos de algún evento. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p>Factores humanos</p> <p><u>Entrenamiento y procedimientos:</u> Los procedimientos operativos y de seguridad serán adecuadamente documentados para contar con ellos de manera eficiente. De igual manera se brindará al personal de la estación de servicio capacitación adecuada en el manejo seguro y estable del gas natural en el sitio. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p> <p><u>Habilidades y desempeño de operadores, personal de mantenimiento, supervisores y proveedores y/o contratistas:</u> Las operaciones de manejo del gas en el área de despacho de combustible se realizarán por personal adecuadamente capacitado. <u>CATEGORÍA DE LA FRECUENCIA SE CONSIDERA F1</u></p>		

Clave	Descripción del escenario	
ADC-S	Fuga de gas natural en área de despacho de gas natural a vehículos	CONSECUENCIA = MODERADO (C2)
<p>A las personas</p> <p><u>Seguridad y salud de los vecinos:</u> En caso de presentarse se tendría una alerta vecinal con afectación potencial a la seguridad y salud de los trabajadores. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA MODERADO C2</u></p> <p><u>Seguridad y salud del personal y proveedor y/o contratista:</u> Los posibles afectados podrían requerir atención médica por atenciones menores cuya afectación pudiera generarse en el área de la estación de servicio. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p>Al ambiente</p> <p><u>Efectos en el centro de trabajo:</u> Debido a la fuga de gas natural en el área de despacho de combustible podría suscitarse alguna condición riesgosa en el interior de la estación de servicio por las características inflamables y explosivas del gas. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p><u>Efectos fuera del centro de trabajo:</u> Por considerarse como una fuga de un volumen bajo de gas natural, los efectos hacia el exterior de la estación de servicio serían prácticamente nulos. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p><u>Descargas y derrames:</u> En caso de fuga de gas natural, se tendría que informar a las autoridades gubernamentales competentes. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p>Al negocio</p> <p><u>Pérdida de producción, daños a las instalaciones:</u> Se tendrían daños a instalaciones de la empresa de bajos a medios. Sin embargo la operación normal podría que suspenderse algunos días para acciones de reparación y mantenimiento. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p><u>Efecto legal:</u> En caso de una fuga de gas natural en esta área, se tendría que dar aviso a las autoridades en relación al percance. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p> <p><u>Daños en propiedad de terceros:</u> No se considera que se tengan daños a terceros toda vez que la fuga se presentaría en el interior de una instalación de la estación de servicio con un bajo volumen de gas fugado. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C1</u></p> <p>A la imagen</p> <p><u>Atención de los medios al evento:</u> Es probable que este tipo de eventos, pueden llamar la atención de los medios de comunicación locales. <u>CATEGORÍA DE LA CONSECUENCIA SE CONSIDERA C2</u></p>		

Con base en los resultados de los escenarios identificados y analizados en sus componentes de frecuencia y posibles consecuencias con base en la Matriz de Jerarquización de Riesgos, a continuación se presenta la jerarquización correspondiente a los principales eventos que pueden presentarse en las instalaciones de la empresa:

Tabla 40. Jerarquización de Escenarios

Clave del evento	Descripción	Tipo de consecuencias	Categoría de frecuencia	Categoría de consecuencias	Tipo de riesgo
ERM-RM	Fuga de gas natural en la ERM	Formación de nube explosiva y posible incendio y/o explosión	F1	C1	Aceptable con controles
ACCC-CA	Fuga de gas natural en el área de compresores y cascada pulmón	Formación de nube explosiva y posible incendio y/o explosión	F2	C3	Indeseable
ADC-S	Fuga de gas natural en el área de despacho de gas natural a vehículos automotores	Formación de nube explosiva y posible incendio y/o explosión	F2	C2	Aceptable con controles

En virtud de los resultados de la jerarquización, se pueden observar las siguientes circunstancias:

El evento ACCC-CA es el que representa un riesgo mayor debido a una posible fuga de gas natural por los importantes volúmenes contenidos en la cascada pulmón que es el área de la estación de servicio donde se concentra la mayor parte del gas almacenado a alta presión en la estación de servicio considerándose bajo la jerarquización realizada indeseable ya que podría generar otros eventos de riesgo que derivarían en un incendio o una posible explosión.

De igual manera una fuga de gas en la ERM o en la zona de despacho se considera con riesgo aceptable en razón a que los volúmenes de gas que serán manejados son menores en proporción a otros equipos en la estación de servicio.

III.3. Descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones.

III.3.1. Radios Potenciales de Afectación.

Como se pudo observar en la evaluación realizada, la operación del manejo de gas natural resulta muy confiable bajo condiciones normales de operación y respetando las medidas de seguridad implementadas, por lo que la probabilidad de eventos de riesgo es poca, pues el sistema está diseñado en sus diferentes áreas con dispositivos de respuesta rápida los cuales evitan o reducen al mínimo problemas de fugas, sobrepresión, exceso de flujo o falta de flujo.

Así pues como resultado del análisis de riesgo a los diferentes elementos, accesorios y procesos del sistema, se pueden considerar que el evento que representan la mayor probabilidad de ocurrencia y riesgo son:

1. Fuga de gas en tubería de suministro externo.
2. Fuga de gas natural en la cascada pulmón.
3. Fuga de gas natural en el área de despacho.

Para los cuales se simularán los siguientes riesgos:

- a) Nube de gas inflamable de nube de gas liberado.
- b) Incendio de nube de gas liberado.
- c) Explosión de nube de gas generada por fuga y al exponerse a una fuente de ignición.

En este caso, toda vez que el gas natural conforme a sus características toxicológicas no se considera como tal, sino que actúa desplazando el oxígeno existente y provocando posible asfixia, no se considera viable analizar dicho escenario.

Se utilizará para ello el software ALOHA de la USEPA, el cual se describe a continuación.

Modelación de eventos utilizando el software ALOHA ®

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres = Ubicaciones Zonales de Atmosferas Peligrosas) es un programa computarizado diseñado específicamente para el uso de

personas que responden a accidentes químicos, así como para la planificación y entrenamiento de emergencias. ALOHA puede predecir las tasas a las cuales los vapores químicos pueden escapar a la atmósfera desde tuberías de gas rotas, fugas de tanques y charcos de evaporación. Bajo este contexto el software puede predecir como una nube de gas peligrosa podría dispersarse en la atmósfera después de una descarga química accidental, razón por la cual en base a las características de operación del proyecto, este programa de modelación y predicción fue seleccionado para determinar en forma cuantitativa los alcances de un evento indeseable derivado de la fuga, incendio y/o explosión de gas natural a manejar como parte del proyecto en estudio.

El programa ALOHA puede modelar escenarios de incendios y explosiones, así como de dispersión de una nube de gas contaminante en la atmósfera. Entre los escenarios que se pueden modelar se encuentran los Jet Fires, Pool Fires, BLEVEs, Áreas Inflamables (donde puede ocurrir un Flash Fire) y Explosiones de Nubes de Vapor.

En el caso de la explosión de la nube de vapor, esta se considera cuando el químico inflamable liberado forma una nube de vapor, se dispersa mientras se desplaza en la dirección del viento, alcanza una fuente de ignición y si la porción de la nube tiene concentraciones en el rango de inflamabilidad, se encenderá. La velocidad a la cual la flama se mueve a través de la nube determinará si es una deflagración o una detonación. En ciertas ocasiones, la nube se quemará tan rápido que formará una fuerza explosiva. La severidad de la explosión dependerá del químico, el tamaño de la nube al momento de la ignición, el tipo de ignición y el nivel de congestión dentro de la nube.

A fin de determinar los radios de afectación, se considerarán los parámetros, los cuales están incluidos en los criterios de la Guía de la SEMARNAT.

Radiación térmica

- Valor umbral para zona de Riesgo: 5 KW/m² (Quemaduras de 2° en 60 min)
- Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 1.4 KW/m² (Deshidratación de la madera)

Sobrepresión:

- Valor umbral para zona de Riesgo: 1 PSI (Derribo de personas, demolición parcial de casas que quedan inhabitables)
- Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 0.5 PSI (Destrucción de ventanas con daño a los marcos)

Para definir los escenarios a simular se tomaron los datos correspondientes a las siguientes variables climáticas obtenidas durante 29 años de monitoreo en el municipio de Guadalajara con base en datos de la CONAGUA (Ver tabla 5 del presente estudio).

- **Velocidad del viento:** De acuerdo a los datos meteorológicos, la velocidad del viento promedio en la zona es de 1.2 m/seg.
- **Dirección del viento:** Oeste noroeste (WNW)
- **Temperatura:** Se utilizará la temperatura media promedio, la cual es de 20.9°C
- **Humedad relativa:** 48%
- **Hora:** Se considerará que los eventos ocurrirán durante la noche, a las 21 hrs.
- **Rugosidad del terreno:** Se utilizó la opción urbana o bosque, aunque por el tipo de sustancia no tiene efecto significativo en el resultado.
- **Nubosidad:** Se manejará el valor estándar de 5/10
- **Tipo de dispersión:** Gaussiana (por ser el gas más ligero que el aire)
- **Estabilidad Atmosférica:** Para la selección de la estabilidad atmosférica se tomó en consideración la situación más estable que sea consistente con la velocidad de viento utilizada. De acuerdo a la Clasificación de Estabilidad de Pasquill, para la noche con velocidades de viento menores a 2 m/s la estabilidad corresponde a la letra F (ver siguiente figura).

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

Figura 47. Clasificación de la Atmósfera, según las clases Pasquill.

Además, de acuerdo a la guía de elaboración del estudio de riesgo, se considerará lo siguiente:

- Por manejarse material peligroso por medio de tubería y equipos en la estación de servicio (en este caso la cascada pulmón), considerar una fuga de un orificio del 20% del diámetro nominal y la ruptura total de los mismos.
- En caso de otros equipos que no forman parte de la estación de servicio (vehículos automotores, se considerará la ruptura total de los mismos.

Tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores, a continuación se presentan los eventos simulados.

EVENTO HIPOTÉTICO 1: FUGA DE GAS DE TUBERÍA DE LÍNEA DE SUMINISTRO (RUPTURA TOTAL)

Se considera la fuga de gas natural en el tramo de la línea de distribución previo a la estación de regulación y medición (ERM), causada por una ruptura transversal de la misma, es decir la apertura es igual al diámetro interno de la tubería; además, para efectos de cálculo se considera que la tubería está conectada a una fuente infinita de gas.

Cabe señalar que la ERM se encontrará dentro de un cuarto, lo cual limitaría la dispersión del gas natural fugado, pero para efectos de calcular los escenarios de riesgo, se consideró que la fuga se localiza al exterior sin ningún obstáculo.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Tubería de conducción de gas
- **Diámetro de tubería:** 3" (Diámetro de la tubería de la línea de suministro).
- **Presión del gas (suministro):** 21 bar = 304 psi
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente
- **Tamaño del orificio:** Igual al diámetro de tubería.

1.1. DETERMINACIÓN DE NUBE INFLAMABLE

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 41. Resultados del evento hipotético de Nube Inflamable por fuga de gas natural por rotura total de la tubería de suministro.

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	Limitado a una hora ¹
Velocidad de fugado máximo promedio	66.8 kg/min
Cantidad liberada	1,099 Kg
Radio Zona de riesgo (60% LEL 30,000 ppm)	99 metros
Radio Zona de amortiguamiento (10% LEL 5,000 ppm)	203 metros
Notas y observaciones	
¹ El tiempo de liberación del gas natural de 1 hora fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido en la tubería; bajo este contexto se considera que sí la ruptura es	

atendida con prontitud los radios de afectación pueden verse significativamente disminuidos.

Resultados de simulación

Text Summary

ALOHA® 5.4.7 

SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

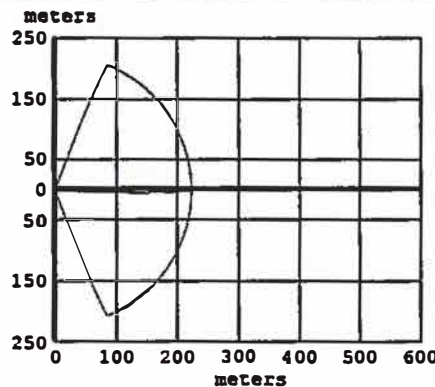
CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters Cloud Cover: 5 tenths
 Ground Roughness: urban or forest Stability Class: F
 Air Temperature: 20.9° C Relative Humidity: 48%
 No Inversion Height

SOURCE STRENGTH:
 Flammable gas escaping from pipe (not burning)
 Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters
 Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
 Pipe Roughness: smooth Hole Area: 7.07 sq in
 Pipe Press: 304 psia Pipe Temperature: 20.9° C
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
 Max Average Sustained Release Rate: 66.8 kilograms/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 1,099 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
 Model Run: Gaussian
 Red : 99 meters — (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
 Yellow: 223 meters — (5000 ppm = 10% LEL)

Gráfico



- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- wind direction confidence lines

1.2. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 42. Resultados del evento hipotético de incendio por fuga de gas natural por ruptura total de la tubería de suministro.

Parámetro	Resultado
Duración del incendio	Limitado a una hora
Velocidad de quemado máximo	941 Kg/min
Cantidad total consumida	1,099 Kg
Longitud máxima de la flama	7 metros
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	16 metros
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	29 metros
Notas y observaciones	
Ninguna	
Resultados de simulación	

Text Summary

ALOHA® 5.4.7 

SITE DATA:

Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

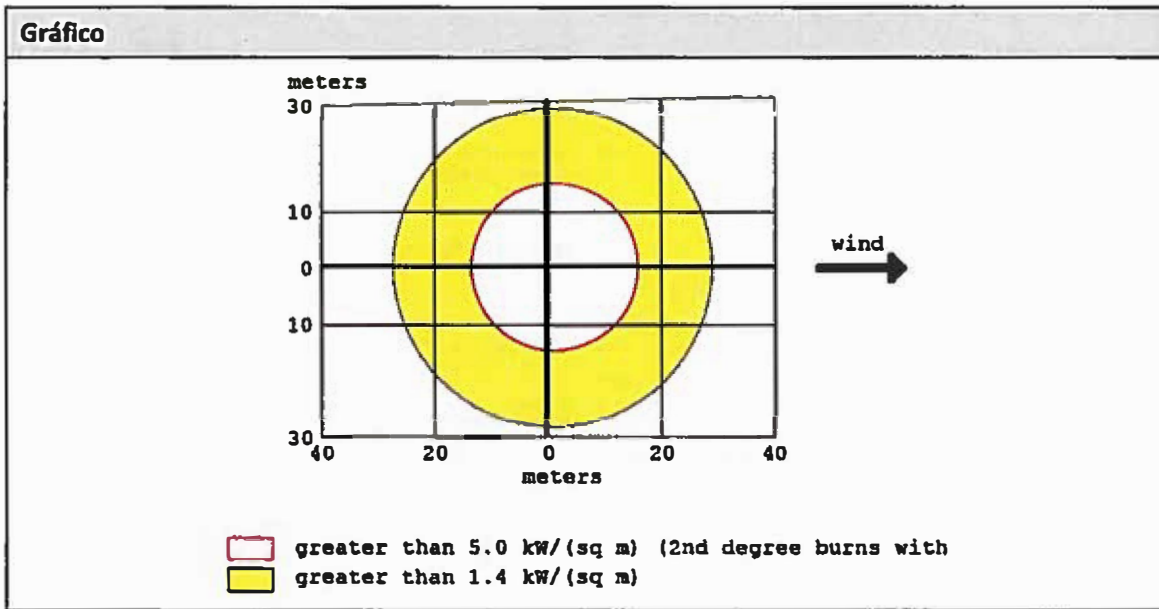
Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 6 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas is burning as it escapes from pipe
 Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters
 Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
 Pipe Roughness: smooth Hole Area: 7.07 sq in
 Pipe Press: 304 psia Pipe Temperature: 20.9° C
 Max Flame Length: 7 meters
 Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
 Max Burn Rate: 941 kilograms/min
 Total Amount Burned: 1,099 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 16 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 29 meters --- (1.4 kW/(sq m))



1.3. EXPLOSIÓN DE GAS NATURAL

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 43. Resultados del evento hipotético de explosión por fuga de gas natural por ruptura total de la tubería de suministro.

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	Limitado a 1 hora
Velocidad de fugado máximo promedio	66.8 Kg/min
Cantidad liberada	1,099 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	59 metros
Notas y observaciones	
¹ De acuerdo a los resultados de la simulación, la explosión de la nube de gas natural nunca excede el valor LOC (Level of concern) de 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 59 metros hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 10 metros de ancho	
Resultados de simulación	

Text Summary

ALOHA® 5.4.7



SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

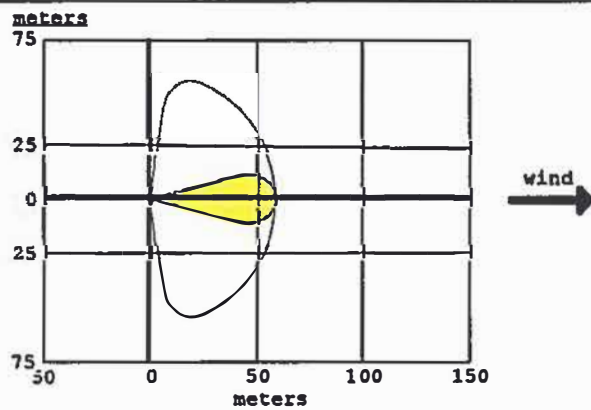
CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

SOURCE STRENGTH:
 Flammable gas escaping from pipe (not burning)
 Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters
 Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
 Pipe Roughness: smooth Hole Area: 7.07 sq in
 Pipe Press: 304 psia Pipe Temperature: 20.9° C
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
 Max Average Sustained Release Rate: 66.8 kilograms/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 1,099 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
 Type of Ignition: ignited by spark or flame
 Level of Congestion: uncongested
 Model Run: Gaussian
 Red : LOC was never exceeded — (1.0 psi = shatters glass)
 Yellow: 59 meters --- (0.5 psi)

Gráfico



- greater than 1.0 psi (shatters glass)
- greater than 0.5 psi
- wind direction confidence lines

EVENTO HIPOTÉTICO 2: FUGA DE GAS DE TUBERÍA DE LÍNEA DE SUMINISTRO (ORIFICIO DEL 20% DE DIÁMETRO NOMINAL).

Se considera la fuga de gas natural en el tramo de la línea de distribución previo a la estación de regulación y medición (ERM), por un orificio del 20% del diámetro de la tubería; además, para efectos de cálculo se considera que la tubería tiene una longitud de 30,000 m (longitud máxima permitida por el programa) para simular que está conectada a una fuente infinita de gas, esto debido a que el programa sólo permite esta opción para calcular a un tamaño específico de orificio de fuga. Cabe señalar que la ERM se encontrará dentro de un cuarto, lo cual limitaría la dispersión del gas natural fugado, pero para efectos de calcular los escenarios de riesgo, se consideró que la fuga se localiza al exterior sin ningún obstáculo.

Los datos que se introducen en el programa son:


- **Fuente:** Tubería de gas.
- **Diámetro de tubería:** 3" (Diámetro de la tubería de la línea de suministro).
- **Presión del gas (suministro):** 21 bar = 304 psi
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente
- **Tamaño del orificio:** 20% del diámetro de tubería, 0.6 pulgadas de diámetro, lo que equivale a un área, 0.2828 pulgadas²

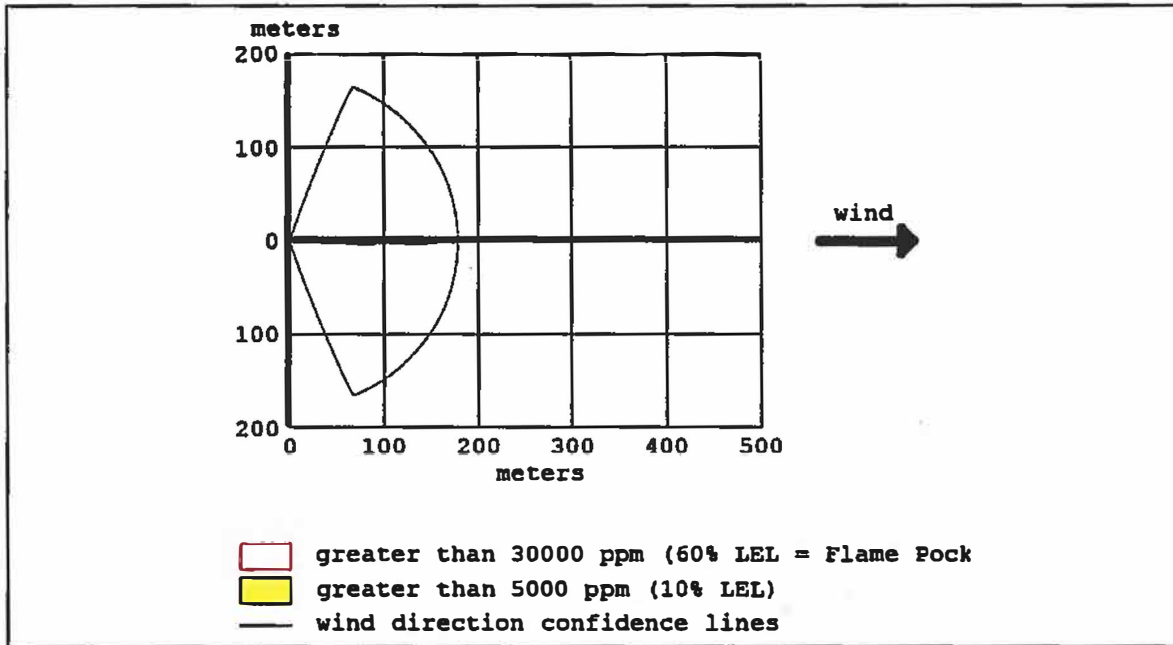
2.1. DETERMINACIÓN DE NUBE INFLAMABLE

Se realizó la evaluación para el evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 44. Resultados del evento hipotético de nube inflamable por fuga de gas natural por rotura de tubería en un 20% de diámetro nominal

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	Limitado a 1 hora ¹
Velocidad de fugado máximo promedio	34.2 Kg/min
Cantidad liberada	1,132 Kg

Radio Zona de riesgo (60% LEL 30,000 ppm)	70 metros
Radio Zona de amortiguamiento (10% LEL 5,000 ppm)	179 metros
Notas y observaciones	
<p>¹ El tiempo de liberación del gas natural de 1 hora fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido en la tubería; bajo este contexto se considera que si la ruptura es atendida con prontitud los radios de afectación pueden verse significativamente disminuidos.</p>	
Resultados de simulación	
<p>Text Summary ALOHA® 5.4.7 </p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>SITE DATA: Location: GUADALAJARA, MEXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied) Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)</p> <p>CHEMICAL DATA: Chemical Name: METHANE CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm Ambient Boiling Point: -163.7° C Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%</p> <p>ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA) Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F No Inversion Height Relative Humidity: 48%</p> <p>SOURCE STRENGTH: Flammable gas escaping from pipe (not burning) Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters Unbroken end of the pipe is closed off Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.2827 sq in Pipe Press: 304 psia Pipe Temperature: 20.9° C Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour Max Average Sustained Release Rate: 34.2 kilograms/min (averaged over a minute or more) Total Amount Released: 1,132 kilograms</p> <p>THREAT ZONE: Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud Model Run: Gaussian Red : 70 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets) Yellow: 179 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)</p> </div>	
Gráfico	



2.2. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 45. Resultados del evento hipotético de radiación térmica por fuga de gas natural por rotura de tubería en un 20% de diámetro nominal

Parámetro	Resultado
Duración del incendio	Limitado a 1 hora
Velocidad de quemado máximo	37.6 Kg/min
Longitud máxima de la flama	1 metro
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	7.2 metros ¹
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	13 metros
Notas y observaciones	
¹ Puesto que el programa no calculó el radio de la zona de riesgo por menor a 10 metros, se procedió a utilizar la opción de calcular el riesgo en un punto fijo de distancia, dando la radiación térmica de 5 KW/m ² a un radio de 7.2 m, siendo este el radio de la zona de riesgo	
Resultados de simulación	

Text Summary

ALOHA® 5.4.7



SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.04

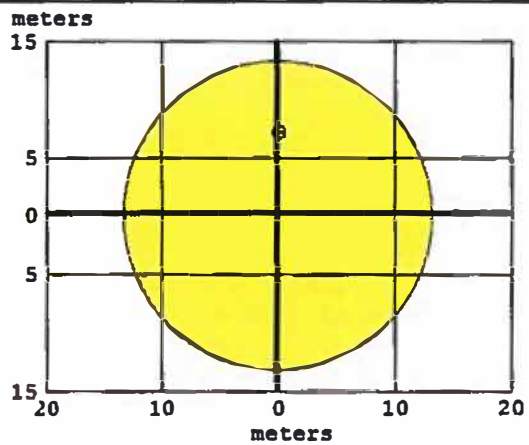
ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

SOURCE STRENGTHS:
 Flammable gas is burning as it escapes from pipe
 Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters
 Unbroken end of the pipe is closed off
 Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.2927 sq in
 Pipe Press: 304 psia Pipe Temperature: 20.9° C
 Max Flame Length: 1 meter
 Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
 Max Burn Rate: 37.6 kilograms/min
 Total Amount Burned: 1,132 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : less than 10 meters (10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 13 meters --- (1.4 kW/(sq m))

THREAT AT POINT:
 Thermal Radiation Estimates at the point:
 Downwind: 0 meters Off Centerline: 7.2 meters
 Max Thermal Radiation: 5.01 kW/(sq m)

Gráfico



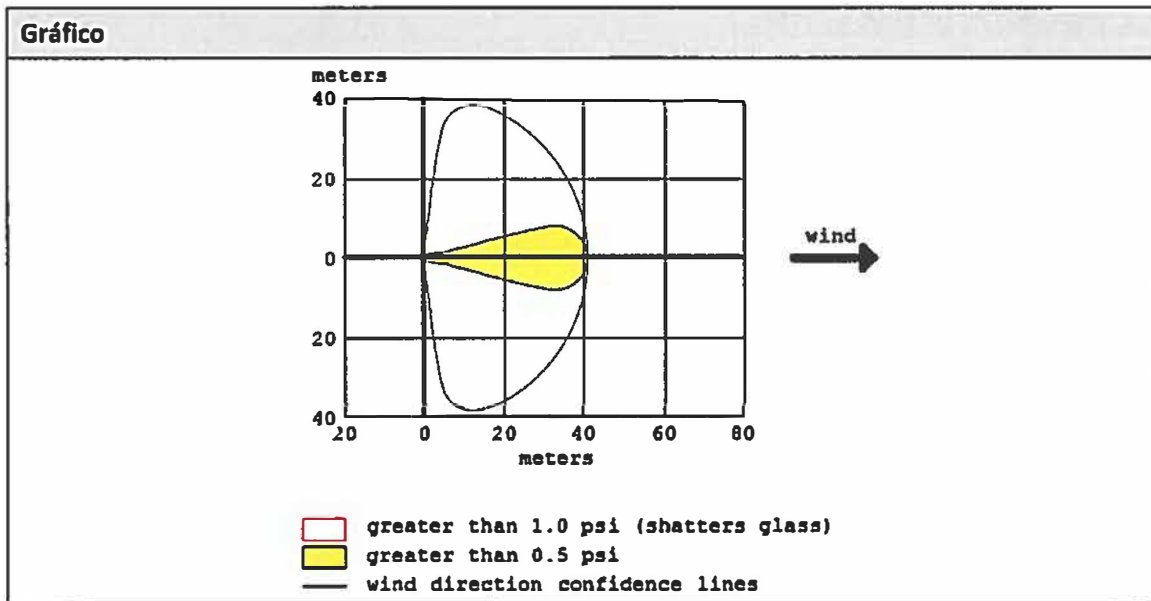
greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns with
 greater than 1.4 kW/(sq m)

2.3. EXPLOSIÓN DE GAS NATURAL

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 46. Resultados del evento hipotético de explosión por fuga de gas natural por rotura de tubería en un 20% de diámetro nominal

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	Limitado a 1 hora
Velocidad de fugado máximo promedio	34,2 Kg/min
Cantidad liberada	1,132 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	41 metros
Notas y observaciones	
<p>¹ De acuerdo a los resultados de la simulación, la explosión de la nube de gas natural nunca excede el valor LOC (Level of concern) de 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 41 metros hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 7 metros de ancho</p>	
Resultados de simulación	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: right;">ALPHA® 5.4.7 </p> <p>Text Summary</p> <p>SITE DATA: Location: GUADALAJARA, MEXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied) Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)</p> <p>CHEMICAL DATA: Chemical Name: METHANE CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm Ambient Boiling Point: -163.7° C Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%</p> <p>ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA) Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F No Inversion Height Relative Humidity: 48%</p> <p>SOURCE STATEMENTS: Flammable gas escaping from pipe (not burning) Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters Unbroken end of the pipe is closed off Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.2827 sq in Pipe Press: 304 psia Pipe Temperature: 20.9° C Release Duration: ALPHA limited the duration to 1 hour Max Average Sustained Release Rate: 34.2 kilograms/min (averaged over a minute or more) Total Amount Released: 1,132 kilograms</p> <p>THREAT ZONE: Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion Type of Ignition: ignited by spark or flame Level of Congestion: uncongested Model Run: Gaussian Red : LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass) Yellow: 41 meters --- (0.5 psi)</p> </div>	



EVENTO HIPOTÉTICO 3: FUGA DE GAS NATURAL DE LA CASCADA PULMÓN POR ROTURA TOTAL DE LA TUBERÍA DE SALIDA

Para este evento se considera que existe una fuga del gas natural de la línea de salida del pulmón hacia los dispensadores. Por no tratarse de un tanque de almacenamiento, sino un conjunto de cilindros, se considerará para efectos de cálculo que se trata de un solo tanque cilíndrico, y lo que se fugará será el 100% de la capacidad de la cascada pulmón considerando las Fases 1 y 2 de desarrollo de la Estación de Servicio, es decir 2,471 Kg.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Almacenamiento de gas en la cascada pulmón.
- **Dimensiones del tanque:** Arbitrarias con una forma geométrica de cilindros (diámetro de 2.89 metros, longitud de 1.992 metros), abarcando un total de 13.11 m³.
- **Contenido del tanque:** Gas natural (metano).
- **Presión dentro del tanque:** 250 bar = 217.123 atm
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente.
- **Tipo de apertura:** Tubería o válvula rota
- **Diámetro de la apertura:** 1" (Diámetro de la tubería de salida de la cascada pulmón)

hacia los dispensarios.

- Forma de la apertura: Circular

3.1. DETERMINACIÓN DE NUBE INFLAMABLE

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:


Tabla 47. Resultados del evento hipotético de nube inflamable por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura total de la tubería de salida..

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	17 min ¹
Velocidad de fugado máximo promedio	676 Kg/min
Cantidad liberada	2,455 Kg
Radio Zona de riesgo (60% LEL 30,000 ppm)	298 metros
Radio Zona de amortiguamiento (10% LEL5,000 ppm)	684 metros

Notas y observaciones

¹ El tiempo de 17 minutos fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido así como a las condiciones simuladas de la fuga, influenciado por la alta presión a la que se encuentra en el recipiente.

Resultados de simulación

ALOHA® 5.4.7 

Text Summary

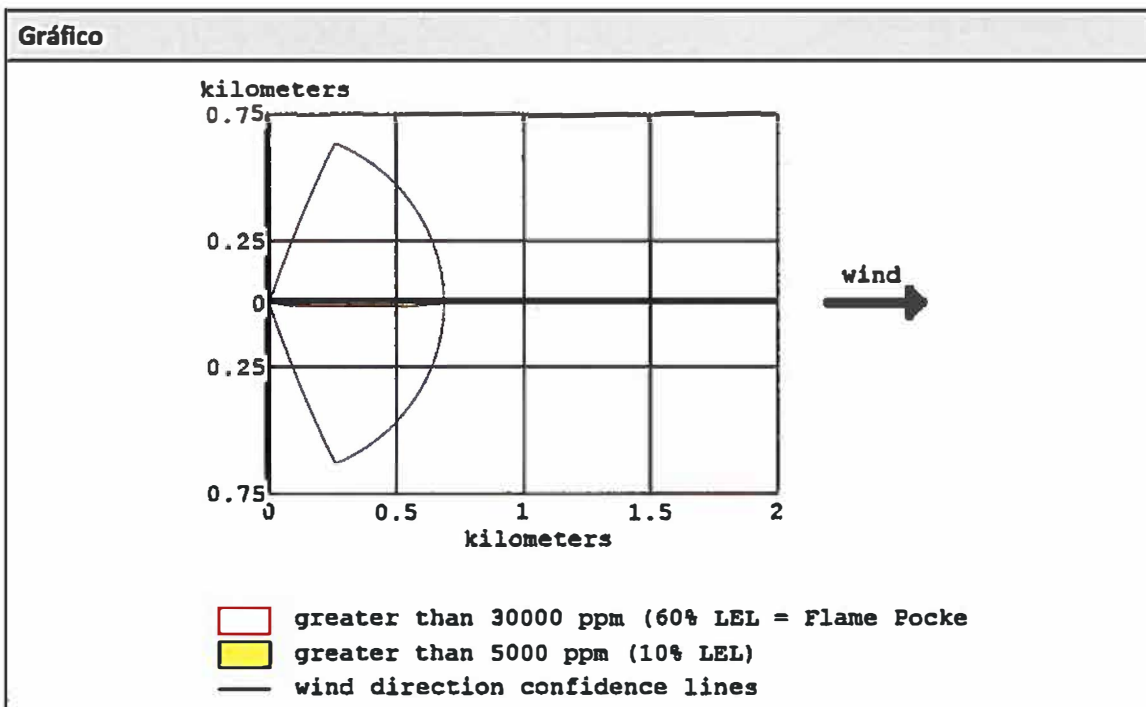
SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 180000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (DEFAULT INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

SOURCE DETAILS:
 Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 2.89 meters Tank Length: 1.992 meters
 Tank Volume: 13.1 cubic meters
 Tank contains gas only Internal Temperature: 20.9° C
 Chemical Mass in Tank: 1471 kilograms
 Circular Opening Diameter: 1 inches
 Release Duration: 17 minutes
 Max Average Sustained Release Rate: 676 kilograms/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 2,455 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
 Model Run: Gaussian
 Red : 298 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
 Yellow: 684 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)



3.2. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 48. Resultados del Evento Hipotético de Incendio por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura total de la tubería de salida

Parámetro	Resultado
Duración del incendio	17 minutos
Velocidad de quemado máximo	841 Kg/min
Cantidad de gas consumida	2,455 Kg
Longitud máxima de la flama	14 metros
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	32 metros
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	60 metros
Notas y observaciones	
¹ El tiempo de 17 minutos fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido así como a las condiciones simuladas de la fuga, influenciado por la alta presión a la que se encuentra en el recipiente.	
Resultados de simulación	

Text Summary

ALOHA® 5.4.7



SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

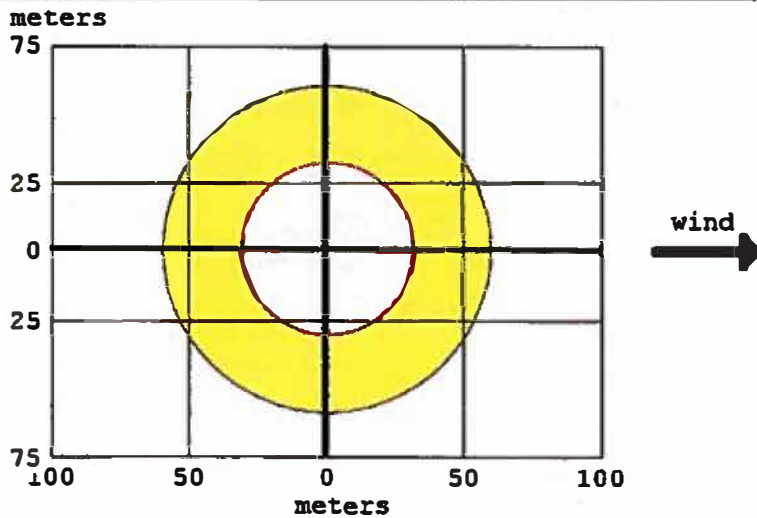
CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F
 No Inversion Height Relative Humidity: 46%

SOURCE STRENGTH:
 Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank
 flammable chemical is burning as it escapes from tank
 Tank Diameter: 2.89 meters Tank Length: 1.992 meters
 Tank Volume: 13.1 cubic meters Internal Temperature: 20.9° C
 Tank contains gas only
 Chemical Mass in Tank: 2471 kilograms
 Circular Opening Diameter: 1 inches
 Max Flame Length: 14 meters Burn Duration: 17 minutes
 Max Burn Rate: 841 kilograms/min
 Total Amount Burned: 2,456 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 32 meters — (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 60 meters — (1.4 kW/(sq m))

Gráfico




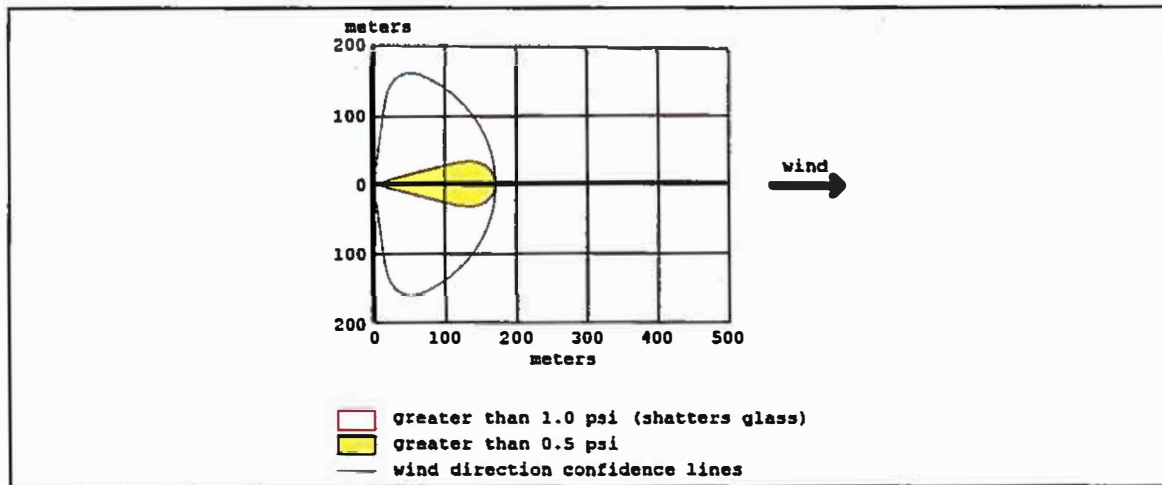
- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
- greater than 1.4 kW/(sq m)

3.3. EXPLOSIÓN DE GAS

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 49. Resultados del Evento Hipotético de Explosión por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura total de la tubería de salida

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	17 minutos
Velocidad de fugado máximo promedio	676 Kg/min
Cantidad liberada	2,455 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	172 metros
Notas y observaciones	
<p>¹ De acuerdo a los resultados de la simulación, la explosión de la nube de gas natural nunca excede el valor LOC (Level of concern) de 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta los 172 metros hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 20 metros de ancho</p>	
Resultados de simulación	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: right;">ALPHA® 5.4.7 </p> <p>Text Summary</p> <p>SITE DATA: Location: GUADAJARA, MEXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.26 (unsheltered single storied) Time: July 17, 2017 2100 hours ET (user specified)</p> <p>CHEMICAL DATA: Chemical Name: METANE CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol PAC-1: 68000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 406000 ppm LEL: 50000 ppm UEL: 180000 ppm Ambient Boiling Point: -161.7° C Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%</p> <p>ATMOSPHERIC DATA: DEFAULT INPUT OF DATA Wind: 1.2 meters/second from NW at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F No Inversion Height: Relative Humidity: 46%</p> <p>SOURCE STRUCTURE: Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank Flammable chemical escaping from tank (not burning) Tank Diameter: 2.63 meters Tank Length: 1.992 meters Tank Volume: 13.1 cubic meters Internal Temperature: 20.9° C Tank contains gas only Chemical Mass in Tank: 2471 kilograms Circular Opening Diameter: 1 inches Release Duration: 17 minutes Max Average Sustained Release Rate: 676 kilograms/min (averaged over a minute or more) Total Amount Released: 2,455 kilograms</p> <p>THREAT ZONE: Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion Type of Ignition: ignited by spark or flame Level of Congestion: un congested Model Run: Gaussian Red : LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass) Yellow: 172 meters --- (0.5 psi)</p> </div>	
Gráfico	



EVENTO HIPOTÉTICO 4: FUGA DE GAS POR RUPTURA DEL 20% DE LA TUBERÍA DE SALIDA DE LA CASCADA PULMÓN

Para este evento se considera que existe una fuga del gas natural de la línea de salida del pulmón hacia los dispensadores por rotura del 20% de la misma. Por no tratarse de un tanque de almacenamiento, sino un conjunto de cilindros, se considerará para efectos de cálculo que se trata de un solo tanque cilíndrico, y lo que se fugará será el 100% de la capacidad de la cascada pulmón considerando las Fases 1 y 2 de desarrollo de la Estación de Servicio, es decir 2,471 Kg.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Almacenamiento de gas en la cascada pulmón.
- **Dimensiones del tanque:** Arbitrarias con una forma geométrica de cilindros (diámetro de 2.89 metros, longitud de 1.992 metros), abarcando un total de 13.11 m³.
- **Contenido del tanque:** Gas natural (metano).
- **Presión dentro del tanque:** 250 bar = 217.123 atm
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente.
- **Tipo de apertura:** Tubería o válvula rota
- **Diámetro de la apertura:** 0.508 cm (20% del diámetro de la tubería de salida de la cascada pulmón) hacia los dispensarios.

- Forma de la apertura: Circular

4.1. NUBE DE GAS INFLAMABLE

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 50. Resultados del evento hipotético de nube explosiva por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura del 20% del diámetro.


Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	Limitado a 1 hora ¹
Velocidad de fugado máximo promedio	31.1 Kg/min
Cantidad liberada	1,282 Kg
Radio Zona de riesgo (60% LEL 30,000 ppm)	67 m
Radio Zona de amortiguamiento (10% LEL 5,000 ppm)	170 m

Notas y observaciones

¹ El tiempo de 1 hora fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido, específicamente por la alta presión a la que se encuentra en el recipiente

Resultados de simulación

Text Summary

ALOHA® 5.4.7 

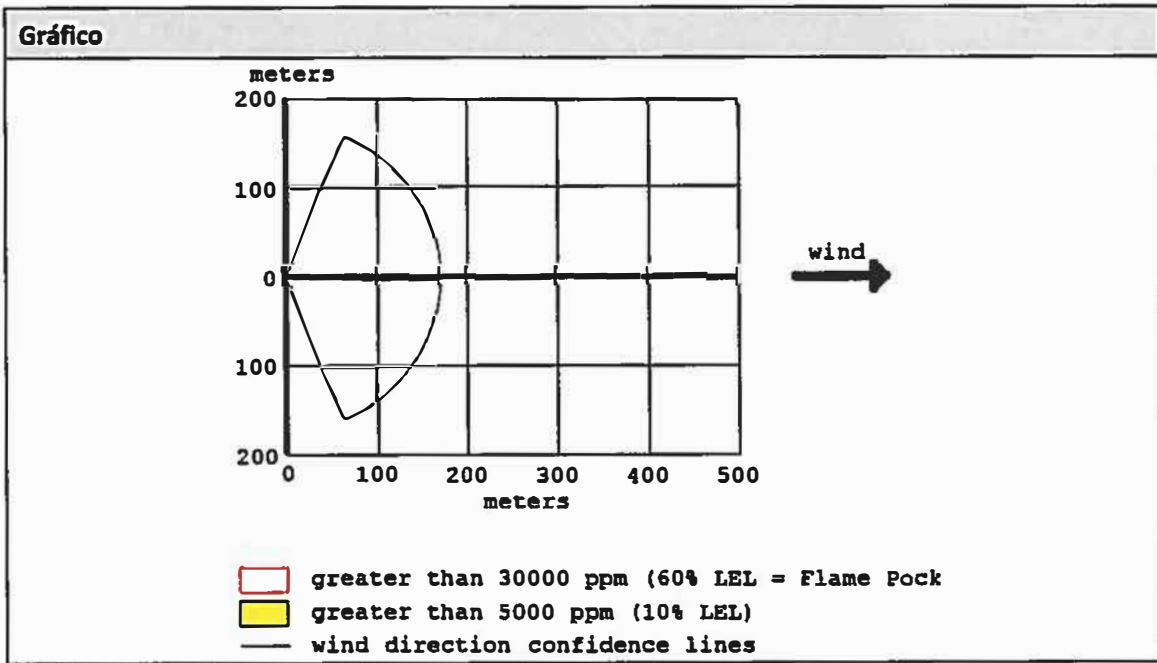
SITE DATA:
 Location: GUADAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 50000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F
 No Inversion Height Relative Humidity: 46%

SOURCE STRENGTH:
 Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 2.89 meters Tank Length: 1.992 meters
 Tank Volume: 13.1 cubic meters
 Tank contains gas only Internal Temperature: 20.9° C
 Chemical Mass in Tank: 2471 kilograms
 Circular Opening Diameter: 0.538 centimeters
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
 Max Average Sustained Release Rate: 31.3 kilograms/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 1,282 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
 Model Run: Gaussian
 Red : 67 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
 Yellow: 170 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)



4.2. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 51. Resultados del Evento Hipotético de incendio por fuga de gas natural en Cascada Pulmón por ruptura del 20% del diámetro.

Parámetro	Resultado
Duración del incendio	Limitado a 1 hora ¹
Velocidad de quemado máximo	33.6 Kg/min
Cantidad de gas consumida	1,282 Kg
Longitud máxima de la flama	3 metros
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	6.9 metros
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	13 metros
Notas y observaciones	
¹ El tiempo de 1 hora fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido, específicamente por la alta presión a la que se encuentra en el recipiente	
Resultados de simulación	

Text Summary

ALOHA® 5.4.7 

SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied)
 Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

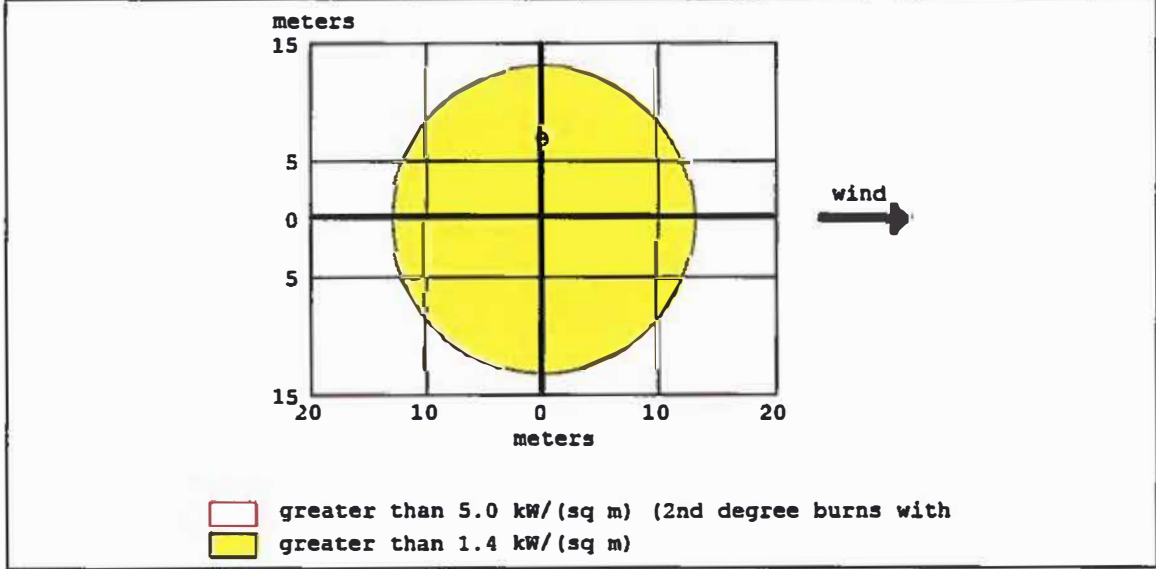
ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: F
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

SOURCE STRENGTH:
 Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank
 Flammable chemical is burning as it escapes from tank
 Tank Diameter: 2.89 meters Tank Length: 1.992 meters
 Tank Volume: 12.1 cubic meters
 Tank contains gas only Internal Temperature: 20.9° C
 Chemical Mass in Tank: 2471 kilograms
 Circular Opening Diameter: 0.606 centimeters
 Max Flame Length: 3 meters
 Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
 Max Burn Rate: 33.6 kilograms/min
 Total Amount Burned: 1,282 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : less than 10 meters (10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 13 meters --- (1.4 kW/(sq m))

THREAT AT POINT:
 Thermal Radiation Estimates at the point:
 Downwind: 0 meters Off Centerline: 6.9 meters
 Max Thermal Radiation: 5.06 kW/(sq m)


Gráfico

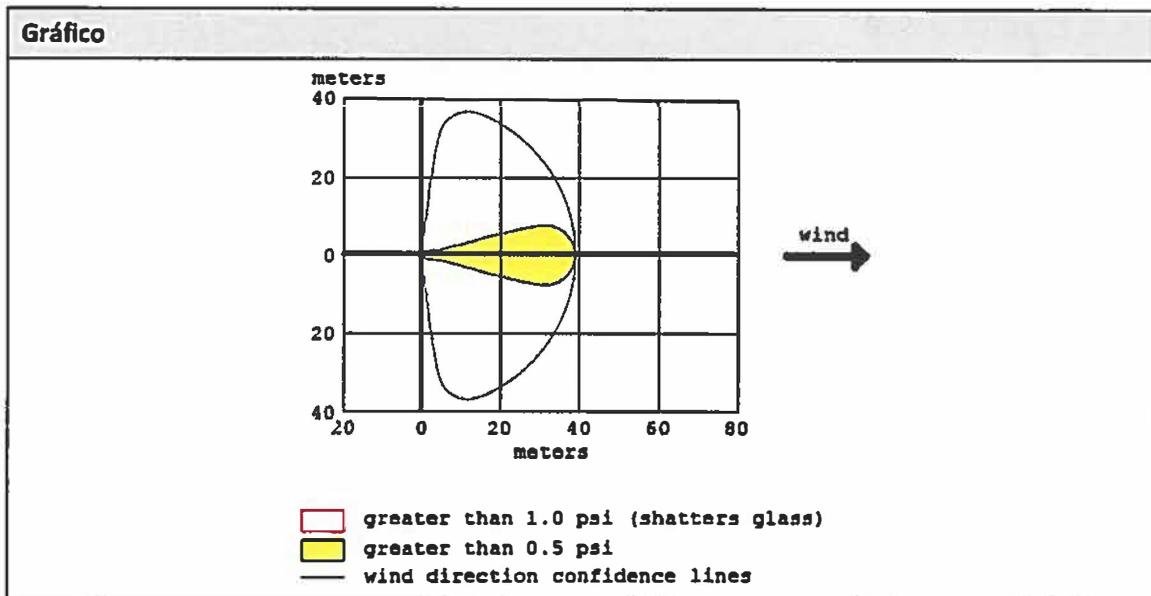


4.3. EXPLOSIÓN DE GAS

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 52. Resultados del Evento Hipotético de Explosión por Fuga de Gas Natural en la Cascada Pulmón.

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	Limitado a 1 hora
Velocidad de fugado máximo promedio	31.3 Kg/min
Cantidad liberada	1,282 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	39 metros
Notas y observaciones	
<p>¹ De acuerdo a los resultados de la simulación, la explosión de la nube de gas natural nunca excede el valor LOC (Level of concern) de 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 39 metros hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 10 metros de ancho</p>	
Resultados de simulación	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: right;">ALOHA® 5.4.7 </p> <p>Text Summary</p> <p>SITE DATA: Location: GUADALAJARA, MEXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (unsheltered single storied) Time: July 17, 2017 2100 hours ST (user specified)</p> <p>CHEMICAL DATA: Chemical Name: METHANE CAS Number: 74-82-6 Molecular Weight: 16.04 g/mol PAC-1: 68000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm LEL: 50000 ppm UEL: 160000 ppm Ambient Boiling Point: -163.7° C Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%</p> <p>ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA) Wind: 1.2 meters/second from BSW at 3 meters Cloud Cover: 5 tenths Ground Roughness: urban or forest Stability Class: F Air Temperature: 20.9° C Relative Humidity: 48% No Inversion Height</p> <p>SOURCE DETAILS: Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank Flammable chemical escaping from tank (not burning) Tank Diameter: 2.89 meters Tank Length: 1.992 meters Tank Volume: 13.1 cubic meters Tank contains gas only Internal Temperature: 20.9° C Chemical Mass in Tank: 2471 kilograms Circular Opening Diameter: 0.604 centimeters Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour Max Average Sustained Release Rate: 31.3 kilograms/min (averaged over a minute or more) Total Amount Released: 1,282 kilograms</p> <p>THREAT ZONE: Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion Type of Ignition: Ignited by spark or flame Level of Congestion: uncongested Model Run: Gaussian Red : LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass) Yellow: 39 meters --- (0.5 psi)</p> </div>	



EVENTO HIPOTÉTICO 5: FUGA DE GAS POR RUPTURA TOTAL DE TANQUE DE AUTOMÓVIL

Para este evento se considera que existe una fuga del gas natural en el tanque de almacenamiento de un vehículo automotor que se encuentra recibiendo combustible en el área de despacho y Canopy de la Estación de Servicio debido a una ruptura total equivalente a su diámetro nominal; para tal efecto se considerará un tanque estándar para un automóvil compacto o subcompacto con un volumen de 65 litros del cual se fugaría el 100% de la masa contenida en la totalidad del equipamiento equivalente a 11.2 Kg.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Cilindro de almacenamiento de gas natural fijado en un titán de transporte.
- **Dimensiones del tanque:** Se utilizaron dimensiones indicadas por el fabricante para obtener la capacidad de 65 litros (diámetro 0.356 metros, longitud 0.653 metros).
- **Contenido del tanque:** Gas natural (metano).
- **Presión dentro del tanque:** 220 bar = 217.123 atm
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente.
- **Tipo de apertura:** Ruptura circular
- **Diámetro de la apertura:** 0.343 metros (Diámetro del cilindro de almacenamiento).

- Forma de la apertura: Circular

5.1. NUBE DE GAS INFLAMABLE

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:


Tabla 53. Resultados del Evento Hipotético de Nube Explosiva por fuga de gas natural en tanque de automóvil por ruptura total.

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	1 minuto ¹
Velocidad de fugado máximo promedio	0.184 kg/seg
Cantidad liberada	11.1 Kg
Radio Zona de riesgo (60% LEL 30,000 ppm)	32 metros
Radio Zona de amortiguamiento (10% LEL 5,000 ppm)	80 metros

Notas y observaciones

¹ El tiempo de 1 minuto fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido, específicamente por la alta presión a la que se encuentra en el recipiente, lo cual causa una liberación casi instantánea del gas

Resultados de simulación

ALPHA 5.4.7 

Text Summary

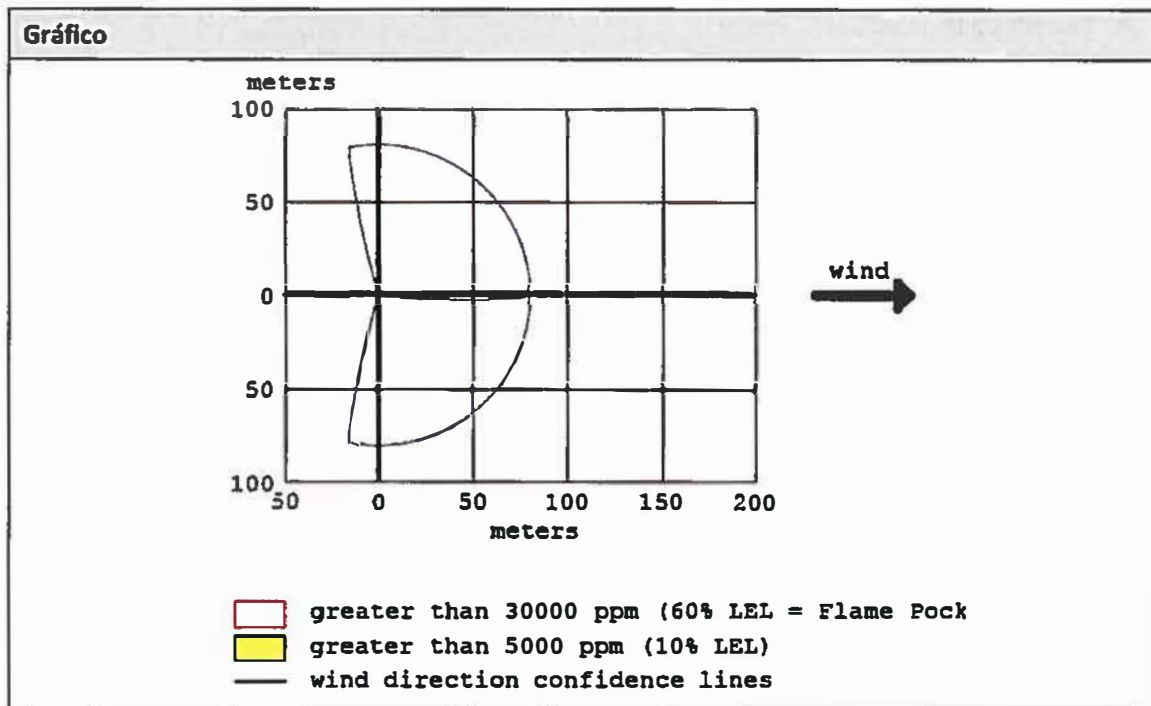
SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.50 (enclosed office)
 Time: July 17, 2016 2100 hours ET (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 66000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 180000 ppm
 Ambient Boiling Point: -162.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (DEFAULT INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: E
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

SOURCE STRENGTH:
 Leak from hole in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 0.366 meters Tank Length: 0.653 meters
 Tank Volume: 66.0 liters
 Tank contains gas only Internal Temperature: 20.9° C
 Chemical Mass in Tank: 11.1 kilograms
 Internal Press: 217 atmospheres
 Circular Opening Diameter: 0.343 meters
 Release Duration: 1 minute
 Max Average Sustained Release Rate: 184 grams/sec
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 11.1 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
 Model Run: Gaussian
 Red : 32 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
 make dispersion predictions less reliable for short distances.
 Yellow: 80 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)



5.2. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 54. Resultados del Evento Hipotético de Incendio por fuga de gas natural en tanque de automóvil por ruptura total.

Parámetro	Resultado
Duración del incendio	20 segundos
Velocidad de quemado máximo	2,280 Kg/seg
Longitud máxima de la flama	33 metros
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	10 metros
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	10 metros
Notas y observaciones	
Ninguna.	
Resultados de simulación	

Text Summary

ALOHA® 5.4.7



SITE DATA:

Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.50 (enclosed office)
 Time: July 17, 2016 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.2 meters/second from WSW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: E
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

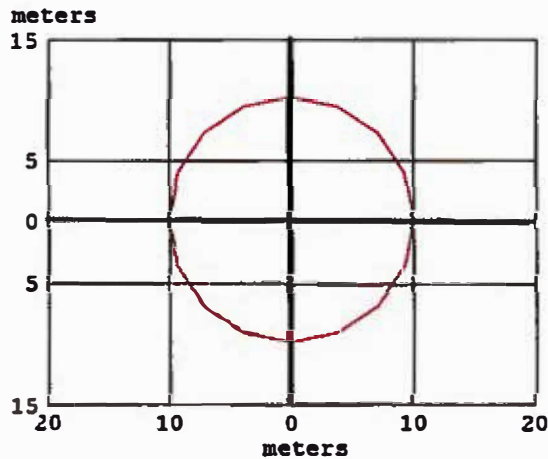
SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical is burning as it escapes from tank
 Tank Diameter: 0.356 meters Tank Length: 0.653 meters
 Tank Volume: 66.0 liters
 Tank contains gas only Internal Temperature: 20.9° C
 Chemical Mass in Tank: 11.1 kilograms
 Internal Press: 217 atmospheres
 Circular Opening Diameter: 0.343 meters
 Flame Length: 33 meters Burn Duration: 20 seconds
 Burn Rate: 2,280 kilograms/sec
 Total Amount Burned: 11.1 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 10 meters — (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 10 meters — (1.4 kW/(sq m))

Gráfico



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns with
- greater than 1.4 kW/(sq m)

5.3. EXPLOSIÓN DE GAS

Se realizó la modelación del evento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 55. Resultados del Evento Hipotético de Explosión por fuga de gas natural en tanque de automóvil por ruptura total.

Parámetro	Resultado
Duración de la fuga	1 minuto
Velocidad de fugado máximo promedio	0.184 Kg/min
Cantidad liberada	11.1 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	23 metros
Notas y observaciones	
¹ De acuerdo a los resultados de la simulación, la explosión de la nube de gas natural nunca excede el valor LOC (Level of concern) de 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 23 metros hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 4 metros m de ancho	
Resultados de simulación	

Text Summary

ALOHA® 5.4.7 

SITE DATA:
 Location: GUADALAJARA, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.56 (enclosed office)
 Time: July 17, 2016 2100 hours ST (user specified)

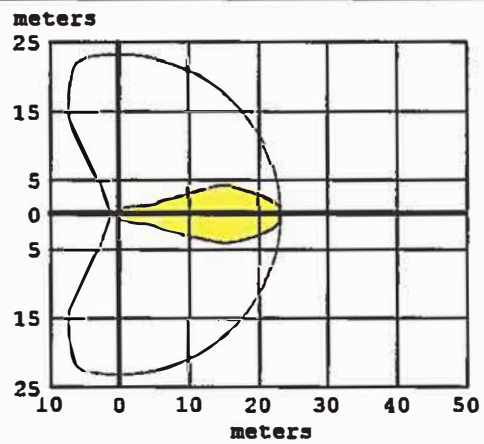
CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 160000 ppm
 Ambient Boiling Point: -163.7° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%




ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 1.2 meters/second from NNE at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: E
 No Inversion Height Relative Humidity: 48%

SOURCE DETAILS:
 Leak from hole in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 0.356 meters Tank Length: 0.653 meters
 Tank Volume: 65.0 liters Internal Temperature: 20.9° C
 Tank contains gas only
 Chemical Mass in Tank: 11.1 kilograms
 Internal Press: 217 atmospheres
 Circular Opening Diameter: 0.343 meters
 Release Duration: 1 minute
 Max Average Sustained Release Rate: 184 grams/sec
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 11.1 kilograms

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
 Type of Ignition: ignited by spark or flame
 Level of Congestion: uncongested
 Model Run: Gaussian
 Red : LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)
 Yellow: 23 meters --- (0.5 psi)

Gráfico



 greater than 1.0 psi (shatters glass)
 greater than 0.5 psi
 wind direction confidence lines

Estos resultados nos indican que en caso de presentarse este evento, las áreas de riesgo y amortiguamiento estarían dentro del área del predio de la estación de servicio.

En resumen, los radios de afectación de los eventos simulados son los descritos a continuación:

Tabla 56. Radios de Afectación de Eventos Simulados (metros).

Evento	Fuga de gas de tubería de línea de suministro (rotura total)	Fuga de gas de tubería de línea de suministro (orificio del 20% del diámetro nominal)	Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura total de tubería de salida	Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura del 20% del diámetro de la tubería de salida	Fuga de gas por ruptura total de tanque de automóvil
Nube inflamable de gas natural	Zona de Riesgo (30,000 ppm)= 99 m	Zona de Riesgo (30,000 ppm)= 70 m	Zona de Riesgo (30,000 ppm)= 298 m	Zona de Riesgo (30,000 ppm)= 67 m	Zona de Riesgo (30,000 ppm)= 32 m
	Z. de Amortiguamiento (5,000 ppm)= 203 m	Z. de Amortiguamiento (5,000 ppm)= 179 m	Z. de Amortiguamiento (5,000 ppm)= 684 m	Z. de Amortiguamiento (5,000 ppm)= 170 m	Z. de Amortiguamiento (5,000 ppm)= 80 m
Radiación térmica por incendio	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 16 m	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 7.2 m	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 32 m	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 6.9 m	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 10 m
	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 29 m	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 13 m	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 60 m	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 13 m	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 10 m
Explosión de nube de gas natural	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede
	Z. de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 59 m	Z. de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 41 m	Z. de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 172 m	Z. de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 39 m	Z. de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 23 m

LOC: Level of concern.

Fuente: Elaboración propia a partir de simulaciones con ALDHA.

III.4. Interacciones de Riesgo.

En base a los resultados de los eventos simulados se pudieron estimar las consecuencias como son los daños y las afectaciones que causan la radiación térmica por incendio y/o las ondas de sobrepresión por explosión del gas en los equipos y/o instalaciones dentro de los radios de riesgo.

Escenario 1. Fuga de gas de tubería de línea de suministro (rotura total).

Para el caso que ocurriera una ruptura total de la tubería de gas natural de la red externa que suministraría el combustible hacia el interior de la Estación de Servicio en su punto de entrada en la Cascada Pulmón, la nube de gas formada en la zona de riesgo sería de hasta 99 metros hacia la dirección del viento mientras que en la zona de amortiguamiento tendría un alcance de hasta 223 metros, lo cual conforme a la simulación realizada se concentraría principalmente en las áreas de vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas sin afectar viviendas habitacionales ni otros elementos vulnerables; cabe hacer mención que la nube tendría una muy baja amplitud ya que su desplazamiento tendería a un comportamiento lineal con baja apertura, lo que disminuye en forma significativa el riesgo de alcanzar elementos urbanos de la zona con los que pudiera interactuar en forma negativa. En la siguiente figura se muestra lo descrito:

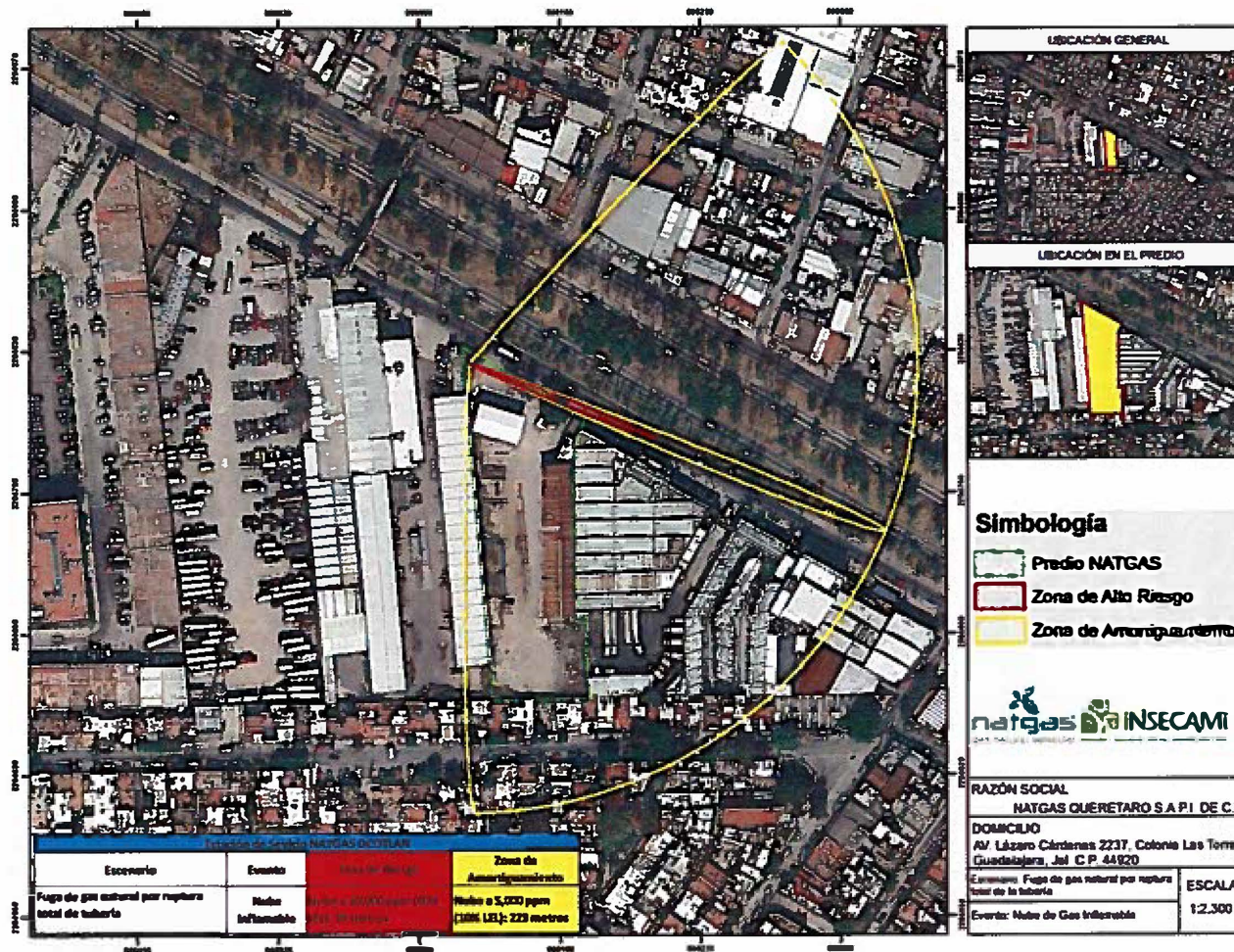


Figura 48. Radios de Zona de Riesgo y Amortiguamiento Nube de Gas Inflammable (Escenario 1)

Si ocurriera que el gas natural se incendia mientras se fuga, el radio de la zona de riesgo se estima con un máximo de 16 metros, el cual alcanzaría parte de esquina del predio en estudio localizada en la colindancia noroeste del predio conjuntamente con la vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas así como una parte del establecimiento comercial inmediato correspondiente a un centro de venta de acero y materiales ferreteros, mientras que en la zona de amortiguamiento se limitaría hasta los 29 metros manteniéndose en los usos de suelo indicados para el área de riesgo; cabe hacer mención que en la colindancia con el establecimiento comercial se cuenta con la existencia de un muro que delimita dichos predios; dicho muro está construido con material incombustible y tiene una altura mayor a los 3 metros,. Por lo que se considera que en caso de presentarse el evento descrito, el muro funcionaría como una barrera de protección importante que evitaría que el fuego afectara dicho establecimiento, por lo que las afectaciones estimadas quedarían prácticamente limitadas al interior de la Estación de Servicio en estudio. En la siguiente imagen se observan los radios de influencia indicados

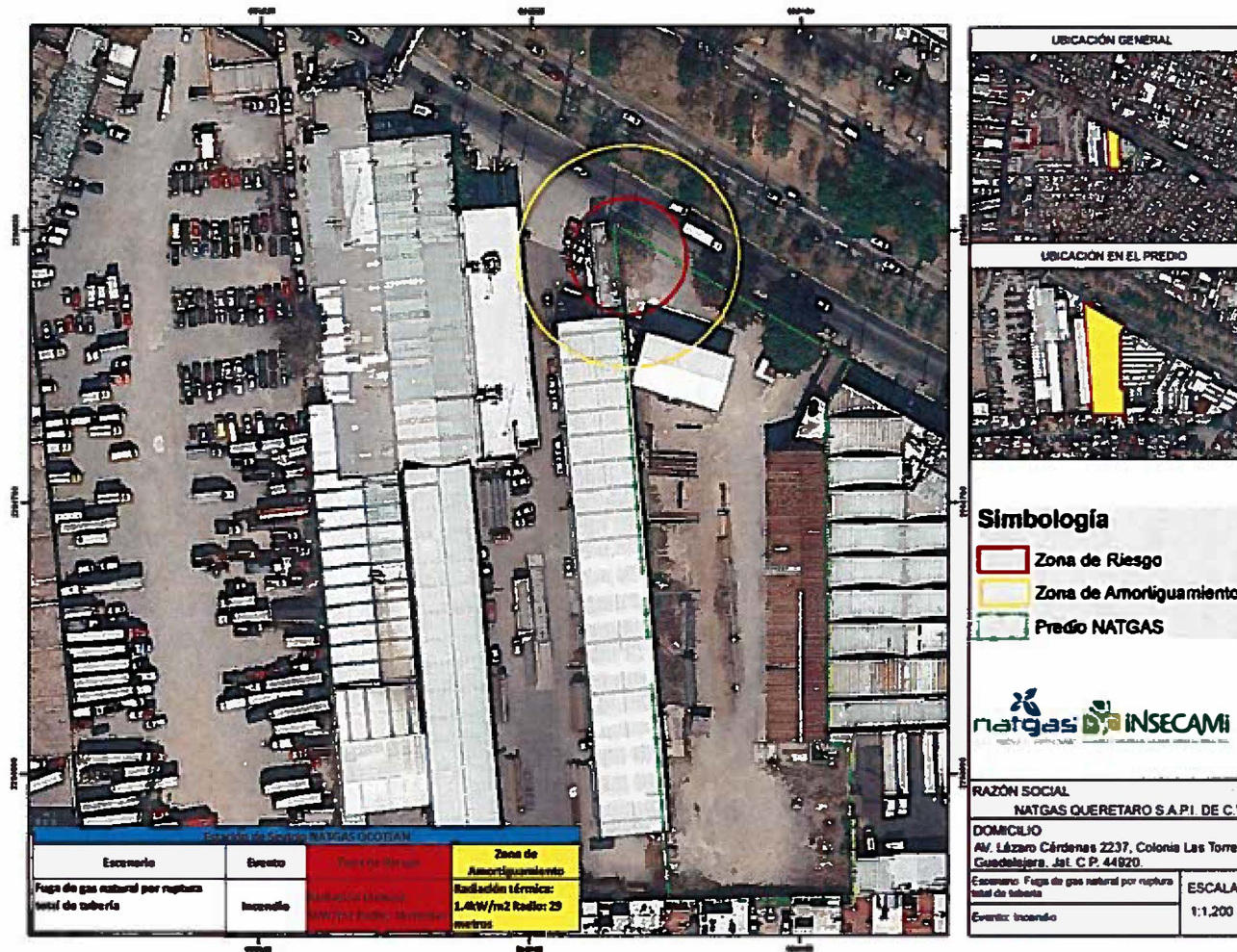


Figura 49. Radios de Zona de Riesgo y Amortiguamiento Incendio de Gas Natural (Escenario 1)

Finalmente, en el caso de que ocurriera la explosión de la nube de gas fugada, el radio de la zona de riesgo no fue detectado puesto que el software de modelación ALOHA determinó que con base en el evento determinado y en las condiciones de volumen y atmosféricas prevalecientes en la zona no se alcanzaría las concentraciones suficientes para generar una sobrepresión de 1 PSI; no obstante lo anterior la zona de amortiguamiento de 0:5 PSI abarcaría un radio máximo de 59 metros cuya onda expansiva se direccionaría prioritariamente hacia el oriente del punto de emisión, abarcando parte de la vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas y terrenos que serían ocupados por la Estación de Servicio para el acceso a la misma por la citada Calzada, por lo cual dicha afectación quedaría prácticamente limitada al predio de la estación de servicio como puede apreciarse en la siguiente imagen:

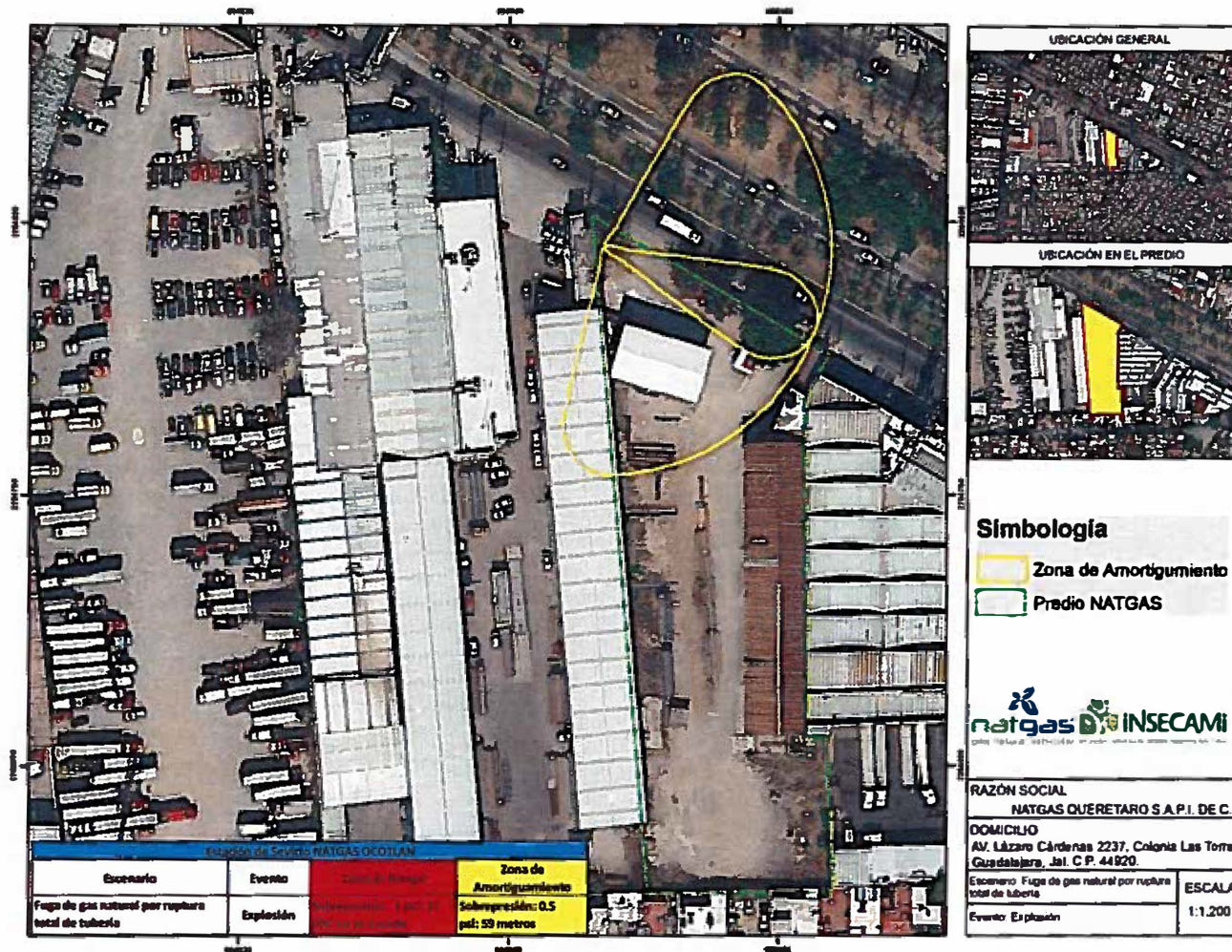


Figura 50. Radios de la Zona de Amortiguamiento Explosión de Nube de Gas (Escenario 1)

Escenario 2. Fuga de gas de tubería de línea de suministro (orificio del 20% del diámetro nominal).

Para el caso que ocurriera una ruptura equivalente al 20% de la tubería de gas natural de la red externa que conduciría el combustible hacia el interior de la Estación de Servicio en su punto de entrada en la Cascada Pulmón, la nube de vapor formada en la zona de riesgo sería de hasta 70 metros hacia la dirección predominante del viento mientras que en la zona de amortiguamiento tendría un alcance de hasta 179 metros, lo cual conforme a la simulación realizada se concentraría principalmente en las áreas de vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas sin afectar viviendas habitacionales ni otros elementos vulnerables; cabe hacer mención que la nube tendría una muy baja amplitud ya que su desplazamiento tendería a un comportamiento lineal con baja apertura, lo que disminuye en forma significativa el riesgo de alcanzar elementos urbanos de la zona con los que pudiera interactuar negativamente. En la siguiente figura se muestra lo descrito:

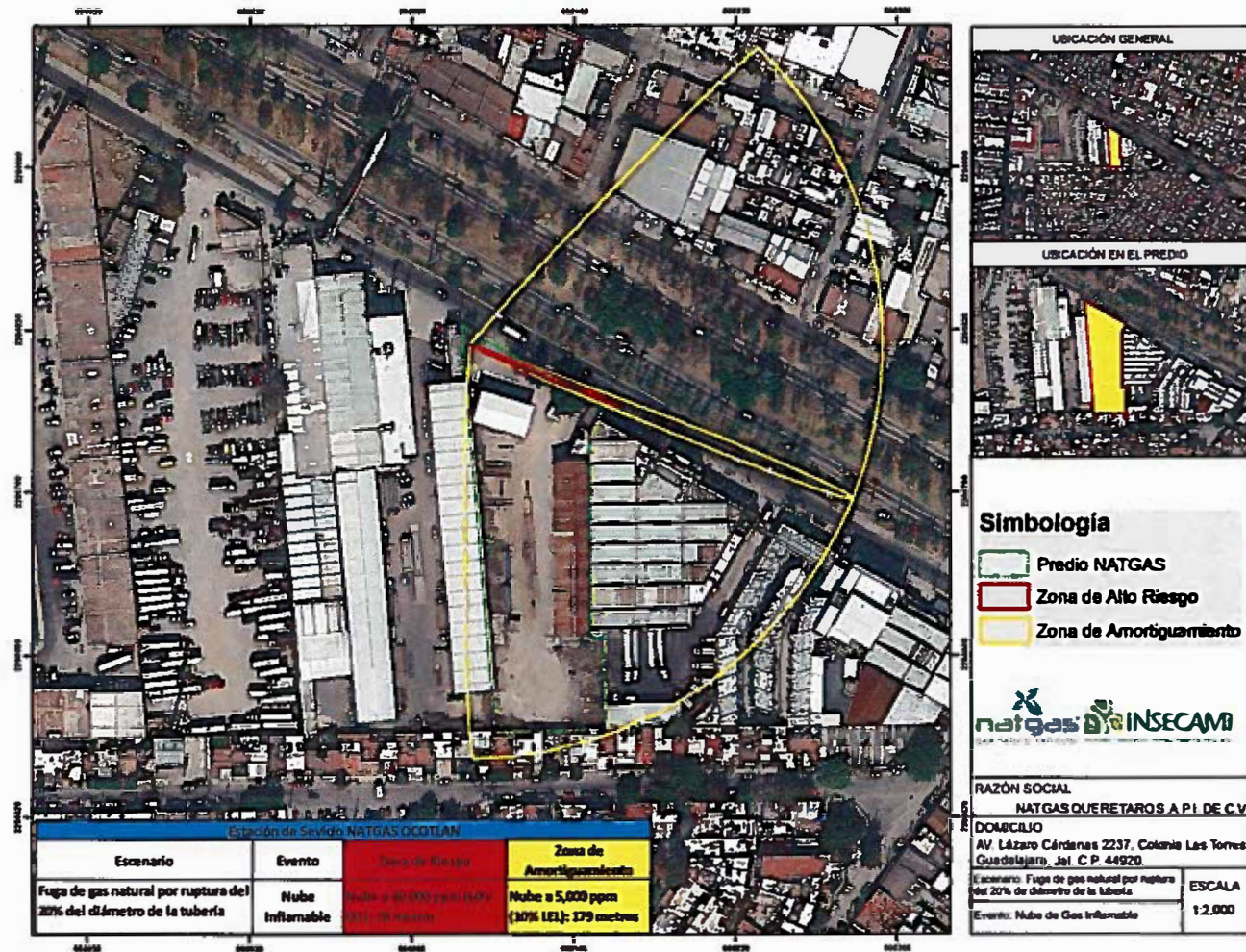


Figura 51. Radios de Zona de Riesgo y Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 2)

Si ocurriera que el gas natural se incendia mientras se fuga, el radio de la zona de riesgo se estima con un máximo de 7.2 metros, el cual alcanzaría parte de esquina del predio en estudio localizada en la colindancia noroeste del predio conjuntamente con la vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas así como una parte del establecimiento comercial inmediato correspondiente a un centro de venta de acero y materiales ferreteros, mientras que en la zona de amortiguamiento se limitaría hasta los 13 metros manteniéndose en los usos de suelo indicados para el área de riesgo; cabe hacer mención que en la colindancia con el establecimiento comercial se cuenta con la existencia de un muro que delimita dichos predios; dicho muro está construido con material incombustible y tiene una altura mayor a los 3 metros,. Por lo que se considera que en caso de presentarse el evento descrito, el muro funcionaría como una barrera de protección importante que evitaría que el fuego afectara dicho establecimiento, por lo que las afectaciones estimadas quedarían prácticamente limitadas al interior de la Estación de Servicio en estudio. En la siguiente imagen se observan los radios de influencia indicados

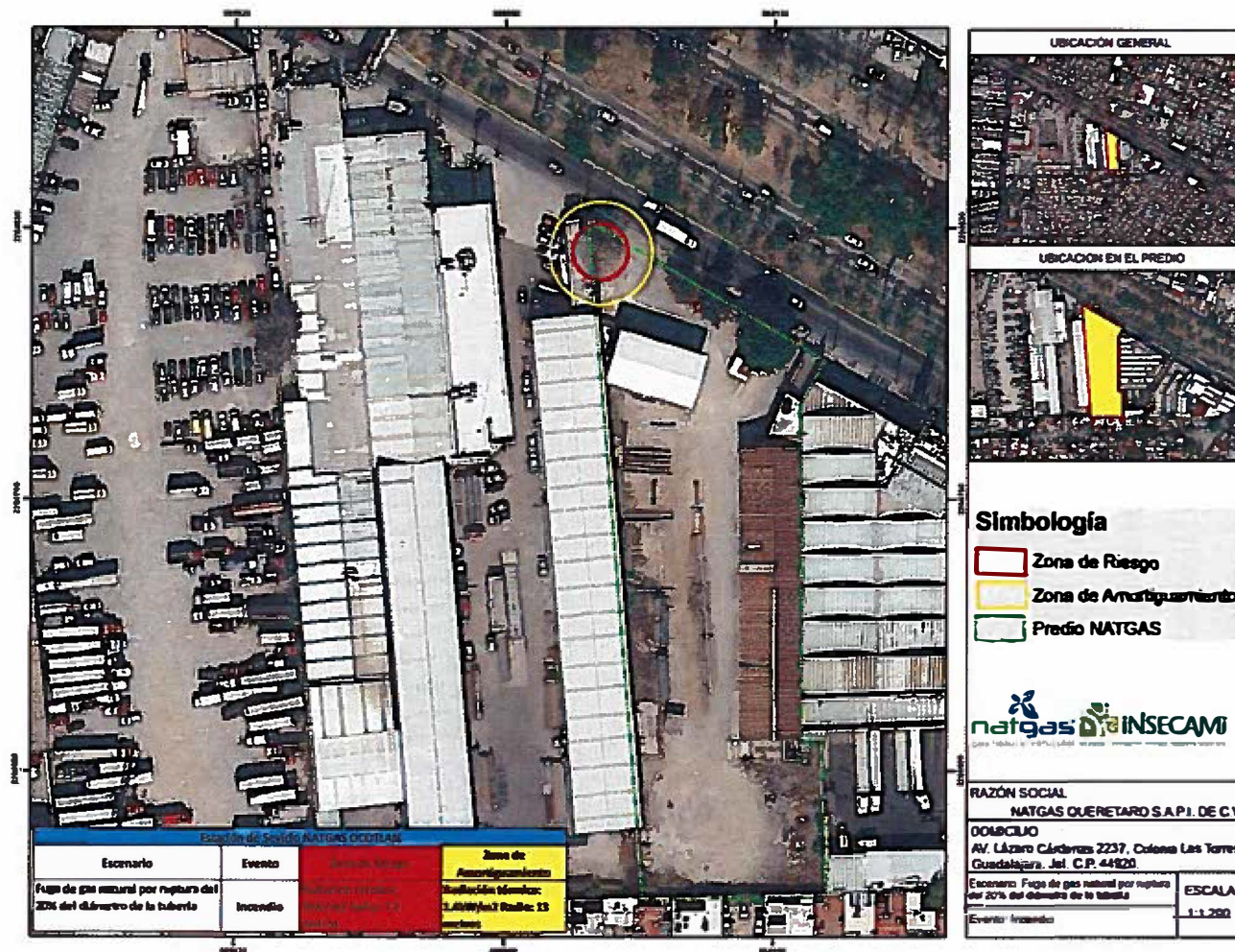


Figura 52. Radios de Zona Riesgo y Amortiguamiento incendio de Gas Natural (Escenario 2)

Finalmente, en el caso de que ocurriera la explosión de la nube de gas fugada, el radio de la zona de riesgo no fue detectado puesto que el software de modelación ALOHA determinó que con base en el evento determinado y en las condiciones de volumen y atmosféricas prevaletientes en la zona no se alcanzaría las concentraciones suficientes para generar una sobrepresión de 1 PSI; no obstante lo anterior la zona de amortiguamiento de 0:5 PSI abarcaría un radio máximo de 41 metros cuya onda expansiva se direccionaría prioritariamente hacia el oriente del punto de emisión, abarcando parte de la vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas y terrenos que serían ocupados por la Estación de Servicio para el acceso a la misma por la citada Calzada, por lo cual dicha afectación quedaría prácticamente limitada al predio de la estación de servicio como puede apreciarse en la siguiente imagen:

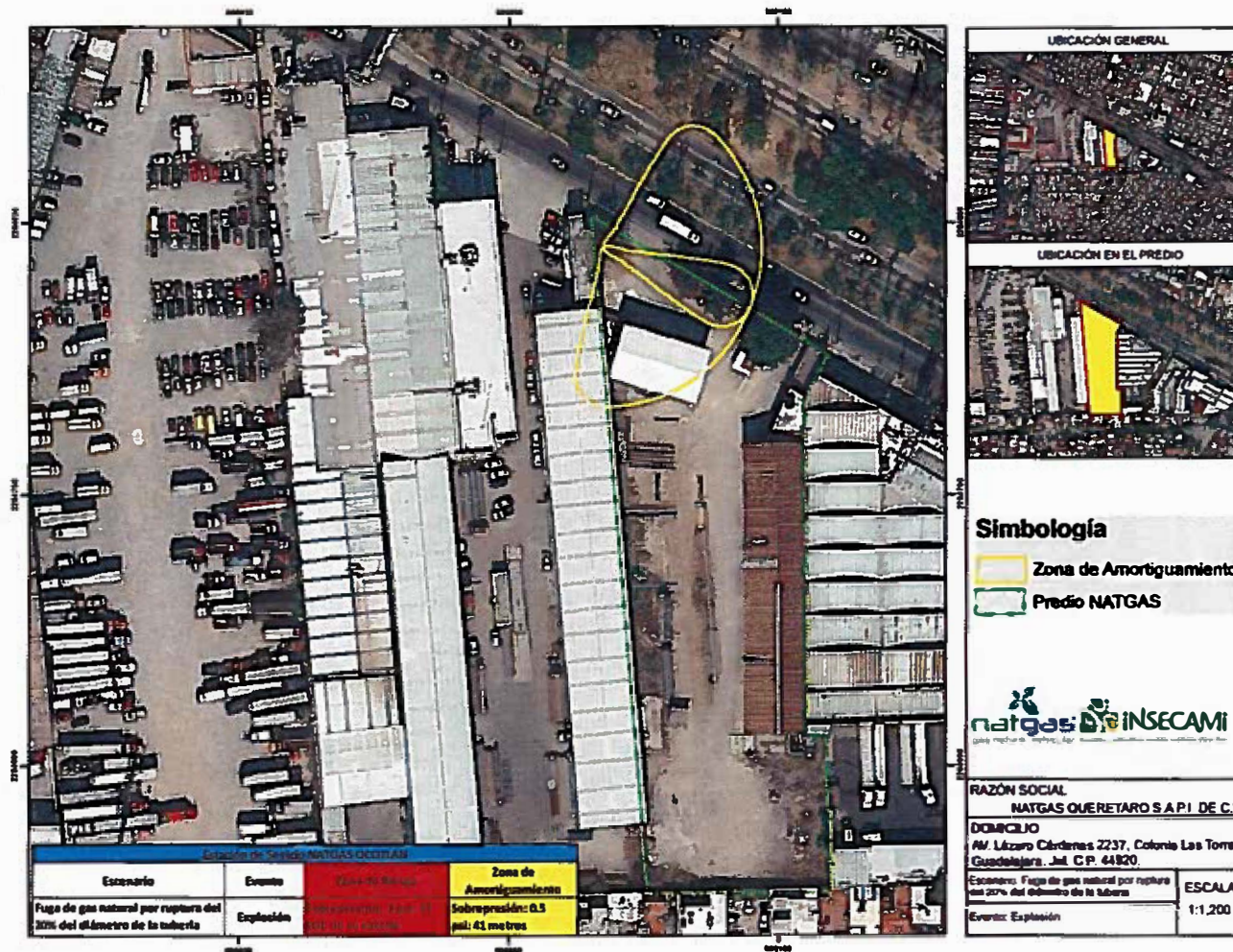


Figura 53. Radio de la Zona de Amortiguamiento por Explosión de Nube de Gas (Escenario 2)

Escenario 3. Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura total de tubería de salida.

El escenario 3 considera que se fuga el gas contenido en la cascada pulmón, el cual se encuentra a muy alta presión (220- 250 bares) y tiene una capacidad de 13,110 litros nominales. En caso de suceder sólo la fuga, el contenido de la cascada se vaciaría relativamente rápido (en 17 minutos aproximadamente) debido a la diferencia de presión, provocando que la nube se desplace en dirección del viento dominante, alcanzando un radio de riesgo de 298 metros y de 684 metros para la zona de amortiguamiento, afectando principalmente a la propia estación de servicio, una parte de la Calzada Lázaro Cárdenas pero principalmente a varios establecimientos comerciales que se localizan sobre dicha Calzada; cabe hacer mención que toda vez que el gas natural no es considerado una sustancia tóxica, la emisión no tendrá efecto alguno en la salud de la población habitante u ocupante de las zonas descritas; es necesario también considerar que en caso de que se presentará dicha fuga la cascada pulmón el área en donde será ubicada cuenta con una adecuada ventilación, lo que se considera dicha instalación promoverá la disminución y alcance de la emisión. De igual manera conforme al modelo generado nube tendría una muy baja amplitud ya que su desplazamiento tendería a un comportamiento lineal con baja apertura, lo que disminuye en forma significativa el riesgo de alcanzar elementos urbanos de la zona con los que pudiera interactuar en forma negativa En la siguiente imagen pueden observarse los resultados de la modelación:

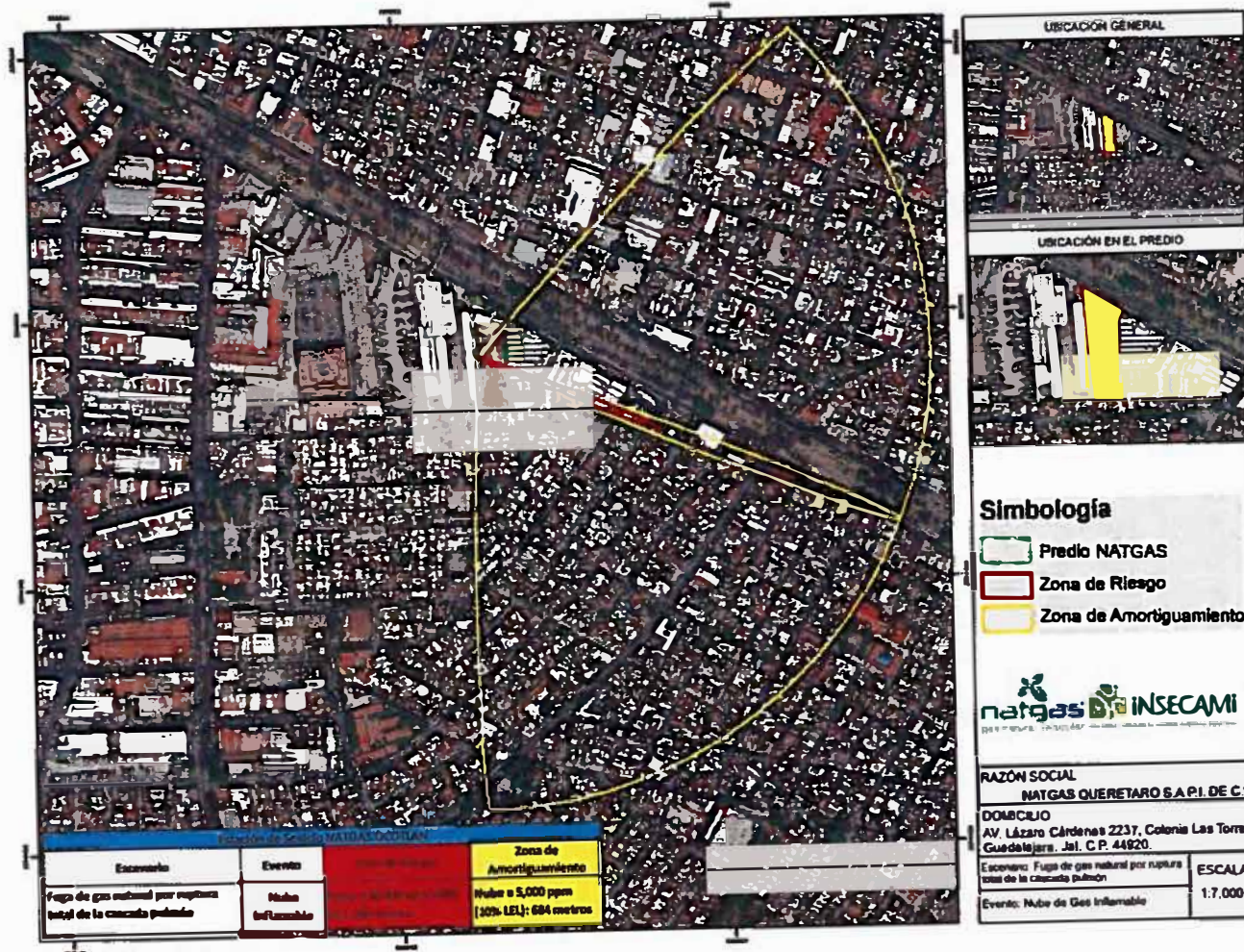


Figura 54. Radios Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 3)

Para el caso sí ocurriera un incendio, de acuerdo a los resultados del programa, éste ocurriría en un tiempo relativamente rápido de 17 minutos en razón a la alta presión a la que se encontraría sometido el gas así como por el tamaño de la abertura de salida del mismo. De acuerdo a los resultados, la zona de riesgo sería de 32 metros, lo cual abarca principalmente instalaciones de la Estación de Servicio así como parte del establecimiento colindante al poniente del predio en estudio; el radio de la zona de amortiguamiento se determinó en aproximadamente 60 metros el cual abarcaría a toda la estación de servicio y los establecimientos comerciales colindantes al oriente y poniente constituidos por un centro de venta de acero y ferretería así como un centro estratégico de mensajería marca DHL. Es importante mencionar que dichos establecimientos vecinos cuentan con un muro que delimita sus propiedades con una altura aproximada de 3 metros construido de material inflamable; en razón de lo anterior se considera que dichos muros proveerían una importante protección y barrera para evitar la propagación del incendio el cuál no afectaría a la infraestructura y personas que se encontrarán en el interior de los mismos en caso de que se presentará el evento de riesgo descrito. La modelación resultante se presenta a continuación en la siguiente imagen:

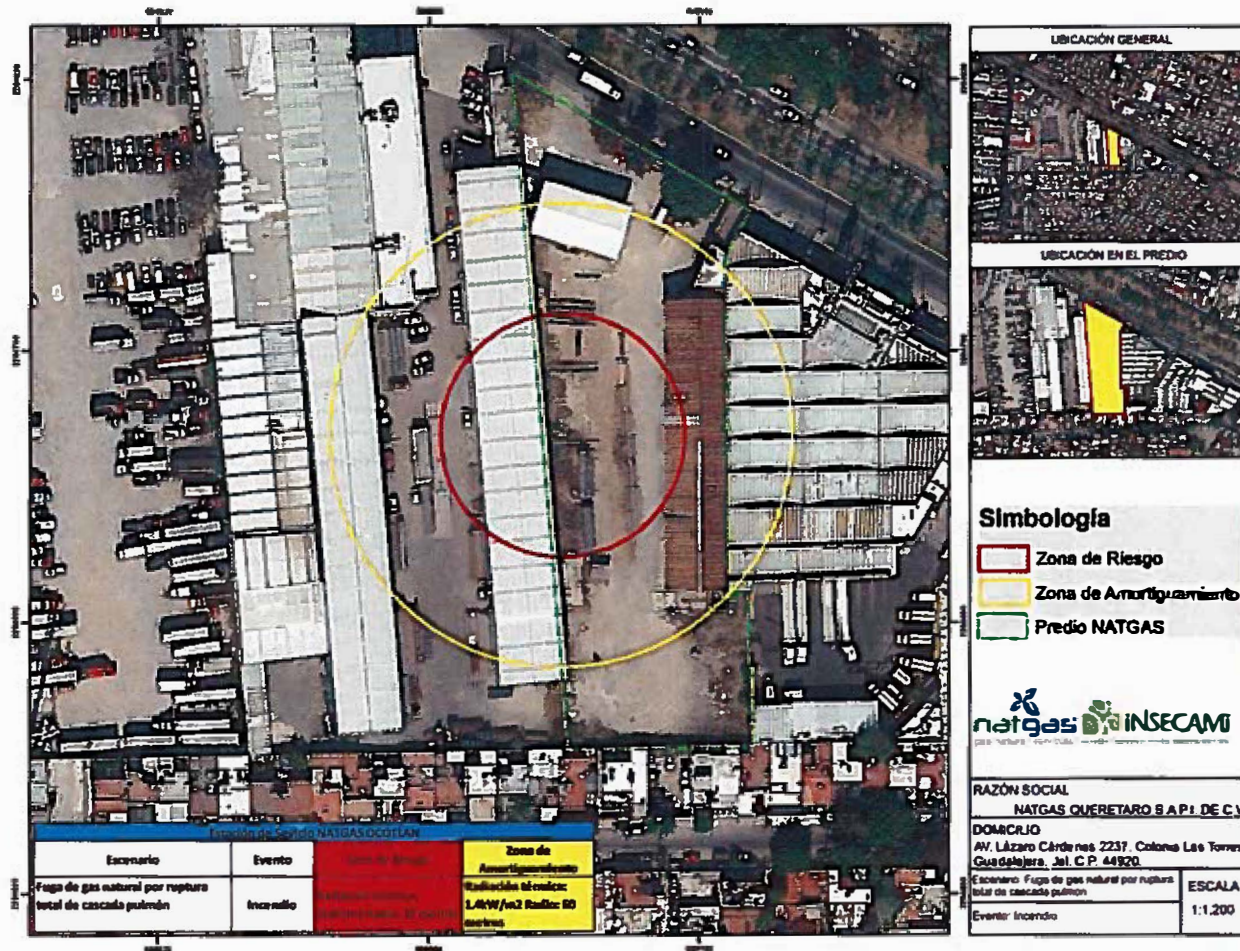


Figura 55. Radios de Zona Riesgo y Amortiguamiento Incendio de Gas Natural (Escenario 3)

Por último, en el caso de que ocurriera la explosión de la nube de gas, el radio de la zona de riesgo no se estableció puesto que el software de modelación ALOHA determinó que no se alcanza el parámetro de 1 PSI, pero para la zona de amortiguamiento se estableció un radio de 172 metros circundante a la cascada pulmón, cuya onda expansiva se concentraría en dirección oriente hacia la misma Estación de Servicio y a 2 establecimientos comerciales y de servicios que incluye un centro estratégico de mensajería de la empresa DHL, un motel y un negocio dedicado al servicio de reparación de suspensiones, frenos y lubricación de vehículos automotores y venta de llantas nuevas, todos estos construidos de materiales resistentes a los impactos,. En la siguiente figura se muestran los resultados del evento modelado:

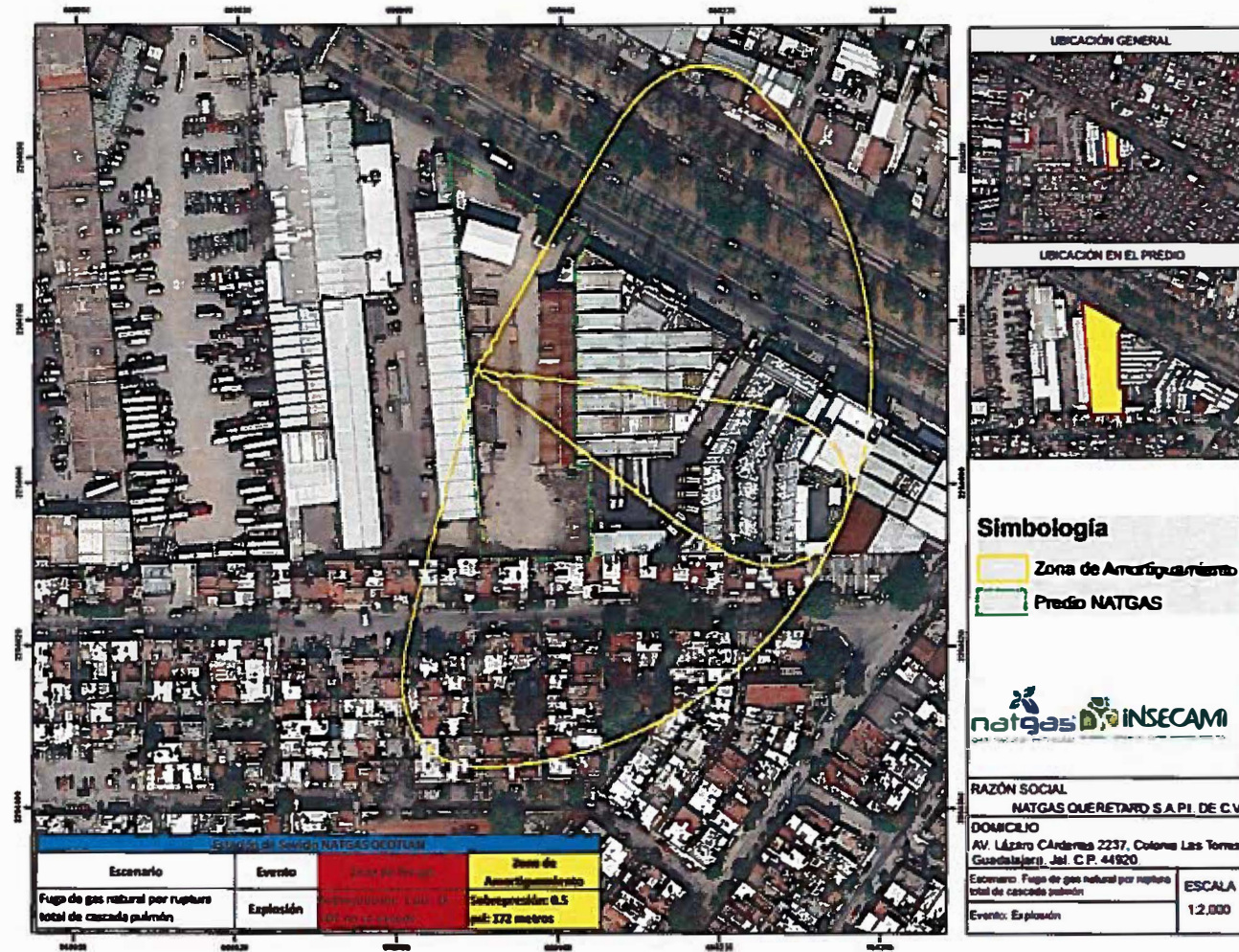


Figura 56. Radios de Zona Amortiguamiento Explosión de Gas Natural (Escenario 3)

Escenario 4. Fuga de gas natural por ruptura del 20% nominal del diámetro de la cascada pulmón.

Para evento en particular se consideró un accidente o descuido por falta de mantenimiento que promueve la fuga el gas contenido en la cascada pulmón en su tubería de salida hacia la zona de dispensarios con una ruptura del 20% del diámetro de la línea de conducción; como ya se indicó con anterioridad, el gas estaría sometido a una muy alta presión (250 bares) en diferentes contenedores que en conjunto proveerían una capacidad nominal de 13,110 litros. En este evento la nube generada se desplazaría desplace en dirección del viento dominante, alcanzando un radio de riesgo de 67 metros y de 170 metros para la zona de amortiguamiento, afectando principalmente a la propia estación de servicio, una parte de la Calzada Lázaro Cárdenas pero principalmente a varios establecimientos comerciales que se localizan sobre dicha Calzada; cabe hacer mención que toda vez que el gas natural no es considerado una sustancia tóxica, la emisión no tendrá efecto alguno en la salud de la población habitante u ocupante de las zonas descritas; es necesario también considerar que en caso de que se presentará dicha fuga la cascada pulmón el área en donde será ubicada cuenta con una adecuada ventilación, lo que se considera dicha instalación promoverá la disminución y alcance de la emisión. De igual manera conforme al modelo generado nube tendría una muy baja amplitud ya que su desplazamiento tendería a un comportamiento lineal con baja apertura, lo que disminuye en forma significativa el riesgo de alcanzar elementos urbanos de la zona con los que pudiera interactuar en forma negativa. En la siguiente imagen pueden observarse los resultados de la modelación:

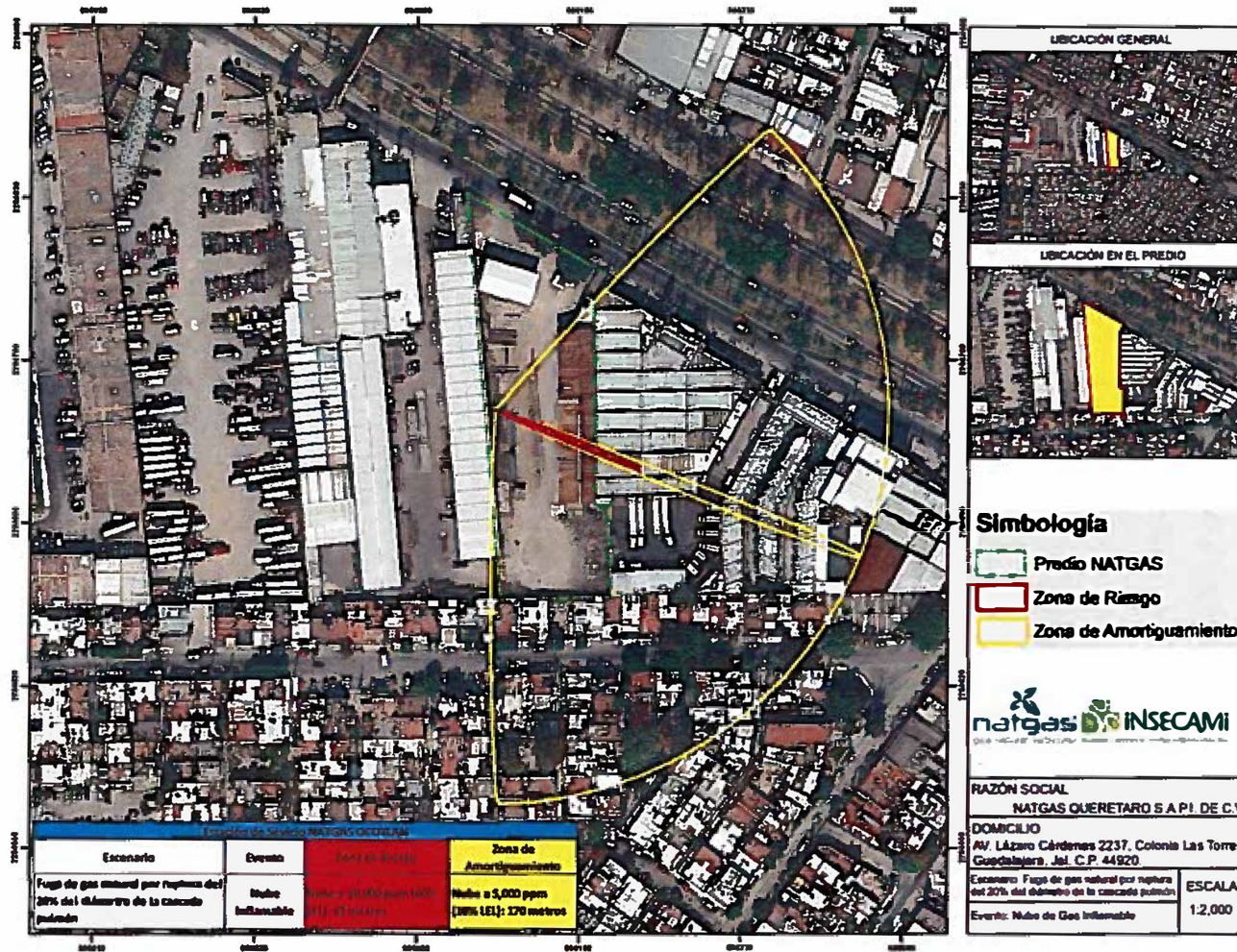


Figura 57. Radios Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 4)

Para el caso sí ocurriera un incendio, de acuerdo a los resultados del programa, la zona de riesgo tendría un alcance de hasta los 6.9 metros, lo cual abarca principalmente instalaciones de la Estación de Servicio así como parte del establecimiento colindante al poniente del predio en estudio; el radio de la zona de amortiguamiento se determinó en aproximadamente 13 metros el cual abarcaría parte de la estación de servicio y el establecimiento comercial ubicado en la colindancia poniente que incluye un centro de venta de acero y ferretería. Es importante mencionar este establecimiento vecino cuenta con un muro que delimita su propiedad con una altura aproximada de 3 metros construido de material inflamable; en razón de lo anterior se considera que dicho muro proveería una importante protección y barrera para evitar la propagación del incendio el cuál no afectaría a la infraestructura y personas que se encontrarán en el interior del mismo en caso de que se presentará el evento de riesgo descrito. La modelación resultante se presenta a continuación en la siguiente imagen:

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL
CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE SERVICIO
DE GAS NATURAL NATGAS OCOTLAN**

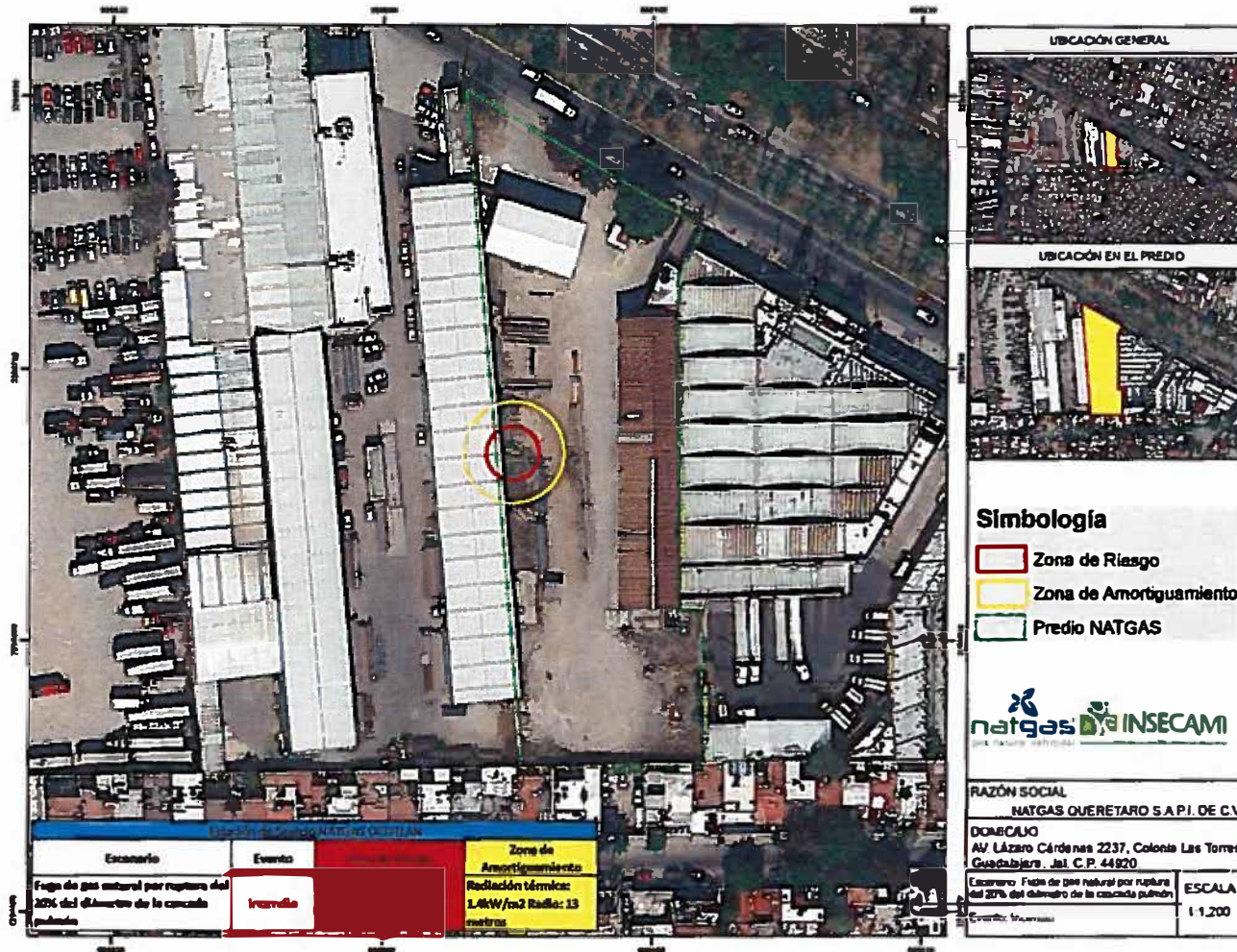


Figura 58. Radios de Zona Riesgo y Amortiguamiento Incendio de Gas Natural (Escenario 4)

Por último, en el caso de que ocurriera la explosión de la nube de gas, el radio de la zona de riesgo no se estableció puesto que el software de modelación ALOHA determinó que no se alcanza el parámetro de 1 PSI, pero para la zona de amortiguamiento se estableció un radio de 39 metros el cuál quedaría prácticamente limitado al predio de la estación de servicio como puede apreciarse en la siguiente imagen:

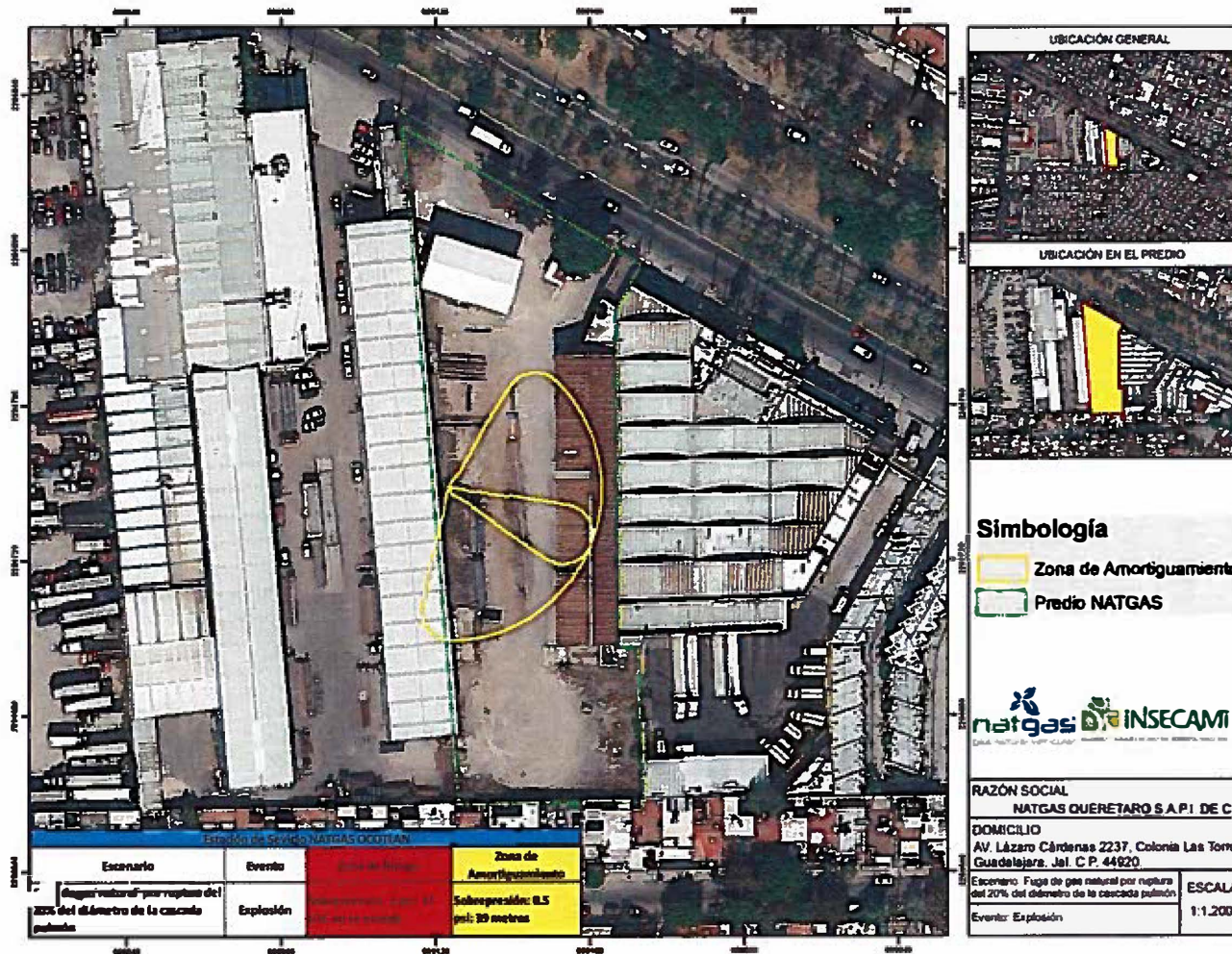


Figura 59. Radios de la Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Explosión de Gas (Escenario 4)

Escenario 5. Fuga de gas por ruptura total de tanque de automóvil

El escenario 5 considera que se fuga el gas contenido en un tanque de almacenamiento de un automóvil que acudió a cargar combustible en la estación de servicio, el cuál presentó un desperfecto que ocasionó que en el momento de suministrar el combustible una fisura o ruptura y comprometió la estabilidad estructural del mismo, generando la fuga; el gas contenido en estos dispositivos se encuentra a muy alta presión (220-bares) y tiene una capacidad promedio de 65 litros (existen tanques con menores o mayores capacidades pero para fines de la estimación se determinó utilizar los comúnmente más utilizados) . En caso de suceder sólo la fuga, ésta ocurre rápidamente (en un minuto aproximadamente) debido a la diferencia de presión, provocando que la nube se desplace en dirección del viento, alcanzando un radio de riesgo de 32 metros y de 80 metros para la zona de amortiguamiento, afectando principalmente a la propia estación de servicio, a la Calzada Lázaro Cárdenas y al Centro Estratégico de Mensajería marca DHL que ocupa el predio colindante al oriente del predio en estudio En la siguiente imagen pueden observarse los resultados de la modelación.

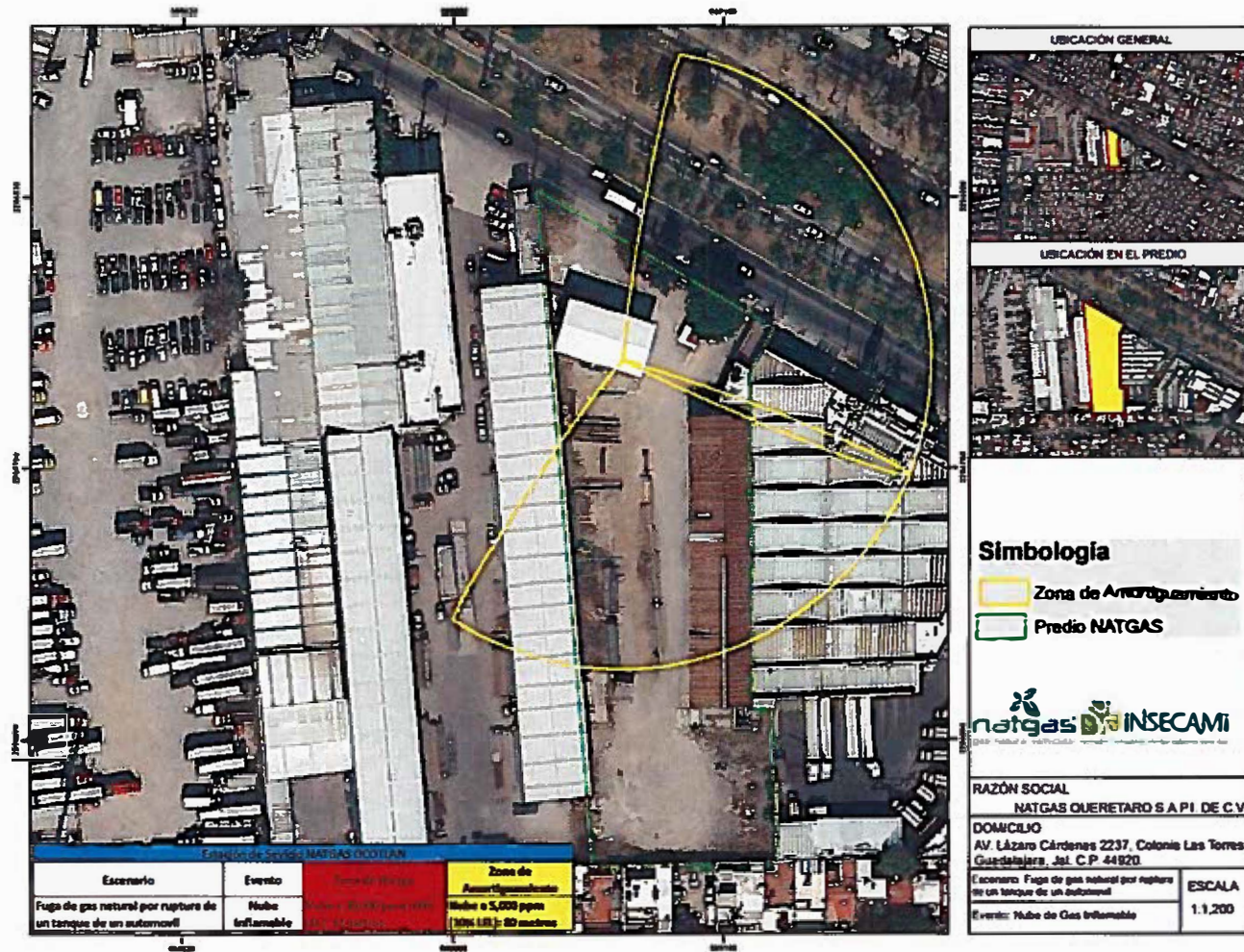


Figura 60. Radios Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Nube de Gas Inflamable (Escenario 5)

Para el caso sí ocurriera un incendio, de acuerdo a los resultados del programa, éste ocurriría en un tiempo muy breve (20 segundos). De acuerdo a los resultados, las zonas de riesgo y amortiguamiento ocuparían en forma conjunta un total de 10 metros, afectando exclusivamente áreas de la estación de servicio; esto toda vez que el volumen de gas fugado sería muy reducido y no tendría efectos adversos sobre el ambiente. La modelación resultante se presenta en la siguiente imagen:

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL
CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE SERVICIO
DE GAS NATURAL NATGAS OCOTLAN**

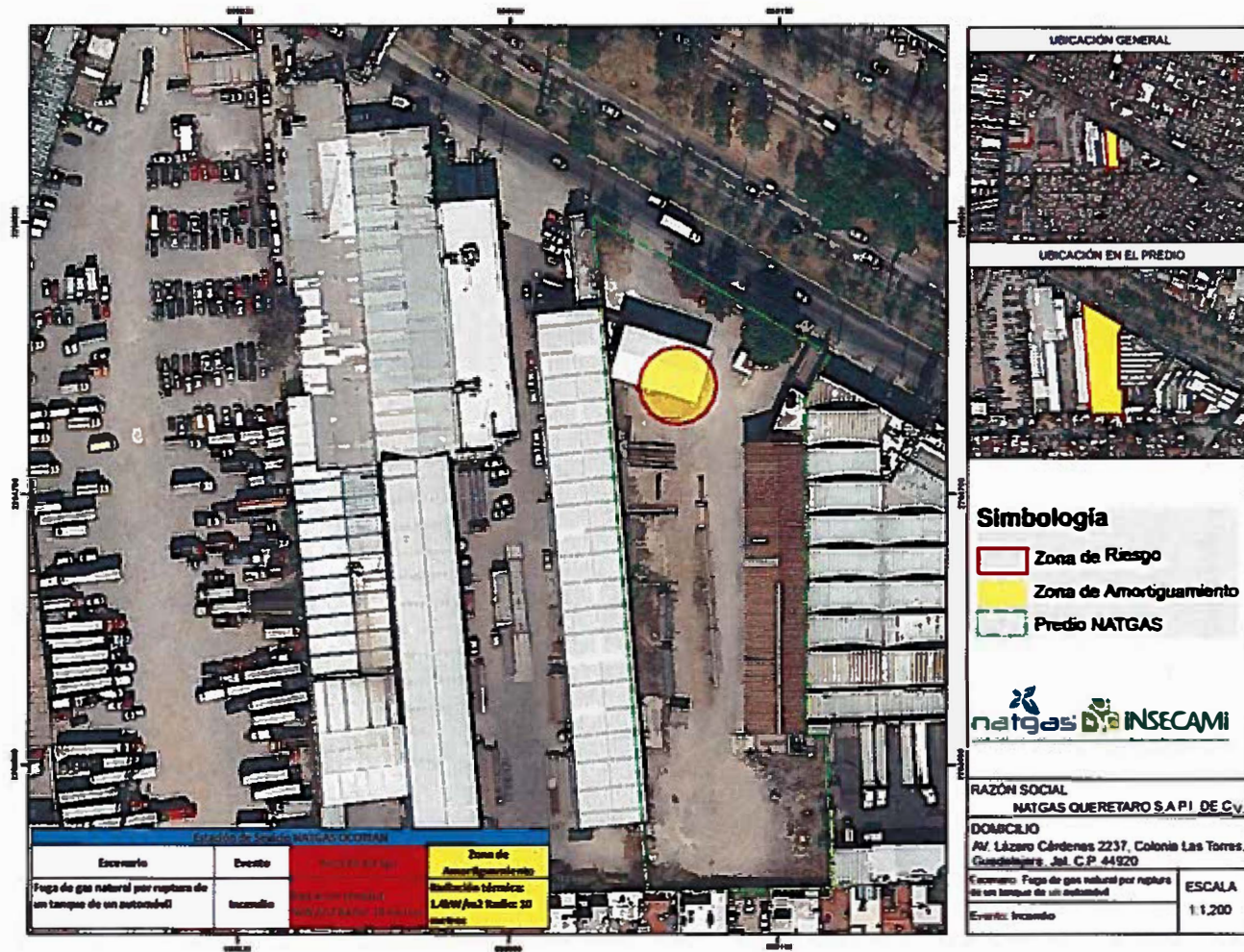


Figura 61. Radios de la Zona de Riesgo y de Amortiguamiento Incendio de Gas (Escenario 5)

Por último, en el caso de que ocurriera la explosión de la nube de gas, el radio de la zona de riesgo no se estableció puesto que el software de modelación ALOHA determinó que no se alcanza el parámetro de 1 PSI, pero para la zona de amortiguamiento se estableció un radio de 23 metros el cuál quedaría prácticamente limitado al predio de la estación de servicio como puede apreciarse en la siguiente imagen:

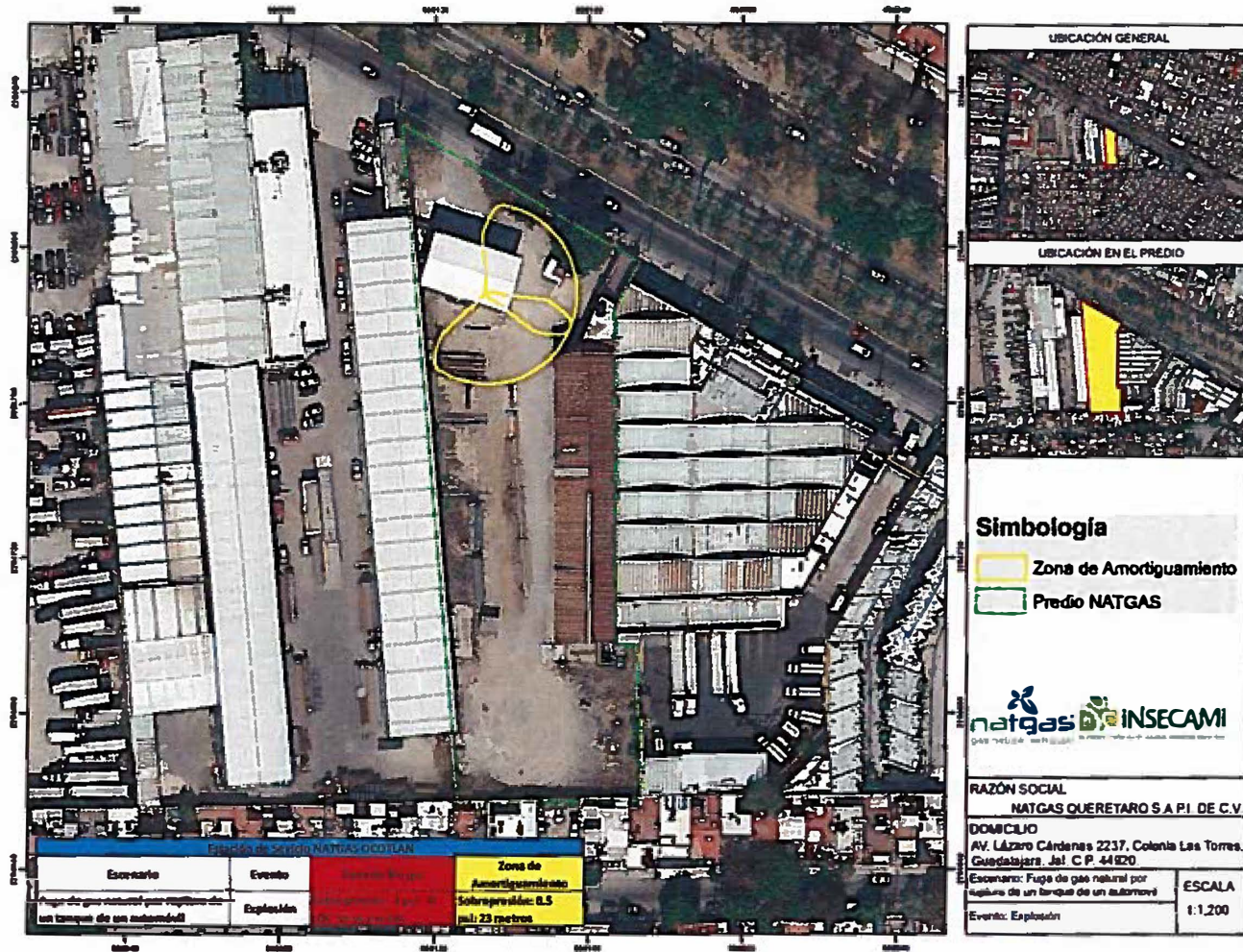


Figura 62. Radios de la Zona de Amortiguamiento Explosión de Nube de Gas (Escenario 5)

III.5. Efectos sobre el Sistema Ambiental.

Para llevar a cabo el análisis sobre los efectos en el sistema ambiental, se consideró el radio de afectación más grande de zona de riesgo correspondiente al Escenario 3. Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura total de tubería de salida, Evento 1, emisión de una nube de gas inflamable.

La infraestructura urbana que se encuentra dentro de este radio se considera de alta densidad caracterizada, por como ya se indicó en el presente estudio, por áreas prioritariamente comerciales, de servicio, habitacionales e industriales; en el radio de alcance del evento modelado, como ya se describió prevalecen las actividades comerciales y de servicios localizadas sobre la Calzada Lázaro Cárdenas considerando para este efecto el direccionamiento que tendría una fuga en caso de prevalecer el viento dominante en la zona (proveniente de WNW) , no obstante lo anterior, sí se presentará variaciones en dicha predominancia, la nube de gas fugado podría dirigirse hacia zonas de viviendas localizadas en las cercanías correspondientes a las Colonias Las Torres, caracterizada por usos de suelo habitacionales de tipo popular y medio en donde prevalecerían concentraciones de gas promedio de 5,000 ppm que no tienen efectos sobre la salud de las personas considerando el nivel de concentración así como las características fisicoquímicas del gas que lo hacen un agente no tóxico pero sí asfixiante simple al desplazar el oxígeno disponible. Esta condición no sería determinante en materia de riesgo ambiental precisamente por la alta volatilidad que tiene el gas el cuál se dispersaría rápidamente en función a su baja densidad, menor que la del aire por lo que los riesgos ambientales disminuirían en forma significativa.

De igual manera otros escenarios y eventos modelados quedarían en su mayor proporción acotados a los predios propios de la estación de servicio y hacia sus colindancias inmediatas, las cuales constan básicamente de edificios construidos de materiales resistentes a los impactos y al fuego, lo que proporcionaría una protección que contendría cualquier evento riesgoso por algún accidente o descuido en el manejo del combustible en el establecimiento en estudio.

Es por lo anterior que a efecto de eliminar los posibles actos que deriven en situaciones que promuevan desviaciones en la contención de gas natural en los diferentes equipamientos analizados el dar cumplimiento al diseño normado para este tipo de servicios y de igual manera implementar protocolos permanentes de vigilancia, supervisión y mantenimiento de todas las instalaciones, equipos, accesorios y servicios que sostendrían la operación segura del proyecto en estudio.

Como se mencionó en la sección II.3 del presente estudio, la hoja de seguridad indica que por ser un gas mucho más ligero que el aire, las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas; además de que presenta ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

Además, 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; asimismo el gas no se considera tóxico conforme a sus características químicas.

Las posibles afectaciones al medio ambiente por los eventos antes mencionados son descritas en las siguientes tablas considerando para tal efecto los más adversos estimados en los casos de que se generará una nube de gas inflamable, un incendio o una explosión del material combustible:

Tabla 57. Posibles afectaciones al ambiente por fuga de gas natural.

Medio	Posible afectación
Suelo	En caso de fuga gas natural no se presentaría riesgo de contaminación al suelo y subsuelo.
Aire	En caso de una fuga gas natural, por tratarse de un gas más ligero que el aire, éste se disiparía rápidamente en la atmósfera, pero no es un producto dañino al medio ambiente. Si se llegara presentar un incendio del mismo se formarían gases de combustión tales como monóxido y dióxido de carbono.

Tabla 57. Posibles afectaciones al ambiente por fuga de gas natural.

Medio	Posible afectación
Cuerpos de agua	No considera posible la afectación a cuerpos de agua, toda vez que el proyecto no se encuentra ubicado cerca de lagos o ríos, (El cuerpo de agua más cercano es el Ocotán, el cual se localiza al noreste del predio a una distancia aproximada de 6.5 kilómetros.)
Áreas naturales protegidas	No existen áreas naturales protegidas cercanas al área del proyecto, ya que esté se localiza dentro de la mancha urbana
Flora	No aplica ya que el gas natural no causa afectación a la flora; de igual manera el sitio del proyecto al encontrarse en una zona urbana, la vegetación nativa es prácticamente inexistente tal como ya se ha descrito con anterioridad.
Fauna	El principal efecto sería la asfixia simple, esto si los especímenes se localizaran en un área de poca ventilación y permanecieran en el lugar el tiempo suficiente antes de que el viento disipe la nube de gas.

Tabla 58. Posibles afectaciones al ambiente por explosión de gas natural.

Medio	Posible afectación
Suelo	Posible daño por erosión, aunque el suelo ya se encuentra afectado debido a que en gran proporción se encontrará pavimentado o con construcción
Aire	Debido a una explosión de gas natural, la afectación al aire estará más relacionada a la combustión del gas durante la misma.
Cuerpos de agua	No considera posible la afectación a cuerpos de agua, toda vez que el proyecto no se encuentra ubicado cerca de lagos o ríos, (El cuerpo de agua más cercano es el Ocotán, el cual se localiza al noreste del predio a una distancia aproximada de 6.5 kilómetros.)
Áreas naturales protegidas	No existen áreas naturales protegidas cercanas
Flora	No se espera que haya afectación importante debido a la onda expansiva de la explosión, ya que no se alcanzan sobrepresiones que puedan causar algún derrumbe de los árboles presentes en el límite este del predio.
Fauna	A las especies que se puedan encontrar dentro del radio de afectación sobre todo aves, pueden presentar afectaciones como golpe o aturdimiento debido a la sobrepresión causada durante la explosión.

Tabla 59. Posibles afectaciones al ambiente por incendio de gas natural.

Medio	Posible afectación
Suelo	Posible degradación del suelo por erosión, aunque el suelo ya se encuentra afectado por la pavimentación y las construcciones presentes.
Aire	Incremento en la concentración de contaminantes atmosféricos tales como CO ₂ y CO durante la duración del incendio.
Cuerpos de agua	No considera posible la afectación a cuerpos de agua, toda vez que el proyecto no se encuentra ubicado cerca de lagos o ríos, (El cuerpo de agua más cercano es el Ocotán, el cual se localiza al noreste del predio a una distancia aproximada de 6.5 kilómetros.)
Áreas naturales protegidas	No existen áreas naturales protegidas cercanas
Flora	Se puede presentar la afectación del pasto, algunas especies arbustivas y árboles presentes en el área, las cuales, dependiendo de la intensidad y duración del fuego será el grado de afectación.
Fauna	Sólo se espera que se presente afectaciones a especies de aves que sobrevuelan el área afectada, ya que no se tiene presencia de otras especies en el área del proyecto.

Tabla 60. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por nube inflamable

Nube de Gas Inflamable	
<p>Para determinar los límites de modelación se consideró utilizar en la zona de riesgo el 60% del LEL (límite inferior de explosividad) del metano, el cual es equivalente a 30,000 ppm, y para la zona de amortiguamiento el 10% del LEL equivalente a 5,000 ppm. Fuente: Indicaciones Modelo ALOHA.</p>	
Fuga de gas de tubería de línea de suministro (rotura total)	<p>Para este evento se observa que para la zona de riesgo estimada con el 60% del LEL del metano (30,000 ppm) se tendría un radio de afectación en la zona de riesgo de 99 metros mientras que para la zona de amortiguamiento con un 10% del LEL (5,000 ppm) serían de hasta 223 metros, dirigiéndose la pluma de emisión en dirección oriente del predio abarcando principalmente parte de la vialidad regional la Calzada Lázaro Cárdenas sin alcanzar alguna zona habitacional existente en las cercanías ni algún otro elemento urbano vulnerable. Una nube de gas inflamable no causa una afectación directa a la infraestructura urbana ni a la población, sin embargo es un riesgo potencial para generar una afectación a ésta si las condiciones se dieran para causar un incendio, lo cual se considera poco probable al no presentarse las condiciones requeridas para el que se suscite dicho evento dado el uso de suelo que tiene la citada vialidad.</p>

Tabla 60. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por nube inflamable

<p>Fuga de gas de tubería de línea de suministro (orificio del 20% del diámetro nominal)</p>	<p>De forma similar que el evento anterior, se estima que la zona de riesgo con el 60% del LEL del metano (30,000 ppm) se tendría un radio de afectación en la zona de riesgo de 70 metros mientras que para la zona de amortiguamiento con un 10% del LEL (5,000 ppm) serían de hasta 179 metros, dirigiéndose la pluma de emisión en dirección oriente del predio abarcando principalmente parte de la vialidad regional la Calzada Lázaro Cárdenas sin alcanzar alguna zona habitacional existente en las cercanías ni algún otro elemento urbano vulnerable. Una nube de gas inflamable no causa una afectación directa a la infraestructura urbana ni a la población, sin embargo es un riesgo potencial para generar una afectación a ésta si las condiciones se dieran para causar un incendio, lo cual se considera poco probable al no presentarse las condiciones requeridas para el que se suscite dicho evento dado el uso de suelo que tiene la citada vialidad.</p>
<p>Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura total de tubería de salida</p>	<p>La infraestructura urbana potencial a afectarse en caso que las condiciones propiciaran un incendio derivado de la presencia de la nube de gas inflamable sería para la zona de riesgo (298 metros) en dirección oriente, zona en la que se identifica parte de la Calzada Lázaro Cárdenas así como diversos establecimientos comerciales y de servicios localizados sobre la citada vialidad. De igual manera otro riesgo potencial es la afectación a los automóviles de pasaran por la vialidad contigua a la Estación, dicha afectación se daría solo si las condiciones propiciaran un incendio derivado de la nube de gas, generando fuego y humo que complicaría afectaría directamente a los automovilistas. La zona de amortiguamiento se extiende hasta una distancia de 684 metros, la cual se extiende sobre la citada calzada y la zona comercial sin afectar áreas habitacionales u otros elementos urbanos vulnerables al evento modelado.</p>
<p>Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura del 20% del diámetro de la tubería de salida</p>	<p>En forma similar al escenario anterior, la infraestructura urbana potencial a afectarse en caso que las condiciones propiciaran un incendio derivado de la presencia de la nube de gas inflamable serían para la zona de riesgo (67 metros) en dirección oriente, zona en la que se identifica parte de la Calzada Lázaro Cárdenas así como diversos establecimientos comerciales y de servicios localizados sobre la citada vialidad. De igual manera otro riesgo potencial es la afectación a los automóviles de pasaran por la vialidad contigua a la Estación, dicha afectación se daría solo si las condiciones propiciaran un incendio derivado de la nube de gas, generando fuego y humo que complicaría afectaría directamente a los automovilistas. La zona de amortiguamiento se extiende hasta una distancia de 684 metros, la cual se extiende sobre la citada calzada y la zona comercial sin afectar áreas habitacionales u otros elementos urbanos vulnerables al evento modelado.</p>
<p>Fuga de tanque</p>	<p>Para este evento se estima que la nube de gas natural emigraría a partir del sitio donde se presentará el percance con el automóvil en la zona de</p>

Tabla 60. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por nube inflamable

(automóvil en zona de despacho)	riesgo hasta los 32 metros mientras que para la zona de amortiguamiento se acotaría hasta los 80 metros abarcando principalmente a la propia estación de servicio, a la Calzada Lázaro Cárdenas y al Centro Estratégico de Mensajería marca DHL que ocupa el predio colindante al oriente del predio en estudio sin tener ningún efecto negativo sobre zonas habitacionales ni otros elementos urbanos o naturales vulnerables de la zona de estudio.
--	---

Tabla 61. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por incendio.

<p>Incendio (Radiación Térmica) El valor límite para la zona de riesgo se establece en 5 KW/m², ya que es el valor máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado con un tiempo máximo de 3 minutos; por otro lado, el valor para la zona de amortiguamiento se fijó en 1.4 KW/m², el cual es un valor soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado. Fuente: CASAL J., MONTIEL H., PLANAS E. y VILCHEZ J.A., Análisis del Riesgo en instalaciones Industriales; Ediciones UPC, 1999</p>	
Fuga de gas de tubería de línea de suministro (rotura total)	En caso de presentarse un incendio en la zona cercana al punto de suministro de gas natural por parte del proveedor, radio de la zona de riesgo se estima con un máximo de 16 metros, el cual alcanzaría parte de esquina del predio en estudio localizada en la colindancia noroeste del predio conjuntamente con la vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas así como una parte del establecimiento comercial inmediato correspondiente a un centro de venta de acero e insumos ferreteros, mientras que en la zona de amortiguamiento se limitaría hasta los 29 metros manteniéndose en los usos de suelo indicados para el área de riesgo; cabe hacer mención que en la colindancia con el establecimiento comercial se cuenta con la existencia de un muro que delimita dichos predios; dicho muro está construido con material incombustible y tiene una altura mayor a los 3 metros,. Por lo que se considera que en caso de presentarse el evento descrito, el muro funcionaría como una barrera de protección importante que evitaría que el fuego afectara dicho establecimiento. No se tendría ningún tipo de afectación a alguna zona habitacional o algún otro elemento vulnerable.
Fuga de gas de tubería de línea de suministro (orificio del 20% del diámetro nominal)	El evento es similar al anterior ya que los radios de afectación para la zona de alto riesgo son 7.2 metros y 13 metros para la zona de amortiguamiento los cuales alcanzarían parte de esquina del predio en estudio localizada en la colindancia noroeste del predio conjuntamente con la vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas así como una parte del establecimiento comercial inmediato correspondiente a un centro de venta de acero e insumos ferreteros; cabe hacer mención que en la colindancia con el establecimiento comercial se cuenta con la existencia de un muro que delimita dichos predios; dicho muro está construido con

Tabla 61. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por incendio.

	<p>material incombustible y tiene una altura mayor a los 3 metros,. Por lo que se considera que en caso de presentarse el evento descrito, el muro funcionaría como una barrera de protección importante que evitaría que el fuego afectara dicho establecimiento. No se tendría ningún tipo de afectación a alguna zona habitacional o algún otro elemento vulnerable.</p>
<p>Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura total de tubería de salida</p>	<p>Esta eventualidad abarca una zona de riesgo en un radio de 32 metros, lo cual abarca principalmente instalaciones de la Estación de Servicio así como parte del establecimiento colindante al poniente del predio en estudio; el radio de la zona de amortiguamiento se determinó en aproximadamente 60 metros el cual abarcaría a toda la estación de servicio y los establecimientos comerciales colindantes al oriente y poniente constituidos por un centro de venta de acero y ferretería así como un centro estratégico de mensajería marca DHL. Es importante mencionar que dichos establecimientos vecinos cuentan con un muro que delimita sus propiedades con una altura aproximada de 3 metros construido de material inflamable; en razón de lo anterior se considera que dichos muros proveerían una importante protección y barrera para evitar la propagación del incendio el cuál no afectaría a la infraestructura y personas que se encontrarán en el interior de los mismos en caso de que se presentará el evento de riesgo descrito. Con estos resultados no se tendría ningún tipo de afectación a alguna zona habitacional o algún otro elemento vulnerable localizado en las cercanías del predio del proyecto en estudio.</p>
<p>Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura del 20% del diámetro de la tubería de salida</p>	<p>Los resultados obtenidos de la modelación de este evento indican que los radios de afectación para la zona de alto riesgo serían hasta los 6.9 metros y de 13 metros para la zona de amortiguamiento los cuales alcanzarían parte la colindancia poniente del predio en donde se ubica una parte del establecimiento comercial inmediato al poniente correspondiente a un centro de venta de acero e insumos ferreteros; cabe hacer mención que en la colindancia con el establecimiento comercial se cuenta con la existencia de un muro que delimita dichos predios; dicho muro está construido con material incombustible y tiene una altura mayor a los 3 metros,. Por lo que se considera que en caso de presentarse el evento descrito, el muro funcionaría como una barrera de protección importante que evitaría que el fuego afectara dicho establecimiento. De igual manera no se tendría ningún tipo de afectación a alguna zona habitacional o algún otro elemento vulnerable</p>
<p>Fuga de tanque (automóvil en zona de despacho)</p>	<p>Tanto la zona de riesgo como la zona de amortiguamiento quedan dentro del mismo radio que corresponde a 10 metros. Esta distancia queda comprendida dentro de la Estación, por lo que la afectación sería interna con daños a las personas presentes en el momento del incidente.</p>

Tabla 62. Posibles afectaciones a asentamientos humanos por explosión

Evento	Posible afectación
<p>Explosión de nube de gas A valores de 1 psi la consecuencia es la demolición parcial de casas que quedan inhabitables, y a 0.5 psi es la destrucción de ventanas con daño en los marcos. Entre los efectos posibles a las personas que se encuentren dentro de estos radios está la aturdimiento, acufenos o daños auditivos.</p>	
<p>Fuga de gas de tubería de línea de suministro (rotura total)</p>	<p>El valor de sobrepresión de la zona de riesgo en este caso no se alcanza. Para la zona de amortiguamiento el área de posible afectación sería de aproximadamente 59 metros, cuya onda expansiva se direccionaría prioritariamente hacia el oriente del punto de emisión, abarcando parte de la vialidad de la Calzada Lázaro Cárdenas y terrenos que serían ocupados por la Estación de Servicio para el acceso a la misma por la citada Calzada, por lo cual dicha afectación quedaría prácticamente limitada al predio de la estación de servicio.</p>
<p>Fuga de gas de tubería de línea de suministro (orificio del 20% del diámetro nominal)</p>	<p>Igual que en el caso anterior, el valor de sobrepresión de la zona de riesgo no se alcanza, por lo que no se estableció un área para la misma. Para la zona de amortiguamiento el área de posible afectación es de 41 metros, el cual únicamente abarca las instalaciones de la Estación de servicio, por lo que el daño sería interno.</p>
<p>Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura total de tubería de salida</p>	<p>El valor de sobrepresión de la zona de riesgo no se alcanza, por lo que no se estableció un área para la misma; para la zona de amortiguamiento el área de afectación es de 172 metros, cuya onda expansiva se concentraría en dirección oriente hacia la misma Estación de Servicio y a 2 establecimientos comerciales y de servicios que incluye un centro estratégico de mensajería de la empresa DHL, un motel y un negocio dedicado al servicio de reparación de suspensiones, frenos y lubricación de vehículos automotores y venta de llantas nuevas, todos estos contruidos de materiales resistentes a los impactos y de baja ocupación por parte de la población. Asimismo no se tendrían afectaciones a zonas habitacionales u otras áreas vulnerables en el lugar de estudio.</p>
<p>Fuga de gas natural de la cascada pulmón por rotura del 20% del diámetro de la tubería de salida</p>	<p>Para este probable evento, el valor de sobrepresión de la zona de riesgo no se alcanza, por lo que no se estableció un área para la misma. Para la zona de amortiguamiento el área de posible afectación es de 39 metros, el cual únicamente abarca las instalaciones de la Estación de servicio, por lo que el daño sería interno.</p>
<p>Fuga de tanque (automóvil en zona de despacho)</p>	<p>El valor de sobrepresión de la zona de riesgo no se alcanza, por lo que no se estableció un área para la misma; para la zona de amortiguamiento el área de posible afectación es de 23 metros. En su mayoría el daño es al interno de la Estación ya que además se contará con una pared que evitaría se extendiera el impacto.</p>

III.6. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Materia Ambiental.

III.6.1. Recomendaciones Técnico-Operativas

A Derivado de la aplicación de las metodologías utilizadas para la identificación de riesgos ambientales (¿Qué pasa sí...?) llevado a cabo con el personal de la empresa NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I. de C.V., promovente del proyecto denominado ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL NATGAS OCOTLÁN, a continuación se enlistan por nodos las recomendaciones Técnico-Operativas generadas a efecto de minimizar, en forma complementaria con las salvaguardias o medidas que se establecerán con base en la **NOM-010-SECRE-2002**; Gas Natural Comprimido para Uso Automotor. Requisitos mínimos de seguridad para Estaciones de Servicio y las que, en particular la empresa ha decidido habilitar conforme a las bases de diseño y equipamiento del proyecto en estudio.

Estación de Regulación y Medición (ERM).

- Se habilitará una bitácora para registrar las variaciones del gas natural que llegue a la Estación de Servicio así como el mantenimiento practicado a la ERM.
- Se habilitará una bitácora para registrar el mantenimiento practicado a la ERM.
- Se contemplará y analizará incrementar la capacidad de vigilancia con más guardias de seguridad.

Área de compresores y cascada pulmón.

- Se brindará capacitación al personal para dar respuesta a cualquier eventualidad por las actividades de operación en el área de ubicación de dichos equipos que involucren fallas en los componentes así como por fugas de gas en su interior.
- Se llevarán a cabo un monitoreo permanente de las condiciones de operación con base en los instrumentos de medición tanto electrónicos como visuales que estarán habilitados en los mismos.
- Se implementarán acciones de revisión permanentes de todos los componentes e instalaciones del área de compresores.

- Se llevarán a cabo actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en forma permanente de todos los componentes del área de compresores.
- Para la realización de operaciones de mantenimiento en el área de compresores se emplearan herramientas manuales antichispas para evitar puntos de ignición o calientes.
- Implementar una bitácora de registro de mantenimiento.
- Llevar a cabo mantenimiento y calibración del sistema de alivio de presión de gas por parte de personal externo certificado
- Se llevará a cabo una supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo en forma permanente del sistema de enfriamiento por parte de la empresa.
- Se contará con un sistema de circuito cerrado de vigilancia
- Se contará con un compresor auxiliar para casos de emergencia.
- Se implementará una bitácora de registro de mantenimiento del compresor auxiliar.
- Llevar a cabo mantenimiento preventivo y correctivo del compresor auxiliar en forma permanente.
- Se contará con un programa permanente de revisión y mantenimiento de los sistemas de intercambio de calor en el área de compresores.
- Se capacitará al personal encargado de la operación de los compresores en protocolos de actuación en caso de fallas en el sistema de enfriamiento del área de compresores.
- Se llevará a cabo la revisión permanente del estado de la pintura anticorrosiva en todos los cilindros de la cascada pulmón.
- Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de los cilindros de la cascada pulmón.

- Se llevará a cabo la revisión permanente del estado que guarda el panel prioritario tanto de manera visual como a través de un sistema electrónico.
- Se brindará al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado del panel prioritario, cascada pulmón, válvulas y sistemas de venteo.
- Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento de la totalidad de las válvulas de seguridad del panel de control.
- Se llevará a cabo la revisión y mantenimiento preventivo y correctivo de dichas válvulas
- Se implementarán acciones de revisión permanentes para la detección y corrección oportuna de fallos en la cascada pulmón y compresores.

Área de Despacho de Combustibles y Canopy

- Colocar topes para reducir la velocidad de los vehículos que accedan en la estación de servicio en lugares adecuados y que sean viables con base en los lineamientos de construcción y diseño de la misma.
- Se brindará capacitación permanente al personal de la estación de servicio en el combate de incendios.
- Se implementará un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible.
- El personal brindará al cliente recomendaciones en cuanto a su próxima fecha de revisión o en su caso de anomalías detectadas el vehículo durante la carga de combustible a los vehículos.
- La empresa implementará procedimientos para asegurarse de la correcta aplicación del protocolo de carga de combustible.

- Se contará con un sistema de circuito cerrado de vigilancia
- Se implementarán acciones de revisión semanales de instalaciones.
- Capacitación permanente al personal de mantenimiento.
- Implementación de instrumentos automáticos de detección de concentraciones altas de gas en las líneas de suministro.
- Se habilitará en forma complementaria como parte de los accesorios del dispensario una válvula mecánica de seguridad con el objetivo de regular la presión sin sobrepasarla.
- Implementar acciones permanentes de revisión y mantenimiento de las instalaciones y accesorios de tipo eléctrico en el área de dispensarios.
- Se implementara una bitácora de registro de mantenimiento para el área de dispensarios.

Otras:

- Al término de la instalación de las líneas y equipos de la estación, realizar las pruebas de hermeticidad y no destructivas para verificar el buen acabado de ésta.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo en todos y cada uno de los elementos que conforman la estación de gas natural, mismo que asegure el correcto funcionamiento de este, así como reducir al mínimo la probabilidad de ocurrencia como la gravedad de un incidente. Incluir dentro del programa el mantenimiento de las trincheras donde se encuentran tramos de tubería enterrados.
- Realizar pruebas de funcionamiento en las válvulas de corte, elementos de regulación y válvulas de seguridad.
- Realizar monitoreos frecuentes a los equipos y líneas para verificar la no existencia de fugas
- Contar con personal capacitado y adiestrado para combatir las fugas de gas natural.

- Mantener los extintores en buen estado realizando el mantenimiento preventivo en tiempo y forma.
- Verificar periódicamente el estado de las tierras físicas de los equipos.
- Establecer la prohibición de fumar y generar fuego dentro de la estación de servicio.
- Elaborar y poner en práctica un programa de simulacros para asegurar que el tiempo de respuesta ante una emergencia sea acorde a lo planeado.
- Elaborar un Programa de Prevención de Accidentes para el establecimiento.

III.6.2. Sistemas de Seguridad.

Con el objetivo de minimizar los riesgos derivados del manejo de gas natural por lo elevados volúmenes y presiones a los que se sujeta en la estación de servicio de la empresa, serán implementados diversos dispositivos de seguridad tanto de naturaleza interna que incluyen los que forman parte de los equipos y sistemas propios de la estación (compresores, estación de regulación y medición, cascada pulmón, dispensarios) así como de naturaleza externa entre los que se encuentran los equipos y sistemas que previenen y controlan un evento susceptible de presentarse tal como una fuga de gas natural así como un incendio derivado del mismo o de naturaleza diferente (de tipo eléctrico, en las colindancias, u otro).

La estación de regulación y medición por tratarse de unidades modulares ya cuenta con sistemas de seguridad integrados, tales como válvulas de seguridad, corte o seccionamiento, reguladores de presión, así como detector de fugas, además que por tratarse de un equipo propiedad del distribuidor, donde la empresa distribuidora controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros, así como los mantenimientos al mismo.

Además cada equipo de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, para los surtidores se

tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas, a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentran instaladas. Dichos elementos se describen a continuación:

Válvulas de relevo de presión: Constan de dispositivos mecánicos que se accionan después de rebasar un nivel de presión establecido, permitiendo así la salida del gas a través del sistema de venteo hacia la atmósfera evitando su acumulación, así como los incrementos de presión descontrolados dentro de las tuberías. Cada componente en el área de compresores y cascada pulmón estará equipado con válvulas de seguridad y discos de ruptura con set dependiendo de la presión que pasa por cada proceso. Los cuales se activan cuando el gas que pasa por está a una presión mayor (La presión puede aumentar debido a un incremento de temperatura, el caso de un conato de incendio) liberando el gas hacia la atmosfera.

Se contará con una válvula de seguridad en cada banco de almacenamiento por rack, la cual activará a 1.2 veces la presión de trabajo. Estas válvulas son calibradas por personal certificado a la presión a la que deben operar. Y ser calibradas cada dos años.

Dichos dispositivos de relevo de presión estarán conectados a un canal de venteo dirigido al exterior y después en vertical hacia arriba a una altura no menor de 0.7 metros del punto más alto del área de compresores; dichos canales tendrán un arreglo tal que evitará la entrada de lluvia, objetos extraños y polvo para evitar su taponamiento.

Dichos dispositivos estarán habilitados en la ERM, los compresores, cascada pulmón y panel prioritario, dispensarios de gas natural.

Válvulas de corte: Dispositivos manuales que se cierran para evitar flujo de gas durante el mantenimiento de distintos equipos o instalaciones para trabajar de forma más segura; serán habilitados en diferentes áreas de la Estación de Servicio, principalmente en tuberías de suministro así como a la entrada y salida del gas en los equipos que lo manejarán.

Válvulas de desfogue: Dispositivos manuales, que se accionan para liberar el gas acumulado para liberar el gas acumulado en el recinto de compresión. Generalmente se accionan en procesos de mantenimiento.

Disco de ruptura: Estos dispositivos tienen como objetivo detener el flujo másico durante diferentes procesos a presiones no mayores de 110 bar. Después de esta presión las compuertas se abren por acción de la fuerza generada por el gas, evitando así los incrementos de presión.

Monitoreo de parámetros: Se contará con un equipo de monitoreo electrónico que permite consultar todas las variables de trabajo, como presiones, voltajes, gasto energético, temperaturas, etc. Todas estas variables tienen un rango predeterminado, por lo tanto, si una o más variables sale del rango establecido, se acciona una alarma que detiene el sistema.

Dispositivos de seguridad en dispensarios: Cada dispensario contará con dos mangueras de llenado y dos mangueras de venteo, una para cada cara. Medirá el flujo másico que pasa en dichas mangueras por medio de un sensor másico. Las mangueras contarán con dispositivos de seguridad para casos de desprendimiento, los cuales son válvulas Breakaway que no permiten escape de gas al desprenderse; así mismo las válvulas de llenado no permitirán el paso de gas a menos que ensamblen perfectamente con el pico de carga del vehículo.

Filtro a la entrada y salida de los compresores: En la estación de regulación y medición (patín de descompresión), se contará con un filtro coalescente el cual elimina los condensados que pudieran pasar previo a la compresión del gas y a la cascada pulmón, lo que evitará que no se acumule agua en dichos equipos evitando algún tipo de falla.

Sellos eléctricos a prueba de explosión: Los sellos eléctricos e instalaciones electricas en el área de compresores y en el patio de transvase serán a prueba de explosión a efecto de minimizar los riesgos de corto circuito y chispas que promuevan un incendio en las instalaciones.

Sistema de tierra de la estación: Para evitar cargas electrostáticas en el sistema de surtidores o dispensarios se contará con un sistema de aterrizaje a tierra física mediante cable de cobre desnudo; dicho sistema contará con la capacidad de conducir la carga electrostática tanto de un vehículo automotor como de los mismos dispensarios a tierra.

Sistema de venteo de gas: Se contará con un sistema de venteo que incluya a todos los componentes del área de compresores (patines de regulación, compresores, filtros) que permitan en forma automática mediante válvulas de solenoide canalizar a la atmósfera los excesos de presión de gas natural.

Existen botones de paro de emergencia, en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados, desenergizan totalmente los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga de secadores, compresores y panel de prioridades. Seguido de lo anterior la activación de una alarma sonora/luminosa indica una situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos.

En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-SECRE-2010 de conformidad con la siguiente descripción:

Paros automáticos: Accionador manual que al activarse, detiene en forma inmediata en funcionamiento de los equipos que operación en la estación de servicio, cerrando electroválvulas e inhabilitando motores. La estación de servicio contará con un total de 16 paros de emergencia ubicados estratégicamente en patio de transvase, área de compresores, cascada pulmón y panel prioritario, dispensarios o Canopy así como en oficinas y área de estacionamiento. En los equipos indicados estos paros automáticos serán los indicados para alta presión de descarga y por alta o baja presión de succión mientras que para compresores también incluirán paro automático por alta temperatura de descarga en la última etapa.

Al ser accionado cualquier paro de emergencia se apagan todos los motores, se cierran todas las válvulas de salida de gas natural y, se impide el despacho del mismo. Para restablecer la operación se tiene que desactivar el paro de emergencia activado y reiniciar operación en panel de control.

Detectores de mezclas explosivas: Dispositivo automático el cual detecta concentraciones de gas natural a partir del 2%. Al accionarse emitirá una alarma y apagará automáticamente todos los equipos de compresión y despacho de gas natural; en dicho equipo de seguridad pueden programarse los valores para generar alarma o paro a cierto porcentaje de mezcla.

En la Estación de Servicio se contará con 5 detectores de mezclas explosivas, cada uno situado estratégicamente sobre cada equipo de operación y almacenamiento de gas natural.

Accionadores de alarma audiovisual: Se contará con dispositivos manuales que arrojan una señal audiovisual de fácil reconocimiento que alertará de una situación de riesgo y activará los procedimientos de evaluación de las personas que se encuentren en la Estación de Servicio contemplando la habilitación de accionadores de alarma sonora y luminosa estratégicamente ubicados en la Estación de Servicio. Estas alarmas son sonoras y visibles, las cuales alertarán a empleados y clientes de que algo está sucediendo. Estos

accionadores operan con corriente eléctrica C.A. de 127 voltios, misma que se activará al accionar las botoneras de alarma.

En el área de oficinas se tendrán también detectores de humo.

Además cada surtidor se contará válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de la misma, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, como válvulas breakaway; y botones de paro de emergencia.

Como medio de atención a emergencias Se contará con un total de 21 extintores en la estación de servicio, los cuales están estratégicamente ubicados dependiendo de necesidades y posibles causas del conato de incendio dando cumplimiento a lo establecido por las **NOM-002-STPS-2010**, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. En la Tabla 20 del presente Estudio de Riesgo Ambiental de describe su ubicación, cantidad, tipo y capacidad.

III.6.3. Reporte de Resultados de Auditoría de Seguridad.

Toda vez que el proyecto no se encuentra en operación, no es aplicable la presentación de resultados de alguna Auditoría de Seguridad al no tener instalaciones físicas que evaluar.

III.6.4. Medidas Preventivas

Instalaciones Generales

- Se aplicará el procedimiento de limpieza general para las instalaciones. En general, se trata de evitar la existencia de basura.
- Todas las instalaciones de la estación de servicio estarán incluidas en un programa de mantenimiento preventivo en donde se realizan revisiones y realizan las reparaciones necesarias.
- Evitar la obstrucción (aunque sea temporal) de todas las salidas de emergencia o rutas de evacuación, así como de los lugares donde se ubiquen los extintores.

Prevención de incendios:

Las medidas preventivas y recomendaciones que se seguirán para evitar incendios tanto en las instalaciones del proyecto se listan a continuación.

- Se evitará la sobresaturación de contactos y centros de carga.
- Se tendrá estrictamente prohibido fumar dentro de las instalaciones de la estación.
- Se mantendrá el orden y limpieza en cada una de las áreas
- Se evitará el uso de instalaciones eléctricas en mal estado o de carácter provisional.
- Los equipos contra incendios serán revisados periódicamente, realizándose los mantenimientos necesarios.

En caso de presentarse una fuga de gas el personal tiene las siguientes indicaciones:

- La persona que detecte una fuga, dará aviso a personal de mantenimiento y a la brigada de emergencia, y eliminará cualquier posible fuente de ignición en el área.
- El personal capacitado acudirá al área de la fuga usando el equipo de protección personal requerido e intentará detenerla ya sea taponeando la tubería o cerrando una llave de paso anterior; al tiempo que realiza esto, el resto de la brigada estará al pendiente de cualquier posible fuente de riesgo y mantendrá al resto del personal alejado y ventilará el área.
- Si no se puede eliminar el riesgo, se deberá activar el plan de emergencia y evacuar al personal de las zonas de riesgo. Así mismo se notificará a las instalaciones aledañas dentro de la zona de riesgo para que tomen sus previsiones.
- Una vez controlada la fuga, el personal de mantenimiento procederá a realizar las reparaciones que sean necesarias para eliminar la fuente fuga.

Para el caso de un incendio, el personal actuará de la siguiente forma:

- La persona que detecte el fuego pequeño dará aviso a la brigada de emergencia, e intentará combatirlo usando un extintor sin correr riesgo. Si esto fue suficiente, verificará que el fuego haya sido controlado y que no exista el riesgo de que reinicie.
- Si el fuego no puede ser controlado con los medio de la empresa, el responsable de la estación activará el plan de emergencia y solicitará la presencia de unidades de apoyo externo dependiendo del grado del riesgo.
- Se deberá evacuar al personal no requerido de las áreas dentro de la zona de riesgo del incendio.
- Al término de la emergencia, se deberá realizar una evaluación de los daños, así como una investigación para determinar la causa del incidente.

Sismos y terremotos

El área donde se localiza el proyecto se encuentra en una zona de riesgo intermedio, por lo que la ocurrencia de un sismo no es muy probable, pero posible, por lo que en caso de presentarse uno, se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- Conservar la calma y permanecer en su lugar a menos que éste no ofrezca la seguridad necesaria, alejándose de objetos que puedan caer o desplazarse, así como de ventanas y espejos, y áreas calientes o energizadas.
- De ser posible, buscar refugio debajo de escritorios o mesas, manteniéndose con la cabeza sobre las rodillas y situarse debajo de los marcos de puertas o debajo de columnas.
- Si el área no ofrece seguridad, evacuar manteniendo la calma y utilizando las rutas de evacuación señalizadas.
- Posterior al sismo, se deberá realizar un recorrido por las instalaciones para detectar daños a las mismas, especialmente para detectar fugas de gas natural.

- Una vez que se haya verificado que se cumplan todas las condiciones de seguridad, se podrá indicar el regreso de los trabajadores a sus actividades.

Restricción de entrada

Por el tipo de instalación, no hay restricción para el acceso a la estación de servicio, sólo los equipos críticos se encontrarán protegidos en un recinto resguardado con malla metálica y con acceso restringido a personal autorizado.

En lo que se refiere a la estación de regulación y medición, ésta se localizará dentro de un cuarto de material de construcción y bajo llave.

Medidas de protección en general (instalaciones)

- Se contará con Procedimientos de seguridad para el manejo de gas natural, incluyendo las hojas de seguridad y procedimientos para atención de fugas y/o derrames.
- Se colocarán de señalamientos de seguridad: rombos de seguridad, extintores, rutas de evacuación, botiquín, salidas de emergencia, uso de equipo de protección personal, prohibición de fumar dentro de la planta, velocidad máxima de tránsito, etc.
- Disposición de residuos sólidos domésticos en bote de 200 litros con tapa y bolsa de plástico. Dichos residuos serán recogidos por un prestador de servicios autorizado.
- Limpieza de equipos e instalaciones.

Instalaciones de atención médica y equipo de primeros auxilios

- La estación no contará con servicio médico, pero se contará con botiquín de primeros auxilios en la oficina, el cual contarán con material de curación tales como vendas, gasas, tijeras, cinta adhesiva, algodón, antisépticos.

Otras medidas adicionales que habilitará la empresa para la operación de la Estación de Servicio se enlistan a continuación:

- Iluminación adecuada para la realización de maniobras, trabajos, operaciones y actividades en toda la estación de servicio.
- Se implementará vigilancia en la estación de servicio las 24 horas los 365 días del año para detectar y controlar eventos de riesgo indeseables de riesgo.
- Los componentes eléctricos que serán habilitados en el área de compresores, cascada pulmón y área de canopy (dispensarios) contarán con cajas anti explosión.
- Se llevarán previo a la puesta en operación de la Estación de Servicio pruebas hidrostáticas y neumáticas mismas que serán realizadas por una unidad de verificación acreditada ya sea por la Entidad Mexicana de Acreditación o la ASEA a efecto de corroborar que no existirán defectos en la instalación de todos los equipos, tuberías y accesorios requeridos para el adecuado funcionamiento del proyecto.
- Previo a la puesta en operación de las instalaciones, se llevarán pruebas de radiografiado en los componentes y uniones de los equipos a efecto de detectar en forma oportuna defectos en las instalaciones así como daños en la estabilidad estructural de los mismos.
- La selección de los equipos a instalar se realizaría considerando que su diseño evite desprendimiento de coples.
- Cada 2 años se llevará a cabo la calibración de los instrumentos de medición instalados en la Estación de Servicio por un laboratorio acreditado ante la EMA, A.C.
- Se contará con alarmas que informen en forma digital y visual incrementos anormales de temperatura en los equipos del área de compresores
- El módulo de ubicación de los dispensarios se construirá con un diseño en forma de "hueso" que favorece el desvío del vehículo hacia fuera del mismo en caso de choque por el impacto de las llantas del automóvil con su base.

- Los dispensarios serán montados y fijados con una estructura resistente a impactos tales como automóviles y otros posibles elementos.
- Se habilitarán protecciones metálicas en forma de U en los extremos de los módulos de ubicación de los dispensarios.
- Se elaborará un Programa Interno de Protección Civil (plan de contingencia) que incluya los procedimientos de actuación de actuación en caso de presentarse dicho evento
- Se contará con un protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cuál será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos de una carga inadecuada de gas natural. Dicho protocolo incluye precauciones para evitar cualquier tipo de riesgo por incendio.
- Previo a la puesta en operación del cuarto de control, se llevará a cabo una revisión de las instalaciones y sistemas eléctricos por parte de una unidad verificadora o peritaje para corroborar el adecuado funcionamiento de los mismos.
- Cada 5 años se llevará a cabo inspección a los cilindros de la casca pulmón por una instancia acreditada ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C., que verifique el estado de operación de los mismos.

PROGRAMAS DE CONTINGENCIAS.

Una vez que inicie operaciones la estación de servicio, contará con los siguientes planes y programas para la prevención y control de riesgos, peligros, contingencias y accidentes:

Tabla 63. Programas para la Prevención y Atención de Contingencias

Programa	Objetivo
Programa de Seguridad e Higiene	Reducir la probabilidad de una emergencia por fuga, incendio o explosión de gas natural estando la empresa comprometida con la prevención de accidentes y el cuidado de la salud como parte integral de las operaciones a realizar..

Tabla 63. Programas para la Prevención y Atención de Contingencias

Programa	Objetivo
	Es política de la empresa que todas las operaciones garanticen la integridad para todo el personal, el equipo, instalaciones, los procesos, la comunidad y el Medio Ambiente, asegurando el cumplimiento de los requerimientos legales aplicables.
Programa de Prevención de Accidentes	El cual tiene como objetivo describir en forma clara y detallada las medidas y acciones en materia de prevención de accidentes contra los riesgos que sean determinados en el Estudio de Riesgo Ambiental
Programa Interno de Protección Civil	Mitigar los riesgos identificados para la Estación de Servicio y definir las acciones preventivas y de respuesta efectivas que permitan atender la eventualidad de una emergencia o desastre; dicho Programa constará de un Plan Operativo y un Plan de Continuidad de Operaciones y
Programa de Capacitación	Fortalecer los conocimientos y capacidades del personal de la Estación de Servicio para la identificación, detección y atención oportuna y eficaz de riesgos, peligros, contingencias y accidentes en la estación de servicio

IV. RESUMEN.

IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental.

El uso de gas natural se considera una actividad riesgosa, sin embargo, es uno de los combustibles más seguros, amistosos al medio ambiente y económicamente viables.

La empresa NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I DE C.V., consciente de esto, está desarrollando el proyecto de construcción de la estación de servicio para el abastecimiento de gas natural vehicular, aplicando los métodos de ingeniería y normas aplicables en la materia.

El riesgo existente por la conducción y despacho de gas natural es evidente, mismo que es controlable. Dentro de este aspecto, se ha establecido una serie de controles para maximizar los niveles de seguridad en la operación de la estación de servicio, desde la estación de regulación y medición, hasta los dispensarios.

De acuerdo a los resultados analizados en el presente estudio, existe probabilidad de que suceda un escenario de riesgo, más sin embargo la probabilidad de que se presente algún evento con consecuencias ambientales importantes, es baja actualmente. Considerando las condiciones de operación, diseño y construcción de las instalaciones, no se podrán descartar la falla del factor humano, por lo que la empresa dentro de sus políticas y filosofía de operación así como por la experiencia, deberá seguir estrictos programas de capacitación al personal, tanto en la operación de las instalaciones como en las medidas de seguridad aplicables.

La afectación al medio ambiente derivada de la operación de la estación de servicio es irrelevante durante la operación normal y en la ocurrencia de un evento que involucre un escape de gas y su subsecuente incendio y/o explosión se limitan a la generación de gases de combustión y afectación a la vegetación de ornato de la estación y en las vialidades colindantes.

Cabe señalar que los eventos simulados están estimados para ciertas condiciones específicas, tales como condiciones atmosféricas muy estables, o, en el caso de las fugas, un tamaño de la apertura de tubería, las cuales pueden cambiar y modificar la posible área de

riesgo; además, muchos estos están sobreestimados, por lo que los resultados no se deben considerar como valores constantes sino como una guía para darse cuenta el nivel de afectación que se podrá tener en caso de que estos eventos sucedan y para implementar medidas de prevención.

EN GENERAL, SE CONCLUYE QUE LOS POSIBLES RIESGOS DE LA OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR SE ENCUENTRAN BAJO CONTROL SI LA EMPRESA MANTIENE UN ADECUADO MANTENIMIENTO A LAS INSTALACIONES Y A SUS EQUIPOS CONTRA INCENDIOS, Y MANTIENE A SU PERSONAL CAPACITADO, YA SEA PARA PREVENIR RIESGOS O PARA COMBATIRLOS, POR LO QUE EXISTE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR PROMOVIDO POR LA EMPRESA NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I DE C.V.

IV.2. Resumen de la situación general del proyecto en materia de Riesgo Ambiental.

De manera general, de acuerdo con el análisis realizado al proyecto de la estación de servicio se concluye que los riesgos probables tienen probabilidad de ocurrencia muy baja debido a que la empresa NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I DE C.V., establecerá un Programa de Mantenimiento preventivo exhaustivo en todas las instalaciones, especialmente en el sistema de gas natural, realizándosele los mantenimientos necesarios por medio de personal experto externo. Además, de que se contará con equipos de detección de fugas, extintores y se establecerá una brigada interna capacitada para enfrentar este tipo de emergencias.

La principal área o instalación que se considera tendrá una mayor afectación en caso de suceder cualquiera de los eventos son las áreas habitacionales que se encuentran dentro de los radios de riesgo y amortiguamiento del evento de fuga de todos los escenarios, además de que se encuentra en la dirección del viento promedio utilizado en las simulaciones; por lo que se deberá notificar siempre que ocurra un evento de fuga para evitar posibles fuentes de ignición y un evento de explosión o incendio.

IV.3. Informe Técnico

En el Anexo V.2., del presente Estudio de Riesgo Ambiental se incluye el Informe Técnico correspondiente.

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

Formatos de Presentación

De acuerdo al trámite SEMARNAT-04-002B, Recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Particular; Modalidad B: Incluye Actividad Altamente Riesgosa, se debe incluir el estudio de riesgo ambiental, para el cual, por tratarse de proyecto nuevo nuevos que no se encuentren en operación se utilizó la Guía para la presentación del Estudio de Riesgo modalidad Análisis de Riesgo.

V.1. Resumen Ejecutivo.

V.2. Informe Técnico.

V.3. Croquis de localización.

V.4. Anexo Fotográfico.

V.5. Estudios Técnicos.

- Memoria de Cálculo de Kilogramos de Gas Natural contenidos en la Estación de Servicio.
- Hoja de Seguridad del Gas Natural

V.6. Resultados y gráficos de simulación de eventos.

V.7. Planos de radios de afectación.

VI. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

Actividad peligrosa: Conjunto de tareas derivadas de los procesos de trabajo que generan condiciones inseguras y sobreexposición a los agentes químicos capaces de provocar daños a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.

Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

Cambio de uso de suelo: Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos llevada a cabo por el hombre a través de la remoción parcial o total de la vegetación.

Daño Ambiental: Aquel que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

Daño a los ecosistemas: Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un equilibrio ecológico.

Daño grave al ecosistema: Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesivas del ecosistema.

Desequilibrio Ecológico Grave: Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

Manifestación de Impacto Ambiental: La LGEEPA la define como "...el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo".

Medidas de compensación: Conjunto de las acciones que tienen como fin compensar el deterioro ambiental ocasionado por los impactos ambientales asociados al proyecto, ayudando así a restablecer las condiciones ambientales que existían antes de la realización de las actividades del proyecto.

Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compasar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se cause con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Sistema ambiental: Es la interacción entre el ecosistema (componentes bióticos y abióticos) y el subsistema económico (incluido los aspectos culturales) de la región donde se pretende realizar el proyecto.

VII. REFERENCIAS.

- ALOHA, Manual para Usuarios En Españos, 1998, U.S. Environmental Protection Agency.
- Atallah, S. Assessing and Managing Industrial Risk. Chemical Engineering. Sep 8, 1980.
- Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)
- CASAL J., MONTIEL H., PLANAS E. y VILCHEZ J.A., Análisis del Riesgo en instalaciones industriales; Ediciones UPC, 1999.
- Catálogo de sismos del Sistema Sismológico Nacional <http://www2.ssn.unam.mx/>
- CDC - NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards - L.P.G., www.cdc.gov
- García M.E., 1988 Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Editorial Larrios S.A. México D.F.
- Guadalajara Gobierno Municipal, 2012, Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara 2011,
- INEGI. (2013). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, México.
- INEGI. (2014). Carta Fisiográfica 1:250,000, México.
- INEGI. (2014). Carta Geológica 1:250,000, Serie I. México.
- INEGI. (2014). Carta Topográfica 1:250,000, Serie II. México.
- INEGI. (2014). Marco Geoestadístico Estatal, México.
- Manual de evaluación cualitativa y cuantitativa de riesgos. Ingeniería del Medio Ambiente, S.A. de C.V. México, D.F. 1995.
- **NORMAS OFICIALES MEXICANAS.**
- ✓ **NOM-010-SECRE-2002; Gas Natural Comprimido para Uso Automotor. Requisitos mínimos de seguridad para Estaciones de Servicio.**

- ✓ **NOM-002-SEMARNAT-1996**; Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- ✓ **NOM-045-SEMARNAT-2006**, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
- ✓ **NOM-052-SEMARNAT-1993**, Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- ✓ **NOM-081-SEMARNAT-1994**, Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
- ✓ **NOM-161-SEMARNAT-2011**, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.
- ROMANO, A., PICCININI, N., y G.C. BELLO, Evaluación de las consecuencias de incendios, explosiones y escapes de sustancias tóxicas en plantas industriales. Vol. 17, nº 200, Noviembre 1985
- Santamaría Ramiro, J.M; Braña Aísa, P.A. Análisis y reducción de riesgos en la industria química. Fundación MAPFRE, 1993
- SEMARNAT, Primer y Segundo Listado de Actividades altamente riesgosas
- Sistema Meteorológico Nacional, CONAGUA, smn.conagua.gob.mx

Ligas de internet consultadas:

- <http://archivo.unionjalisco.mx/articulo/2014/04/19/seguridad/guadalajara/los-5-temblores-mas-fuertes-de-jalisco-en-10-anos> (consulta realizada el 12 de julio de 2017)
- <http://archivo.unionjalisco.mx/articulo/2016/05/12/medio-ambiente/los-sismos-que-han-sacudido-guadalajara> (consulta realizada el 12 de julio de 2017)
- <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GASESREALES.PROBLEMASRESUELTO.S.18017.pdf> (consulta realizada el 16 de julio de 2017)

- <http://javiermedinaloera.com/reportajesyentrevistas/?p=42> (consulta realizada el 12 de julio de 2017)
- <http://mapa.guadalajara.gob.mx/> (consulta realizada el 7 de julio de 2017)
- <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=jal> (consulta realizada el 7 de julio de 2017)
- <http://traficozmg.com/2016/12/presentan-balance-servicios-publicos-guadalajara/> (consulta realizada el 17 de julio de 2017)
- <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/> (consulta realizada el 7 de julio de 2017)
- <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/inv/> (consulta realizada el 7 de julio de 2017)
- <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (consulta realizada el 7 de julio de 2017)
- <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml? xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc.html.xsl& indent=no> (consulta realizada el 7 de julio de 2017)
- <http://www.grupocaabsa.com/ecologia.php> (consulta realizada el 17 de julio de 2017)
- <http://www.lapolilla.com.mx/2015/10/29/fuga-de-gas-natural-en-tlapancalco-tlaxcala-desato-fuerte-movilizacion/> (consulta realizada el 17 de julio de 2017)
- <http://www.udg.mx/es/noticia/zmg-siempre-se-encuentra-en-riesgo-de-un-sismo> (consulta realizada el 12 de julio de 2017)
- <https://es.earthquaketrack.com/mx-14-guadalajara/biggest> (consulta realizada el 12 de julio de 2017)
- <https://guadalajara.gob.mx> (consulta realizada el 3 de julio de 2017)