

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**

**“TERMINAL DE CARGA DE GAS NATURAL COMPRIMIDO Y ESTACIÓN DE SERVICIO  
VALLARTA”**

**PROPIEDAD DE**

**“Comercializadora GS3 S. de R. L. de C. V.”**

**UBICADA EN:**

**Av. Vallarta No. 927 Esquina Av. Aviación Colonia San Juan  
de Ocotlán. C.P. 45019, Zapopan Jalisco.**



## CONTENIDO

<b>GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
<b>I. ESCENARIOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO</b>	<b>2</b>
<b>I.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>2</b>
I.1.1. Infraestructura	2
I.1.2. Ubicación geográfica del Proyecto	3
I.1.2.1. Domicilio	3
I.1.2.2. Localidad en la que se ubicará el Proyecto	3
I.1.2.3. Mapa de localización del proyecto	3
I.1.2.4. Coordenadas geográficas del proyecto	4
I.1.2.5. Colindancias del Proyecto	5
I.1.2.6. Dimensiones del proyecto	6
I.1.2.7. Vías de acceso	7
<b>I.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>	<b>8</b>
I.2.1. Descripción de la obra civil	8
I.2.2. Descripción de la obra mecánica	8
I.2.3. Descripción de la obra eléctrica	14
I.2.4. Descripción detallada del proceso	14
I.2.4.1. Equipos de Proceso	18
I.2.4.1.1. Compresor de Gas Natural	19
I.2.4.1.2. By pass panel	22
I.2.4.1.3. Panel de Prioridades	22
I.2.4.1.4. 3.5. Dispensarios	23
I.2.4.1.5. Cascadas de Almacenamiento	25
I.2.4.1.6. Tuberías	26
I.2.5. Protocolo de carga	27
I.2.6. Sustancias manejadas en el proceso	29
<b>I.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO</b>	<b>31</b>
I.3.1. Clima	31
I.3.2. Temperatura media mensual	33
I.3.3. Precipitación normal	33
I.3.4. Fenómenos hidrometeorológicos	35
I.3.5. Dirección y velocidad del viento promedio.	36
I.3.6. Geología y geomorfología	37

I.3.7. Suelos.	42
I.3.8. Hidrología superficial y subterránea	46
I.3.9. Vegetación terrestre	50
I.3.10. Fauna	52
<b>I.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS</b>	<b>54</b>
I.4.1. Histórico de accidentes e incidentes en instalaciones similares	54
I.4.2. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo	59
I.4.2.1. Justificación técnica de la metodología de riesgos empleada	59
I.4.2.2. Selección de técnica de identificación de riesgos	61
I.4.2.2.1. Metodología ¿Qué pasa sí?	61
I.4.3. Desarrollo y resultados de la o las metodologías de riesgos	64
I.4.4. Evaluación y jerarquización de escenarios de riesgo	65
I.4.4.1. Matriz de jerarquización de riesgos	65
I.4.4.2. Identificación de escenarios más probables y peor caso	67
I.4.4.2.1. Potenciales escenarios de riesgos identificados.	68
<b>II. DETERMINACIÓN DE RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN</b>	<b>70</b>
<b>II.1. POTENCIALES ESCENARIOS DE RIESGOS IDENTIFICADOS Y SUS EFECTOS<sup>71</sup></b>	
II.1.1. Radiación térmica	71
II.1.1.1. Flash fire (Flamazo)	71
II.1.1.2. Jet fire (Incendio de antorcha o chorro de fuego)	72
II.1.1.3. Fireball (Bola de Fuego)	72
II.1.2. Sobrepresión	73
II.1.2.1. Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE).	73
II.1.2.2. BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosión (explosión del vapor en expansión de un líquido hirviendo))	74
1. Líquido sobrecalentado y bajo presión.	74
2. Súbita baja de presión.	75
3. Nucleación espontánea.	75
<b>II.2. ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS</b>	<b>76</b>
II.2.1. Criterios para determinar la duración de una fuga	76
II.2.2. Criterios de tiempos de duración de las fugas	76
II.2.3. Determinación de los orificios equivalentes de fuga	77
II.2.4. Condiciones atmosféricas	78
▪ Estabilidad Atmosférica	78
II.2.5. Zonas de afectación por los modelos a emplear.	79
● Nube de gas:	79

• Radiación térmica (Incendio):	79
• Sobrepresión (Explosión):	80
II.2.6. Resultados de la modelación de eventos	80
II.2.6.1. Método de radiación térmica	80
II.2.6.2. Método de nubes explosivas.	89
<b>III. INTERACCIONES DE RIESGOS AL INTERIOR Y AL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN</b>	<b>96</b>
III.1. Sitios de interés cercanos al proyecto TC Vallarta	96
III.2. Análisis de interacciones de riesgo	101
III.3. Efectos sobre el sistema ambiental	105
<b>IV. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO</b>	<b>105</b>
IV.1. Sistemas de seguridad	105
IV.1.1. Sistema contra incendio	105
IV.2. Medidas Preventivas	105
• Señales, señalización de seguridad e higiene y rotulaciones.	105
<b>V. RECOMENDACIONES DERIVADAS DEL ANÁLISIS DE RIESGO</b>	<b>107</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>

<b>Anexo A</b>	<b>Documentos legales</b>
	<b>A.1 Empresa</b>
	<b>A.2. Responsable de elaboración del Estudio de Riesgo</b>
<b>Anexo B</b>	<b>Planos y Memoria Descriptiva</b>
<b>Anexo C</b>	<b>Sesiones de identificación de peligros</b>
<b>Anexo D</b>	<b>Simulación de consecuencias</b>
<b>Anexo E</b>	<b>Radios de afectación</b>

### ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Localidad en la que se ubicará el proyecto.....	3
Tabla 2. Equipos de la TC Vallarta ( 1er. etapa).....	18
Tabla 3. Resumen de tuberías para la TC Vallarta.....	27
Tabla 4. Identidad Química del Gas Natural.....	29
Tabla 5. Identificación de Peligros.....	29
Tabla 6. Clasificación de riesgo de la NFPA Gas natural.....	30
Tabla 7. Propiedades del Gas natural.....	31
Tabla 8. Clima del Área de Estudio y Proyecto.....	32
Tabla 9. Datos de la estación meteorológica .....	32
Tabla 10. Temperatura media y máxima.....	33
Tabla 11. Precipitación normal y máxima .....	34
Tabla 12. Valores de Lluvias media mensual.....	35
Tabla 13. Valores de Neblina media mensual .....	35
Tabla 14. Valores de Granizada media mensual .....	35
Tabla 15. Valores de Tormenta Eléctrica.....	35
Tabla 16. Valores Dirección y porcentaje de los vientos.....	36
Tabla 17. Fauna vista durante la visita a campo .....	53
Tabla 18. Detalle de accidente en una estación de llenado de contenedores.....	55
Tabla 19. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural.....	56
Tabla 20. Identificación de riesgos asociados a sustancias y materiales peligrosos.....	59
Tabla 21. Identificación de riesgos asociados al proceso.....	59
Tabla 22. Identificación de riesgos por manejo de sustancias peligrosas.....	60
Tabla 23. Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa del Proyecto .....	61
Tabla 24. Criterios de índice de frecuencia .....	65
Tabla 25. Criterios para asignar los índices de severidad.....	66
Tabla 26. Categoría de Riesgo y descripción de la peligrosidad.....	67
Tabla 27. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para el Proyecto .....	69
Tabla 28. Efectos de la Radiación Térmica de acuerdo a la intensidad de energía .....	72
Tabla 29. Vulnerabilidad de Materiales .....	73
Tabla 30. Efectos derivados de la sobrepresión.....	73
Tabla 31. Criterios para Asignar Tiempos de Duración de las Fugas.....	77
Tabla 32. Criterios para utilizar el diámetro equivalente de fuga.....	77
Tabla 33. Estabilidad atmosférica .....	79

Tabla 34. Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño / masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima). Más probable menos catastrófico. ....	80
Tabla 35. Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m.). Más probable menos catastrófico. ....	85
Tabla 36. Escenario 3 Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.....	87
Tabla 37. Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Menos probable, más catastrófico.....	89
Tabla 38. Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m3 [377.37 kg]). Peor caso.....	92
Tabla 39. Resumen de Radios de afectación de escenarios simulados para la “TC Vallarta” .....	94
Tabla 40. Sitios de interés y grado de vulnerabilidad entorno a la “TC Vallarta” .....	97
Tabla 41. Matriz de interacciones entre los escenarios de riesgo y los puntos de interés identificados con respecto de los escenarios de riesgo identificados para la “TC Vallarta” .....	102
Tabla 42. Sistemas, equipos, accesorios de seguridad de los Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias de la “TC Vallarta” .....	106
Tabla 43. Recomendaciones de la aplicación de metodologías de riesgos para la “TC Vallarta” .....	107

### ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto “TC Vallarta” .....	3
Figura 2. Colindancias de la “TC Vallarta” .....	5
Figura 3. Layout de la “TC Vallarta” .....	6
Figura 4. Instalación mecánica Baja Presión para la “TC Vallarta” .....	10
Figura 5. Instalación mecánica Isométrico Baja Presión para la “TC Vallarta” .....	11
Figura 6. Instalación mecánica Alta Presión para la “TC Vallarta” .....	12
Figura 7. Instalación mecánica Isométrico Alta Presión para la “TC Vallarta” .....	13
Figura 8. Diagrama de Proceso de la “TC Vallarta” .....	16
Figura 9. Diagrama de Tubería e Instrumentación de la TC Vallarta.....	17
Figura 10. Compresor de Gas Natural Graf .....	19
Figura 11. Panel de Prioridades.....	23
Figura 12. Dispensario .....	24
Figura 13. Cascada de almacenamiento.....	25
Figura 14. Pictogramas de identificación de peligros.....	29
Figura 15. Mapa de la estación climática .....	33
Figura 16. Climograma datos de Temperatura y Precipitación media mensual .....	34
Figura 17. Mapa de unidades geológicas. Carta 1:250,0000 INEGI.....	39
Figura 18. Mapa de Topoformas de la Zona de Influencia.....	41
Figura 19. Perfil Estratigráfico de la Carta Geológica Minera .....	42
Figura 20. Mapa de Edafología del sistema ambiental .....	45
Figura 21. Regiones Hidrológicas del Estado de Jalisco .....	46
Figura 22. Ubicación de la cuenca R. Santiago-Guadalajara en el estado de Jalisco .....	48
Figura 23. Subcuenca R. Verde – P. Santa Rosa (c), en la cuenca R. Santiago – Guadalajara .....	48
Figura 24. Mapa de Hidrología Superficial. ....	49
Figura 25. Mapa de hidrología subterránea.....	50
Figura 26. Uso de suelo del Área del Proyecto.....	51
Figura 27. Herbáceas presentes en el predio.....	52
Figura 28. Diagrama de flujo para aplicación de Metodología ¿Qué pasa sí? .....	63
Figura 29. Subsistemas analizados con la Metodología ¿Qué pasa sí?.....	64
Figura 30. Matriz de riesgos .....	66

Figura 31. Distribución de escenarios de riesgos ¿Qué pasa sí...?	67
Figura 32. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño). Más probable menos catastrófico.	81
Figura 33. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima). Más probable menos catastrófico.	82
Figura 34. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño). Más probable menos catastrófico.	83
Figura 35. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima). Más probable menos catastrófico.	84
Figura 36. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m). Más probable, menos catastrófico.	85
Figura 37. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m). Más probable, menos catastrófico.	86
Figura 38. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 3 Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.	87
Figura 39. Radios de Afectación para el Escenario 3 Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.	88
Figura 40. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Menos probable, más catastrófico.	90
Figura 41. Radios de Afectación para el Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Menos probable, más catastrófico.	91
Figura 42. Gráfica de Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías	92
Figura 43. Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías	93
Figura 44. Radio entorno a 500 m de la “TC Vallarta”	97



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
“Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)”

## GENERALIDADES

El Estudio de Riesgo en su Modalidad Análisis de Riesgo para actividades del Sector Hidrocarburos del Proyecto “Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y Estación de Servicio Vallarta”, en adelante mencionado como “TC VALLARTA”, ubicado en la Av. Vallarta No. 927 Esquina Av. Aviación Colonia San Juan de Ocotlán. C.P. 45019, Zapopan Jalisco, promovido por la empresa “Comercializadora GS3 S. de R. L. de C. V.”

La Ley General del Equilibrio Ecológico señala que se considera una actividad altamente riesgosa cuando maneja cantidades iguales o superiores de una o más sustancias señaladas en el Primer y/o Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992 respectivamente. En el caso de que la misma sustancia se encuentre indicada en ambos Listados, se considerará la cantidad menor.

En el Proyecto “TC VALLARTA” la sustancia a manejar es: Gas Natural Vehicular. El manejo y distribución de gas natural se considera una actividad de alto riesgo, de acuerdo con lo señalado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Diario Oficial de la Federación del 4 de mayo de 1992), cuya cantidad de reporte es de 500 kilogramos.

Por lo anteriormente expuesto y con fundamento en el Artículo 18 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, se presentan el presente Estudio de Riesgo Ambiental incluyendo:

- I. Escenarios y medidas preventivas resultantes del análisis de los riesgos ambientales relacionados con el proyecto;
- II. Descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones, en su caso, y
- III. Señalamiento de las medidas de seguridad en materia ambiental.

Asimismo, se toma en consideración y de manera orientativa la actualización de la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos publicada en la página de la Agencia Nacional de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA) el 13 de agosto de 2020.



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
“Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)”

## I. ESCENARIOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

### I.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto “**TC VALLARTA**” suministrará Gas Natural Comprimido a través de cuatro (4) compresores (impulsados con motor eléctrico), dos (2) cascadas de almacenamiento, seis (6) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga de cada uno, uno (1) postes de llenado y como equipos complementarios dos (2) panel de prioridades y un (1) By pass panel, en una superficie de 3,154.76 m<sup>2</sup>, propiedad de la empresa Comercializadora GS3 S. de R. L. de C. V., para la distribución de Gas Natural Vehicular en general de la ciudad de Zapopan, Jalisco.

El Proyecto contará con la infraestructura necesaria para la red pluvial, sanitaria, energía eléctrica y agua potable.

#### I.1.1. Infraestructura

El proyecto “**TC Vallarta**” en su primera etapa se considera la instalación de un (1) compresor, una (1) cascada de almacenamiento, cuatro (4) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga cada uno, un (1) panel de prioridades, un (1) poste de llenado y un (1) By pass panel.

En su segunda etapa se considera la instalación adicional del siguiente equipamiento de un (1) compresor, una (1) cascada de almacenamiento, dos (2) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga cada uno, y como equipos complementarios un (1) panel de prioridades.

El gas entregado al Permisionario por Tractebel DGJ S.A. de C.V., a la Estación de Regulación y Medición (ERM) a través de un gasoducto, propiedad de dicha empresa; donde a través de un medidor inicia la transferencia de custodia por parte de la empresa distribuidora. Aquí es donde se controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo y poder calorífico, temperatura, entre otros.

La ERM regulará y medirá el gas natural que entregará a la “**TC Vallarta**”, es decir, a la salida de la ERM en donde el gas debe mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o la temperatura dará inicio el sistema de la “**TC Vallarta**”.

**I.1.2. Ubicación geográfica del Proyecto**

**I.1.2.1. Domicilio**

El Proyecto se ubicará en Avenida Vallarta No. 928 Esquina Avenida Aviación Col. San Juan de Ocotlán, C.P. 45019-CR, Zapopan, Jalisco. Con coordenada geográfica central 20°42'08.96"N y 103° 27'41.84"O.

**I.1.2.2. Localidad en la que se ubicará el Proyecto**

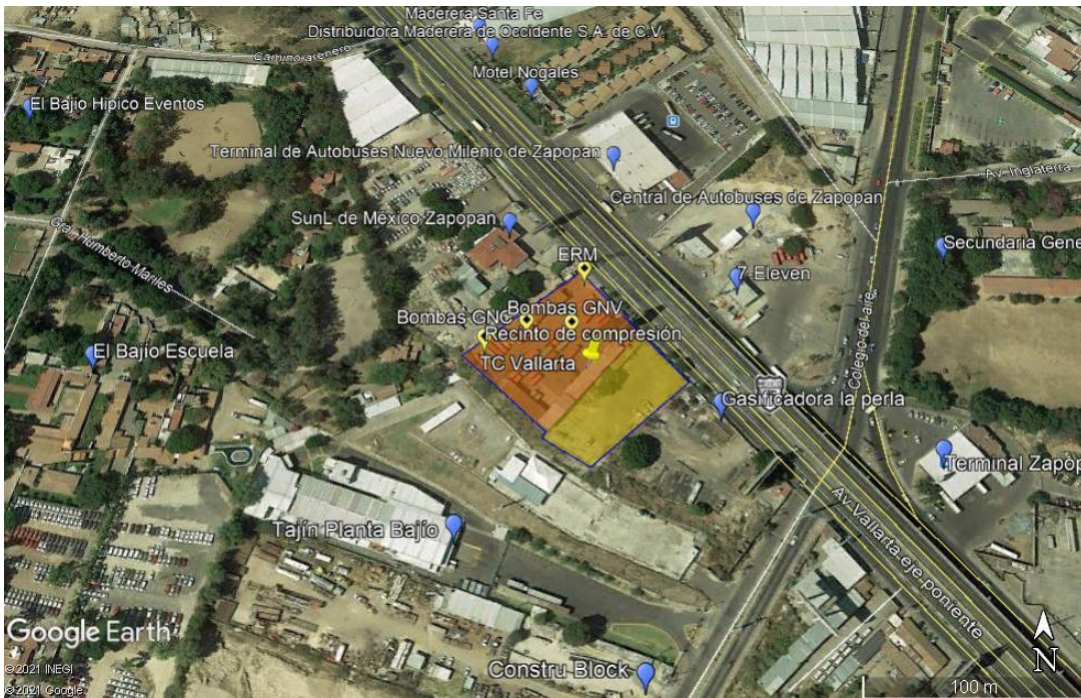
**Tabla 1. Localidad en la que se ubicará el proyecto**

Nº	CLAVE DE LA ENTIDAD	ENTIDAD FEDERATIVA	CLAVE DEL MUNICIPIO	MUNICIPIO	CLAVE DE LA LOCALIDAD	LOCALIDAD
1	14	Jalisco	120	Zapopan	0001	Zapopan

Fuente: Marco Geoestadístico Nacional del INEGI.

**I.1.2.3. Mapa de localización del proyecto**

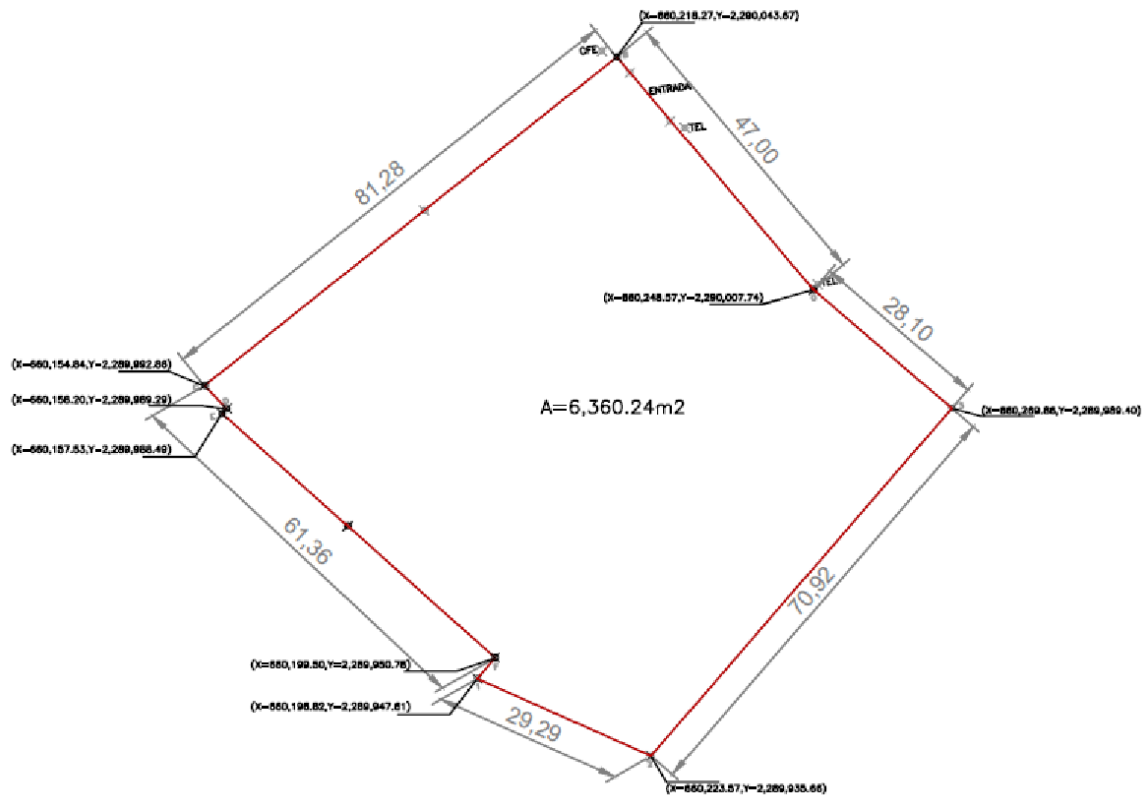
De acuerdo a la Figura 1 se observa el polígono que representa el Área del Proyecto, en el cual se harán las maniobras de distribución de gas natural vehicular comprimido.



**Figura 1. Ubicación del Proyecto “TC Vallarta”.**

#### I.1.2.4. Coordenadas geográficas del proyecto

La coordenada geográfica central de la “TC Vallarta” es: 20°42'08.96"N, 103°27'41.84"O. A continuación, se muestran las coordenadas geográficas de la fracción del predio donde se llevará a cabo el Proyecto.



CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				G	2,290,007.7367	660,248.5720
G	B	N 40°04'18.58" W	47.011	B	2,290,043.7113	660,218.3088
B	C	S 51°18'24.96" W	81.250	C	2,289,992.9178	660,154.8923
C	D	S 43°20'03.66" E	4.902	D	2,289,989.3523	660,158.2563
D	E	S 40°04'41.48" W	1.046	E	2,289,988.5521	660,157.5830
E	F	S 48°04'23.77" E	56.422	F	2,289,950.8524	660,199.5606
F	1	S 40°08'54.39" W	4.245	1	2,289,947.6073	660,196.8233
1	2	S 65°56'19.73" E	29.293	2	2,289,935.6640	660,223.5715
2	3	N 40°44'37.61" E	70.922	3	2,289,989.3972	660,269.8608
3	G	N 49°15'22.51" W	28.099	G	2,290,007.7367	660,248.5720

**SUPERFICIE = 6,360.238 m2**

#### I.1.2.5. Colindancias del Proyecto

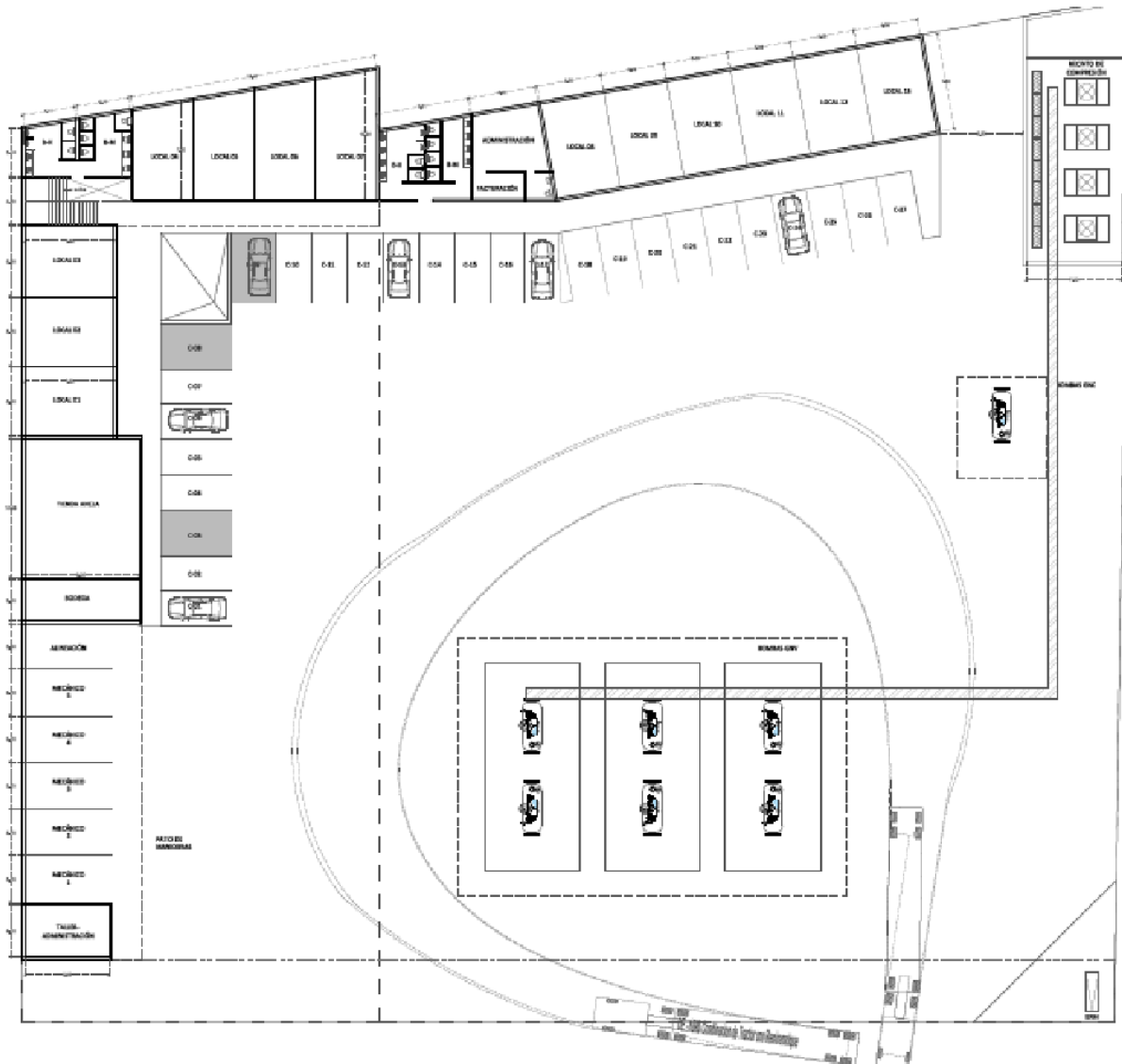
La "TC Vallarta" presenta las siguientes colindancias:

- Al Norte: Av. Vallarta Eje Poniente y a 112 m la Central de Autobuses Zapopan.
- Al sur: Tajín Planta Bajío a 108 m.
- Al Este: Sur L de México Zapopan (compañía de vehículos) aproximadamente a 70 m.
- Al Oeste: Gasificadora La Perla, aproximadamente a 81 m.



Figura 2. Colindancias de la "TC Vallarta"

En la Figura 3 se observa la Planta arquitectónica de la "TC Vallarta".



**Figura 3. Layout de la “TC Vallarta”**

En el **Anexo B** se incluye el plano de Planta Arquitectónica de la “TC Vallarta”.

#### **1.1.2.6. Dimensiones del proyecto**

Las dimensiones del proyecto son las siguientes:

- El proyecto total se llevará a cabo en un predio con una superficie de 6,360.23 m<sup>2</sup> (Seis mil trescientos sesenta metros cuadrados), sin embargo, el proyecto de la “TC Vallarta” contará con una superficie de 4,253 m<sup>2</sup>.



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
"Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)"

- En congruencia con lo anterior, es de señalar que no existe cobertura vegetal que vaya a ser afectada por el Proyecto "TC Vallarta".

**Áreas:**

La TC Vallarta, suministrará GNC a través de dos (2) compresores (impulsados con motor eléctrico), dos (2) cascadas de almacenamiento, seis (6) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga cada uno, un (1) postes de llenado y como equipos complementarios un (1) panel de prioridades y un (1) by pass panel.

En su primera etapa se considera la instalación de un (1) compresor, una (1) cascada de almacenamiento, cuatro (4) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga cada uno, un (1) postes de llenado y como equipos complementarios un (1) panel de prioridades y un (1) by pass panel.

En su segunda etapa se considera la instalación adicional del siguiente equipamiento de un (1) compresor, una (1) cascada de almacenamiento, dos (2) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga cada uno y como equipos complementarios un (1) panel de prioridades.

La "TC Vallarta" cuenta con las siguientes áreas:

ÁREAS	m <sup>2</sup>
Recinto de Equipos de GNC	145.00 m <sup>2</sup>
Área de despacho de GNC	137.08 m <sup>2</sup>
Área de Dispensarios de GNCV	526.76 m <sup>2</sup>
Estación de Regulación y Medición	41.28 m <sup>2</sup>
Área de Circulación EDS	1,475.62 m <sup>2</sup>
Cuarto Eléctrico	47.43 m <sup>2</sup>
Área de Servicios y Oficinas	352.91 m <sup>2</sup>
Área de circulación peatonal	119.44 m <sup>2</sup>
Áreas Verdes	309.24 m <sup>2</sup>

**I.1.2.7. Vías de acceso**

La vialidad para acceder al predio es por Av. Vallarta Eje Poniente, es una vialidad de dos sentidos.



## **I.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

### **I.2.1. Descripción de la obra civil**

Las obras civiles para la TC Vallarta, constarán de las siguientes actividades:

Se construirá una edificación, destinados y distribuidos para la administración y operación de la TC Vallarta, como son: oficinas, facturación, SITE, archivo, conteo, servicio sanitario y áreas para el personal técnico; además de espacios para servicio de la TC Vallarta como cuarto de máquinas, área de residuos peligrosos y cuarto de sistema contra incendios.

Se construirá un cuarto eléctrico con un acceso principal para el alojamiento de los tableros de distribución y centros de control de los compresores. Además de la construcción de bases para los compresores de GNC; éstos se encontrarán en un área destinada delimitada, contará con un acceso principal y uno de servicio.

La instalación de la tubería mecánica y eléctrica será de manera aparente, dentro del recinto de equipos se construirá una trinchera que dará inicio en la descarga y succión de los compresores y terminando en el panel de prioridades. En la salida del recinto de equipos y hasta el área de despacho las tuberías hacia los dispensarios se llevarán de manera subterránea, serán encamisadas en un tubo de PVC hasta llegar a la zona de islas, en dicha trayectoria se construirán registros intermedios a menos de 6 m de distancia entre ellos.

El área de dispensarios contará con una techumbre o canopy estructural que requiere de columnas y su respectiva cimentación localizada junto a los dispensarios; para cada dispensario se construirá una base adecuada con un registro que se utilizará para la instalación de las acometidas mecánicas y eléctricas. Se deberá considerar la instalación de las bajadas pluviales en las columnas de la techumbre.

Como la TC Vallarta cuenta con áreas clasificadas se considera la construcción de muros que desclasifiquen áreas o equipos no clasificados, evitando con esto la extensión de las áreas clasificadas y en consecuencia el requerimiento de instalaciones especiales. La distribución de la TC Vallarta se realizó considerando las distancias necesarias para el cumplimiento de las normas aplicables.

### **I.2.2. Descripción de la obra mecánica**

#### **Baja Presión**

Las tuberías que se utilizarán en toda la instalación mecánica de baja presión, será de acero al carbón, cédula 40, API 5L GRADO B, la cual es fabricada bajo las Normas Oficiales Mexicanas NOM-B-10-1986 y NOM-B-177-1990, sin costura laminada en caliente, superficie barnizada, con extremos biselados.

La instalación mecánica inicia en la Estación de Regulación y Medición (ERM), con una tubería de acero al carbón, cédula 40, API 5L GRADO B de 4" de diámetro, a la salida de la ERM la cuál será enterrada contara con la señalética adecuada y protección catódica se instalará una válvula manual de corte principal de la



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
"Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)"

estación y aguas arriba una válvula automática con actuador neumático, que operará cerrando el flujo de gas cuando cualquiera de los paros de emergencia sea activado o por pérdida de energía eléctrica en toda la de la **TC Vallarta**.

El cabezal principal de acometida a los equipos será tubería de acero al carbón, cédula 40, API5L GRADO B, de 4" de diámetro, se llevará enterrado desde la ERM hasta el recinto de compresión en donde se realizará una transición de instalación enterrada a instalación aparente hasta la hasta la succión de cada compresor; el cabezal para 2 compresores será de 4" de diámetro y la succión individual de cada compresor será con tubería de 3" de diámetro.

En las Figuras 4 y 5 se muestran los diagramas de la instalación mecánica de baja presión.

### **Alta Presión**

Los compresores de GNC elevarán la presión del gas y lo dirigirán al By pass panel a través de dos (2) líneas (una por compresor) de acero inoxidable de 1" x 0.120" de espesor; de acuerdo con su configuración el By pass panel monitorea la demanda de cada poste de llenado, dispensario y panel de prioridades; éste determina los compresores disponibles para funcionar cuando se necesiten llenar directamente.

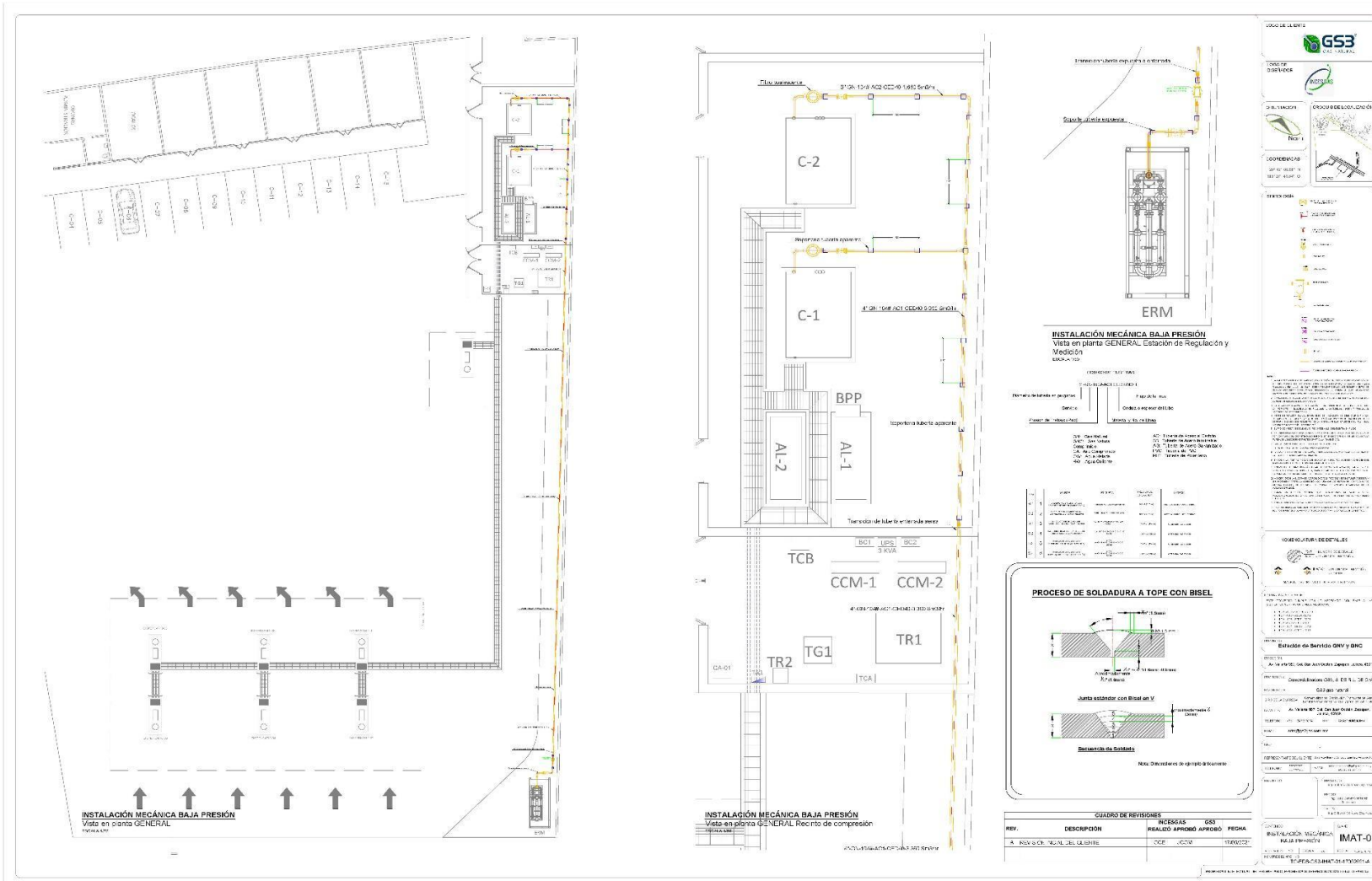
El By pass panel tiene tres (3) líneas de descarga que se llevaran en una trinchera hasta la zona de carga de GNC y la zona de llenado de GNV:

- **Dos (2) alimentarán a los paneles de prioridades que están integrados a los almacenamientos, que a su vez descargan tres (3) líneas 0.75" x 0.095" encargados de llevar gas a los dispensarios.**
- **Un (1) alimenta al poste de llenado a través de una (1) línea de acero inoxidable de 1.0" x 0.120".**

Como medida de seguridad el venteo de los equipos se llevará 70 cm por encima de la edificación más alta; el venteo de los dispensarios se llevará 70 cm por encima de la techumbre o canopy y el venteo de los postes de llenado se llevará 70 cm por encima de la edificación más alta para la liberación del gas en forma segura.

En las Figuras 6 y 7 se muestran los diagramas de la instalación mecánica de baja presión.

## Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto “Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)”



**Figura 4. Instalación mecánica Baja Presión para la “TC Vallarta”**



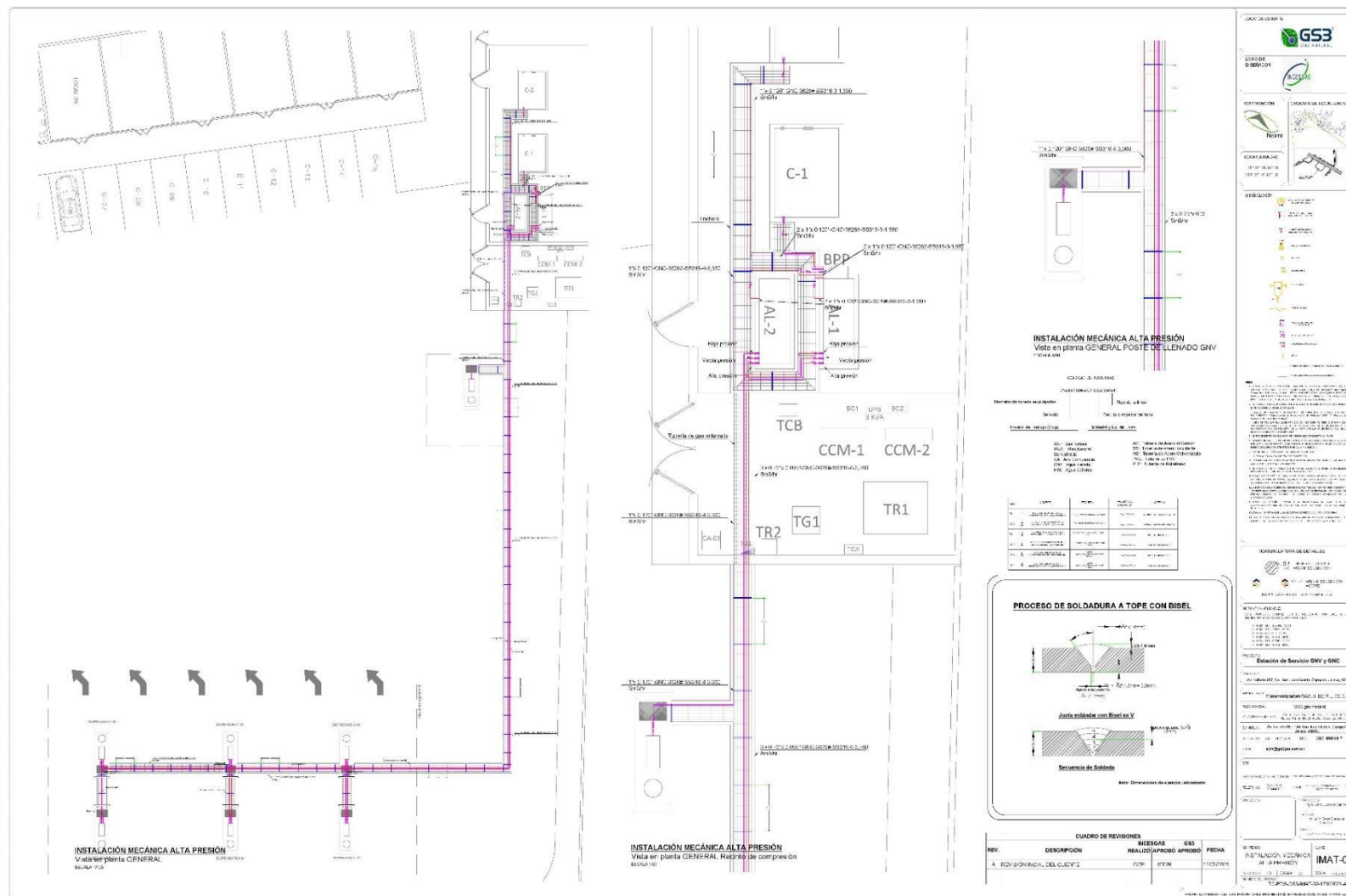


Figura 6. Instalación mecánica Alta Presión para la “TC Vallarta”

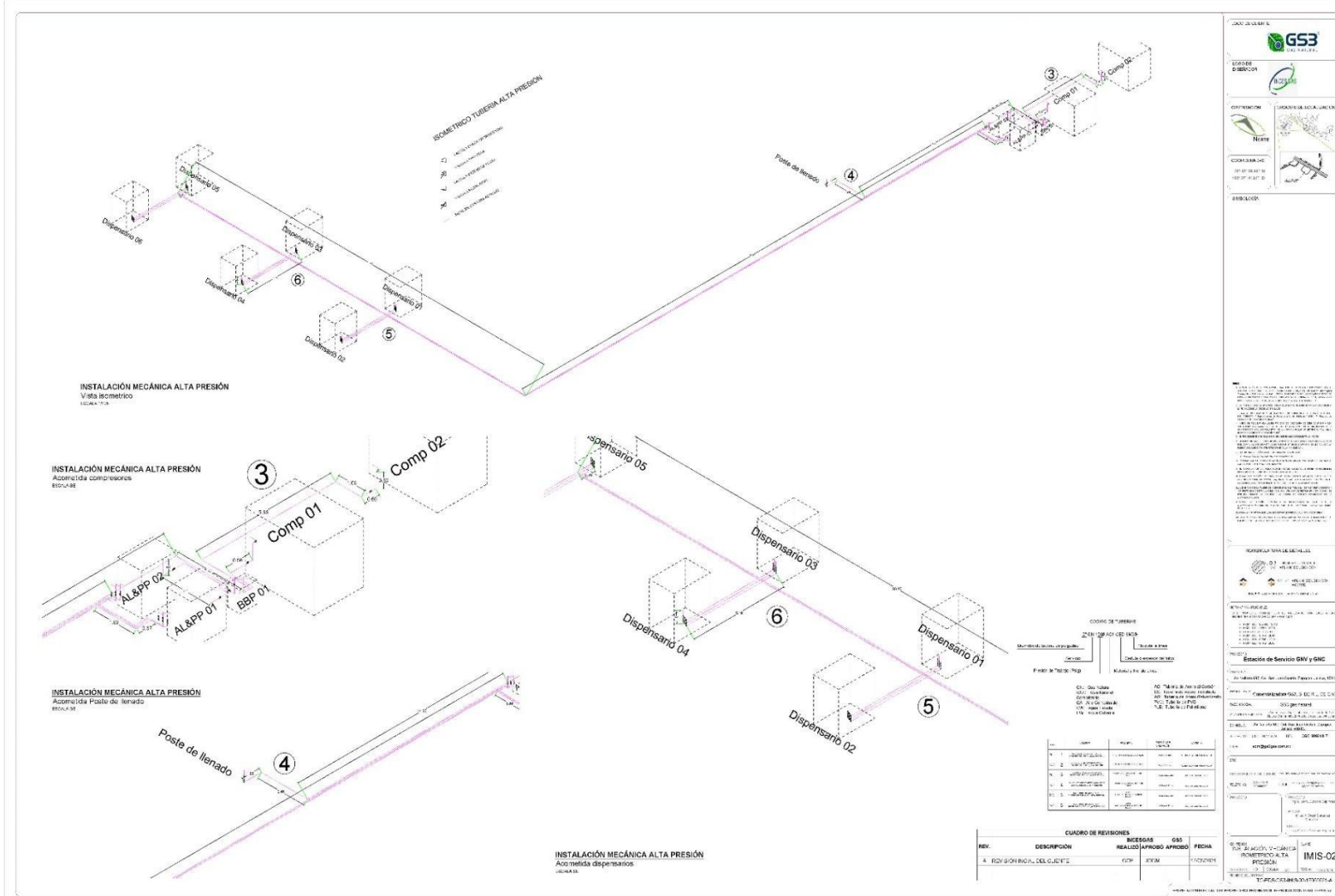


Figura 7. Instalación mecánica Isométrico Alta Presión para la “TC Vallarta”



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
"Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)"

### **1.2.3. Descripción de la obra eléctrica**

La TC Vallarta requerirá a CFE una acometida dedicada, la cual será del tipo aérea-subterránea hasta un transformador del tipo pedestal o jardín que alimentará en 440 V. a un tablero general de distribución el cual derivará un circuito eléctrico para alimentar los CCM's (Centro de Control de Motores) de control de cada compresor de GNC, que es la unidad de control y distribución de la energía eléctrica, donde además se encuentra el PLC quien se encarga de monitorear y controlar todas las funciones del compresor incluyendo encendidos y apagados. Este equipo se ubicará en el cuarto eléctrico fuera de áreas clasificadas.

Para los equipos que requieran operar en 220/127 V se considerará un segundo transformador de distribución del tipo seco en gabinete Nema 1, el cual acometerá a un tablero de distribución que concentrará todas las cargas de alumbrado y contactos, además de otros servicios de la TC Vallarta.

Algunos equipos del sistema de compresión generan atmósferas explosivas que se representan acorde a la sección cinco de la NOM-001-SEDE-2012, en el plano de clasificación de áreas. Las instalaciones eléctricas están diseñadas para cumplir los requerimientos de seguridad, para su instalación en áreas clasificadas de acuerdo con lo indicado en las Normas.

Se proyecta la instalación del sistema de protección contra descargas atmosféricas, el cual consiste en la instalación de una punta pararrayos con dispositivo de cebado instalada 5 m arriba de la edificación, la punta pararrayos se conecta mediante un conductor desnudo de cobre de temple suave a un arreglo de electrodos en delta, éste último consiste en 3 electrodos tipo varilla cobrizada cooperweld de 5/8" de diámetro y 3 m de longitud, unidos entre si mediante un conductor desnudo de cobre.

Así también se proyecta la instalación de un sistema de puesta a tierra el cual se compone principalmente por una malla enterrada bajo el área destinada a los equipos de compresión. Todos los equipos y estructuras deben estar conectados sólidamente al sistema de tierras físicas de la TC Vallarta.

### **1.2.4. Descripción detallada del proceso**

La TC Vallarta, suministrará GNC a través de cuatro (4) compresores (impulsados con motor eléctrico), dos (2) cascadas de almacenamiento, seis (6) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga cada uno, uno (1) postes de llenado y como equipos complementarios dos (2) panel de prioridades y un (1) By pass panel. En su primera etapa se considera la instalación de un (1) compresores, una (1) cascada de almacenamiento, (4) dispensarios de flujo estándar con dos mangueras de carga cada uno, un (1) panel de prioridades, un (1) poste de llenado y un (1) By pass panel.

El gas es entregado al Permisionario por Tractebel DGJ S.A. de C.V., a la Estación de Regulación y Medición (ERM) a través de un gasoducto, propiedad de dicha empresa; donde a través un Medidor de Flujo inicia la transferencia de custodia por parte de la empresa distribuidora. Aquí es donde se controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo y poder calorífico, temperatura, entre otros.



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
**“Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)”**

A la salida de la ERM, el gas debe mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o temperatura.

Con el gas ya acondicionado, pasa a la siguiente etapa del proceso que es la compresión, en donde a través de los compresores de GNC se eleva su presión hasta las 3,600 Psi aproximadamente.

Los compresores utilizados son compresores fabricados por Graf S.p.A., del tipo pistón, recíprocante, lubricación alternativa, de múltiples etapas, con un motor eléctrico de 335 HP (250 Kw) que acciona el compresor por medio de un acoplamiento directo y su enfriamiento en las diferentes etapas es a través de aire forzado.

El trabajo de cada compresor está operado de manera automática. 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. 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 por detección de una concentración de mezclas 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.

Una vez que el gas es comprimido a una alta presión, está listo para ser distribuido a través del by pass panel. Éste, de acuerdo con su configuración monitorea la demanda de cada poste de llenado, dispensario y panel de prioridades; y a través de un arreglo de válvulas determina los compresores disponibles para funcionar cuando se necesiten llenar directamente. El by pass panel llama al número requerido de compresores para satisfacer las demandas de llenado.

El panel de prioridades de tres (3) líneas se encarga de direccionar el flujo de GNC recibido por el by pass panel y que viene directamente de los compresores de GNC a los dispensarios de flujo estándar y/o almacenamiento, teniendo como prioridad el abastecimiento de los dispensarios.

El sistema de almacenamiento de tres (3) líneas consiste en un grupo de 28 tanques conectados, cada tanque tiene una capacidad 80 litros volumen de agua, el sistema de almacenamiento tiene una capacidad total de 2,240 litros volumen de agua, es decir, 624.8 Sm<sup>3</sup> de GNC aproximadamente a 3,600 Psi y 40°C.

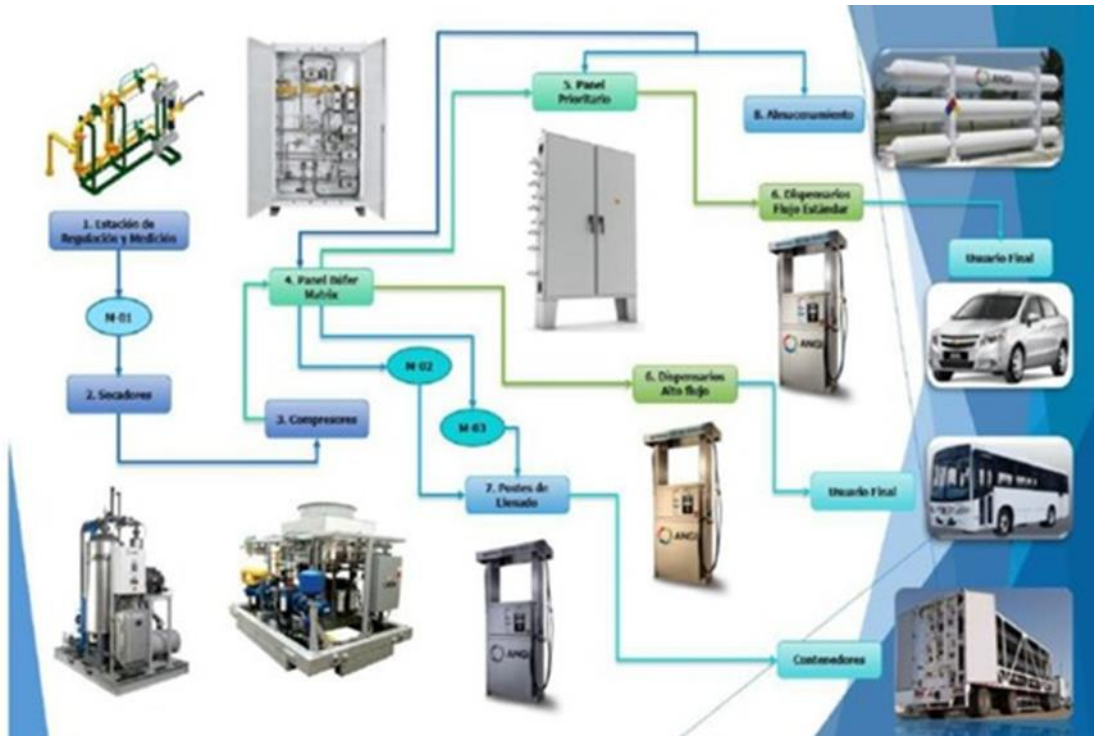
El propósito fundamental de los sistemas de almacenamiento es poder dar fluidez y velocidad de llenado, además de no requerir un trabajo continuo de los compresores y contar con un servicio inmediato sin esperar que el compresor inicie su trabajo. Este almacenamiento es el que garantiza que la estación tenga una presión constante de combustible y que esté listo para ser despachado.

Los dispensarios de flujo estándar de tres (3) líneas, inician el llenado primeramente enviando gas del sistema de almacenamiento. Una vez que la presión comienza a igualarse (al igual que el flujo disminuye), el sistema de control del compresor envía la señal de arranque y comienza a llenar directamente a los tanques de la unidad móvil hasta llenarlo totalmente.

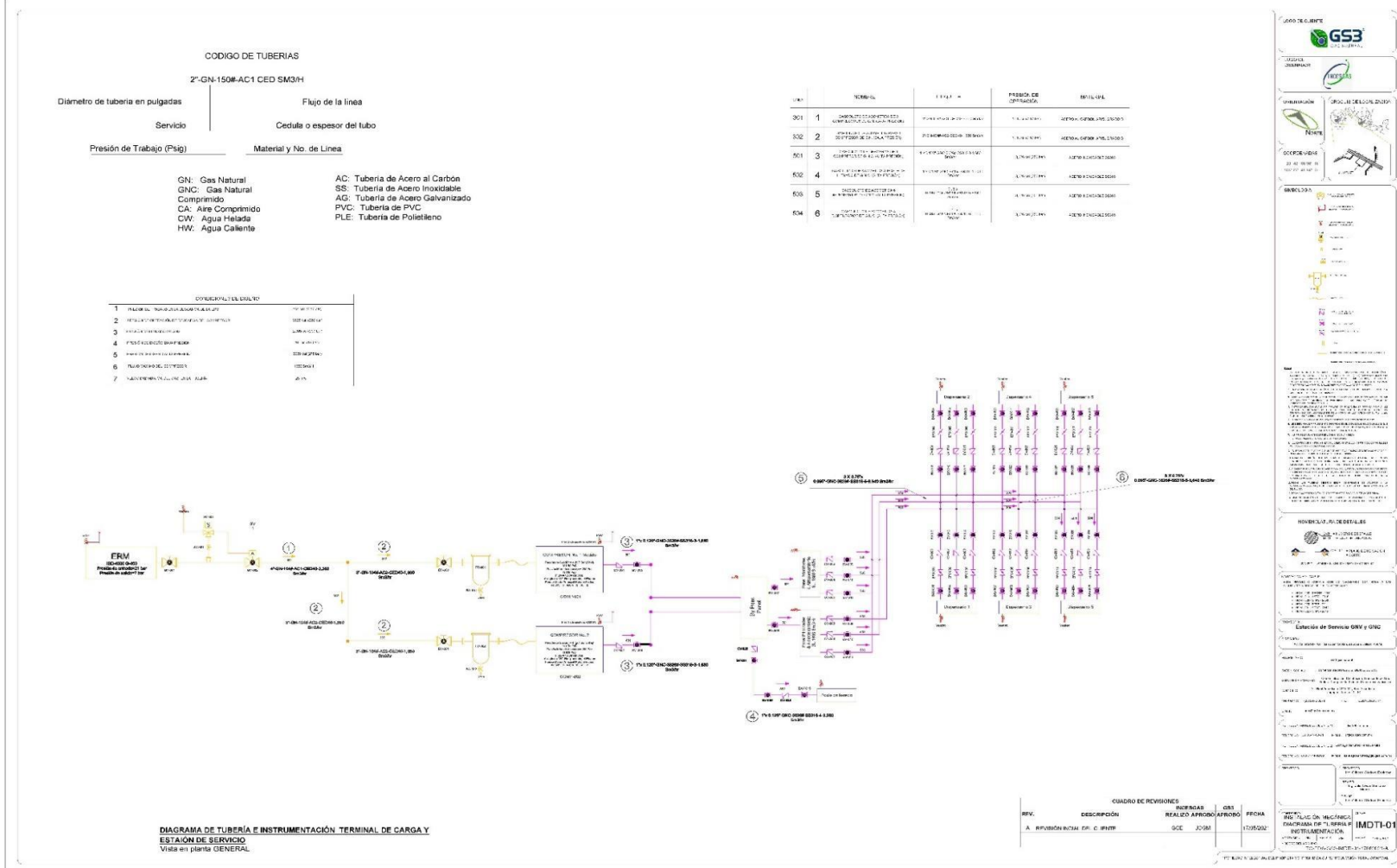
Los postes de llenado inician su operación enviando gas a los tanques de almacenamiento del contenedor móvil directamente desde los compresores y cuando la presión comience a igualarse se concluirá la carga.

Antes de acometer a cada uno de los postes de llenado de GNC, se instalará en cada línea un medidor de flujo másico tipo Coriolis para GNC donde iniciará la transferencia de custodia y responsabilidad de la Terminal de Carga el cual registrará específicamente el volumen de GNC suministrado a los contenedores.

En la figura 8 se muestra el Diagrama Esquemático del Proceso de la TC Vallarta y en la Figura 9 el Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI).



**Figura 8. Diagrama de Proceso de la “TC Vallarta”**



**Figura 9. Diagrama de Tubería e Instrumentación de la TC Vallarta**

**I.2.4.1. Equipos de Proceso**

Las características de los equipos de Proceso de la TC Vallarta se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Equipos de la TC Vallarta**

No.	EQUIPOS	CANT.	CARACTERÍSTICAS
1	Compresor Graf Modelo GRF115.-7-4-250-4B	1	Presión de Succión= 4 @ 7 Bar (58 @ 101.50 Psi); Presión de descarga= 250 Bar (3,626 Psi);  Motor eléctrico: 335 HP Compresor reciprocante 4 Etapas de compresión 1 Línea de Descarga  Flujo Máximo = 1,680 Sm <sup>3</sup> /h.
2	Panel de Prioridades Graf 3 Líneas de flujo	1	Presión de Trabajo= 250 Bar (3,626 Psi);  3 Líneas de Llenado
3	Cascada de Almacenamiento	1	28 Tanques de 80 L c/u  Capacidad de 826.52 m <sup>3</sup> de GNC Condiciones: 3,626 Psi, 38°C de GNC aprox.
4	By pass panel	1	Presión de Trabajo = 250 Bar (3626 Psi) 1 Línea de descarga
5	Poste de Llenado 1 Línea de Flujo	1	Presión de Máxima de Trabajo= 250 Bar (3,626 Psi); Presión de Llenado= 250 Bar (3,626 Psi);  1 Línea de Llenado Flujo máximo = 4,00 Sm <sup>3</sup> /Hr
6	Dispensario 3 Líneas de Flujo	4	Presión de Máxima de Trabajo= 200 Bar (2,900 Psi); Presión de Llenado= 200 Bar (2,900 Psi); 2 mangueras por dispensario;  3 Líneas de Llenado Flujo máximo por manguera = 720 Sm <sup>3</sup> /Hr

### I.2.4.1.1. Compresor de Gas Natural

Los compresores son fabricados por Graf, del tipo pistón, recíprocante, lubricación alternativa, de múltiples etapas, con un motor eléctrico que acciona el compresor por medio de un acoplamiento directo y su enfriamiento en las diferentes etapas es a través de aire forzado. La estación del compresor se entrega con un sistema de control para proporcionar una operación automática del compresor, monitoreo de límite de apagado y anuncio de fallas.

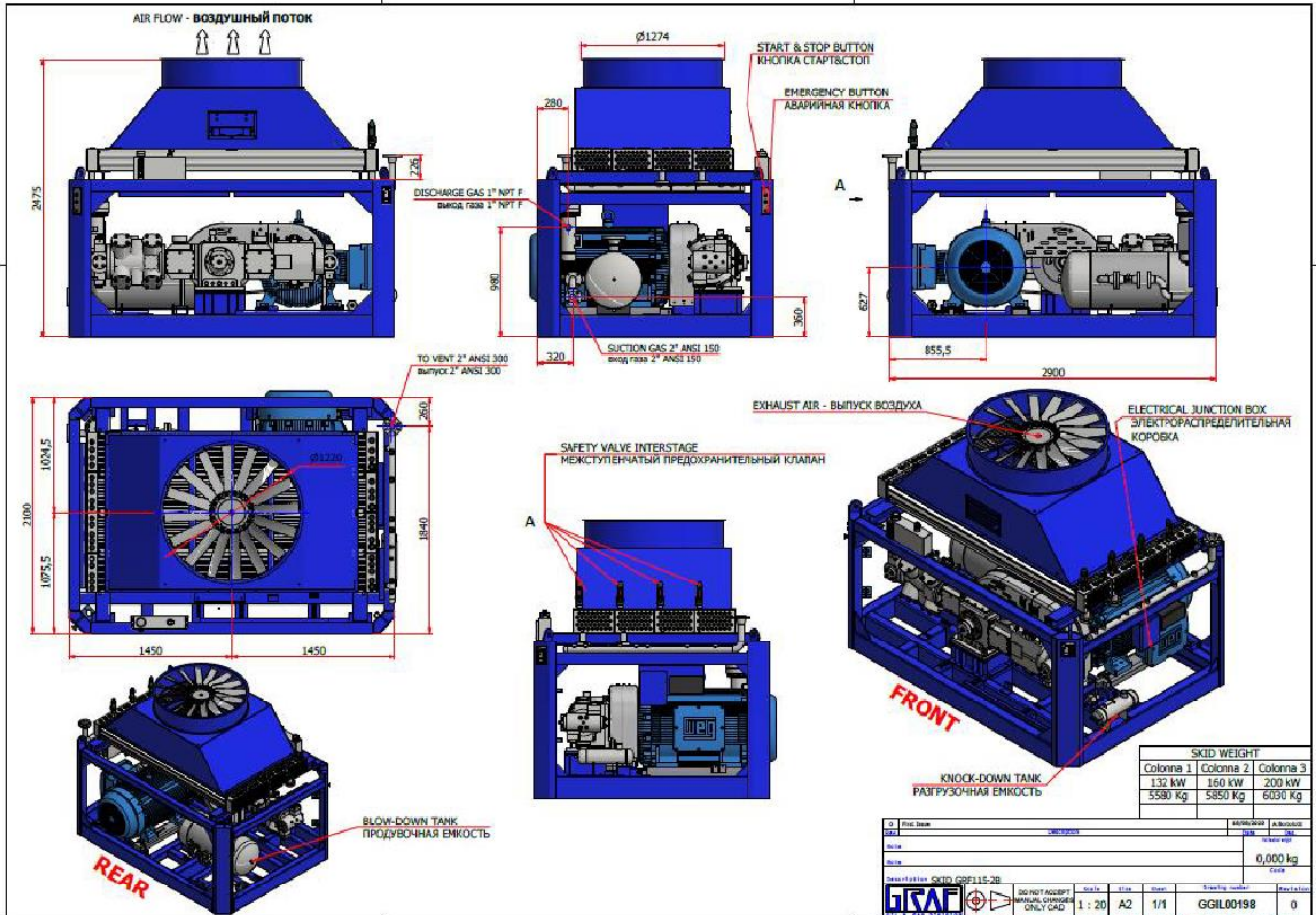


Figura 10. Compresor de Gas Natural Graf

El sistema de gas se divide en sistema de inducción, sistema de compresión, sistema de recirculación.

- **Sistema de inducción**

El sistema de control monitorea la presión del gas de entrada y apagará el compresor si la presión de entrada no se proporciona dentro del rango de presión permitido. Los niveles de apagado para la presión del gas de entrada se han establecido para el rango de presión de funcionamiento adecuado y no deben ajustarse en el campo.

El gas también se reintroduce en la entrada del compresor desde el tanque de recuperación cautivo ubicado en el patín. Se proporciona un regulador antideslizante para regular la presión del gas recirculado para que coincida con la presión de entrada de gas especificada. Al recircular el gas de esta manera, se recupera el gas del proceso de purga del compresor.

Se proporciona una válvula de entrada accionada en el patín para interrumpir el flujo de gas al compresor. Esta válvula solo está abierta cuando el compresor funciona, en funcionamiento cargado y durante el ciclo de calentamiento y enfriamiento. Esta válvula permanece cerrada cuando el compresor está apagado o en espera.

Se proporciona un filtro de entrada para atrapar cualquier partícula entrante y pequeñas burbujas de agua o aceite del tanque de recuperación cautivo.

La tubería de entrada está provista de una válvula de alivio de seguridad para evitar la sobre presurización debido a la falla de uno de los reguladores de presión o de las válvulas del compresor de la primera etapa.

- **Sistema de compresión**

Esta parte del sistema contiene el compresor alternativo, válvulas de alivio de seguridad, filtración entre etapas, enfriamiento entre etapas y después del enfriamiento. El gas se comprime a la presión de descarga especificada en múltiples etapas de compresión.

Entre cada etapa de compresión, el gas pasa a través de aletas enfriadas por aire e intercambiadores de calor de tubo para ser enfriados. Los intercambiadores de calor y el sistema de ventilador se han dimensionado para cumplir con la aplicación.

Después de enfriar, el gas pasa a través de un filtro para eliminar los líquidos condensados y reducir la cantidad de aceite que el compresor introduce en la corriente de gas.

En el momento de la descarga de cada etapa de compresión, la temperatura y la presión del gas se controlan contra los límites de apagado y el compresor se apagará si alguna presión entre etapas o temperatura tiende fuera de los límites operativos.

Al salir de la etapa final de compresión, el gas se pasa a través de un intercambiador de calor de aleta y tubo enfriado por aire para después del enfriamiento. El pos enfriador y el ventilador de refrigeración se han dimensionado para cumplir con la aplicación.

Luego, el gas se pasa a través de un filtro de coalescencia previa y un filtro de coalescencia para eliminar el aceite de la corriente de gas antes de la entrega al sistema de almacenamiento o dispensador.

Después de la etapa final de filtración, el sistema de control controla la presión de descarga contra los límites de ARRANQUE y PARO para determinar si el compresor debe reanudar, continuar o detener la compresión de gas.

Se cuenta con válvulas de alivio de seguridad en cada etapa de la tubería de descarga del compresor para evitar un exceso de presión debido a la falla de la válvula del compresor, el bloqueo del flujo o la falla del sistema de control.

- **Sistema de recirculación**

Se instalan tuberías y las válvulas entre los recipientes del filtro de descarga y entre etapas y el tanque receptor cautivo. A intervalos de operación predeterminados y durante las secuencias de calentamiento y enfriamiento, se permite que el gas fluya desde la descarga de las etapas del compresor, a través de los recipientes del filtro y dentro del tanque receptor. Durante este tiempo, el compresor funciona efectivamente sin carga y, en consecuencia, permite arranques y paradas suaves del compresor. Este sistema también permite la purga automática de los tazones de filtro de líquidos acumulados.

### **Controles e Instrumentación**

El trabajo de cada compresor está operado por un Controlador Lógico Programable (PLC). El sistema de control proporciona todos los controles del compresor y la función de monitoreo requeridos para permitir una operación totalmente automática y desatendida; y para proporcionar un anuncio de código de falla para una recuperación rápida de la falla.

Con la energía suministrada de la estación el sistema de control es capaz de soportar cinco modos de operación, que son los siguientes:

#### **1) ESPERA**

En este modo, el almacenamiento se considera lleno y el compresor se detiene. El sistema de control monitorea la presión de descarga contra un límite de presión de “arranque”. El compresor permanecerá en este modo hasta que el almacenamiento se agote por debajo de este límite de presión de “arranque”.

#### **2) CALENTAMIENTO**

Una vez que el sistema de control detecta que el almacenamiento de gas se ha vaciado por debajo del límite de presión de “arranque”, la bomba de prelubricación funciona durante un periodo de tiempo, la válvula de entrada se abre, el motor del ventilador se pone en marcha y funciona, luego se arranca el motor de accionamiento del compresor y corre. Durante este periodo de calentamiento, la válvula de carga / recirculación está abierta, de modo que el gas simplemente se recircula a través del tanque receptor cautivo.

#### **3) COMPRESIÓN**

Después de completar el ciclo de calentamiento, el sistema de control cambia al funcionamiento del compresor cargado. Durante la transición del modo de calentamiento, los motores del ventilador y del compresor permanecen encendidos y la válvula de carga / recirculación se cierra para que el gas fluya hacia la tubería de descarga.

Durante una operación más larga e ininterrumpida en este modo, la válvula de carga / recirculación se abrirá durante intervalos predeterminados para drenar los tazones de filtro de los fluidos acumulados. El sistema de control continuará funcionando en este modo hasta que la presión de descarga alcance el punto de ajuste de presión STOP definido en el controlador (o las fallas del compresor).

#### 4) ENFRIAMIENTO

Una vez que el controlador determina que la presión de almacenamiento está por encima del punto de ajuste de presión de PARADA, la válvula de carga / recirculación se abre y el motor del compresor y el motor del ventilador continúan funcionando durante un período de tiempo para permitir que el compresor se descargue y se enfríe. Después de que expira el temporizador de enfriamiento, los motores del ventilador y el compresor se detienen y el sistema de control vuelve al modo EN ESPERA.

#### 5) FALLA

Durante cualquiera de los modos mencionados anteriormente, el sistema de control puede detectar una condición de apagado y la máquina se colocará en modo FALLIDO. En este modo, la válvula de succión se cierra y el motor del ventilador y el compresor se detiene. La naturaleza de la falla se anuncia en el panel frontal del gabinete de control.

#### 1.2.4.1.2. By pass panel

De acuerdo con su configuración monitorea la demanda de cada poste de llenado, dispensario y panel de prioridades; y a través de un arreglo de válvulas determina los compresores disponibles para funcionar cuando se necesiten llenar directamente. El By pass panel llama al número requerido de compresores para satisfacer las demandas de llenado.

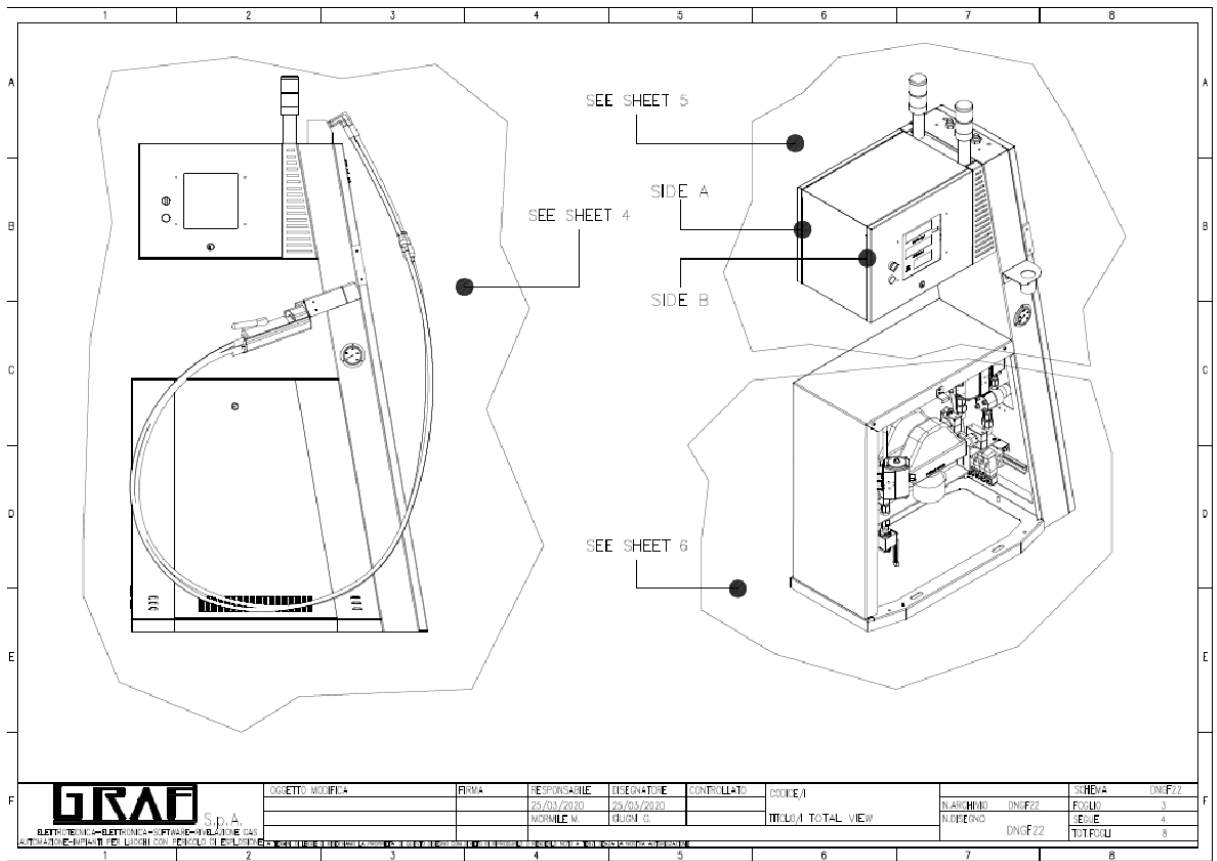
#### 1.2.4.1.3. Panel de Prioridades

El panel de prioridades proporciona una secuencia de llenado a un sistema de almacenamiento de tres bancos. El sistema de prioridad electrónica incluye: válvulas de descarga; manómetros; y válvulas de retención. Inicialmente, el gas se entrega al tanque de almacenamiento llamado "banco de alta" y a la línea de llenado directo del vehículo. Después de que el tanque de almacenamiento del "banco de alta" está lleno, el gas se desvía al tanque de almacenamiento llamado "banco de media". Cuando los tanques de los bancos de "alta" y "media" están llenos, el gas se entrega al tanque de almacenamiento del "banco de baja".



Los Dispensarios deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Estar ubicados sobre una isla de concreto arriba del nivel de piso.
2. Debe estar bajo un techo que ventile y disperse el Gas Natural.
3. Estar protegidos contra impacto de vehículos por medio de postes de tubo de acero de diámetro no menor a 0.1 m relleno con concreto o una estructura equivalente, colocados a una distancia no menor a 0.3 m del Surtidor o poste más cercano.
4. Las protecciones antes señaladas deben marcarse con franjas diagonales alternas amarillas y negras.
5. Contar con un Dispositivo de Ruptura en la manguera de llenado y en el Surtidor.
6. Los venteos de los Dispensarios serán dirigidos hacia arriba de manera que desfogue a una altura no menor de 0.7 m (cero puntos siete) de la techumbre o canopy. Los canales de venteo tendrán un arreglo para evitar la entrada de lluvia, objetos extraños y polvo.
7. Deben contar con un Sistema de Paro de Emergencia a una distancia no mayor a 3 (tres) m de cada Surtidor.



**Figura 12. Dispensario**

#### I.2.4.1.5. Cascadas de Almacenamiento

El propósito fundamental del Sistema de Almacenamiento es poder dar fluidez y velocidad de llenado, además de evitar el trabajo continuo del (los) Compresor(es) y contar con un servicio inmediato sin esperar que el Compresor inicie su trabajo.

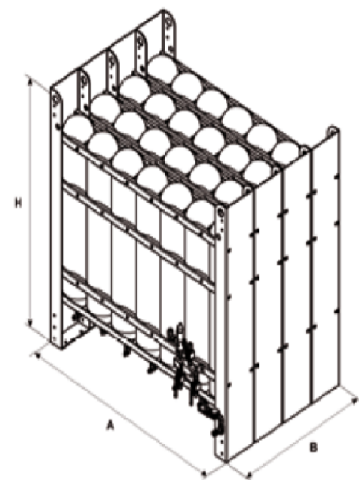
La función de todos estos elementos es controlada automáticamente por los PLC’s localizados en cada paquete de compresión, se cuenta con un PLC localizado en el CCM, asignado a coordinar la operación y seguridad de todos los elementos de control.

Los operadores de la estación pueden ver el estatus de los equipos de compresión y modificar algunos de los parámetros de referencia (o set point) de operación a través de una interfaz al PLC, localizada en el tablero del CCM, llamado Panel View.

Esta pantalla es el punto de inicio para la interfaz 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 estas. Para el cambio de estos parámetros se requiere la autorización de un usuario experto.

El sistema de almacenamiento de GNC debe estar a una distancia no menor a 5 m del Punto de Suministro o punto de recepción de un combustible líquido.

<b>2'240 LT.</b>	
A	2'063 mm
B	1'333 mm
H	2'200 mm
Peso	3'800 Kg



**Figura 13. Cascada de almacenamiento**

#### **I.2.4.1.6. Tuberías**

Los criterios de diseño considerados para el cálculo de tuberías son:

- **Presión de diseño:** Se considera como presión de diseño, la máxima presión de operación a la que podrá llegar a trabajar la estación 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.
- **Presión de Prueba:** Se considerará una presión de 1.5 veces la máxima presión de diseño como valor predeterminado para la realización de la prueba hidrostática de la estación o de 1.1 veces para la neumática, de conformidad con las normas recomendadas por Comisión Reguladora de Energía.

Los criterios de diseño están definidos de acuerdo a lo siguiente:

- **Ubicación, temperatura y área de la Terminal de Carga y EDS de GNCV**
- **Presión de descarga de la Estación de Regulación y Medición**
- **Características de la Estación de Regulación y Medición**
- **Número de Compresores, Almacenamiento, Postes de Llenado y Dispensarios**
- **Ubicación y distancias entre Área de Compresión y Distribución**
- **Presión de succión y descarga del Compresor**
- **Presión de Trabajo del By pass panel**

Para calcular el espesor de la tubería, se consideran las siguientes condiciones de los equipos de compresión:

- **Presión de descarga de ERM: 7 bar (101.55 psi)**
- **Presión de succión de Compresor: 7 bar (101.55 psi)**
- **Presión de operación de Compresor: 300 Bar (4,351.06 Psi)**
- **Presión de llenado de GNCV: 250 bar (3,626 psi)**
- **Flujo máximo de Compresor: 1,680 Sm<sup>3</sup>/hr**
- **Velocidad máxima del gas en tuberías: 25 m/s.**
- **Condiciones Base: Presión = 1.0 kg/cm<sup>2</sup>**
- **Temperatura = 20 °C**

NOTA: Debido a la operación de este tipo de estaciones de GNCV, donde las unidades de llenado se encuentran a una presión muy inferior, el sistema de tuberías no requiere garantizar un flujo y una presión constante. Por lo cual no se requiere el cálculo de caída de presión

A continuación, se presenta el resumen de tuberías para la TC Vallarta:

**Tabla 3. Resumen de tuberías para la TC Vallarta**

No.	SERVICIO	ETIQUETA	CED.	LONG.	FLUJO MAX. (Sm <sup>3</sup> /Hr)	PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO		VELOCIDAD DEL FLUJO (m <sup>3</sup> /Seg)	DIÁMETRO NOM.		
						Psi	Kg/cm <sup>2</sup>		Pulg.	mm	
1	GASODUCTO DE ACOMETIDA DE 2 COMPRESORES DE G.N. (BAJA PRESIÓN)	4"-GN-104#-AC1-CED40-3,360 Sm <sup>3</sup> /hr	40	70.0	3,360	104	7.30	16.91	4.00	102	
2	GASODUCTO DE ACOMETIDA PARA 1 COMPRESOR DE G.N. (BAJA PRESIÓN)	3"-GN-104#-AC2-CED40-1,680 Sm <sup>3</sup> /hr	40	10.0	1,680	104	7.30	14.56	3.00	76	
3	GASODUCTO DE DESCARGA DE 1 COMPRESOR DE G.N.C. (ALTA PRESIÓN)	1.25"-GNC-3626#-AC3-XXS-1,680 Sm <sup>3</sup> /hr	xxs	5.0	1,680	3,627	255.00	17.31	1.25	32	
4	GASODUCTO DE ACOMETIDA A POSTE DE LLENADO DE G.N.C. (ALTA PRESIÓN)	1.25"-GNC-3626#-AC4-XXS-3,360 Sm <sup>3</sup> /hr	xxs	30.0	145	45	3.16	0.38	1.25	32	
5	GASODUCTO DE ACOMETIDA 6 DISPENSARIOS DE G.N.C. (ALTA PRESIÓN)	1.25"-GNC-3625#-AC5-XXS-8,640 Sm <sup>3</sup> /hr	xxs	78.0	8,640	3,627	255.00	4.91	1.25	32	
6	GASODUCTO DE ACOMETIDA 4 DISPENSARIOS DE G.N.C. (ALTA PRESIÓN)	0.5"-GNC-3626#-AC6-CED160-5,760 Sm <sup>3</sup> /hr	160	4.0	255	45	3.16	0.19	0.50	13	
Temperatura Máx. Ambiente =		<b>45.0 °C</b>									

(\*1) TUBING SS-316, Sin costura, A-269, DE 1.0" O.D. x 0.120" de Espesor, Diám Interior =0.76", Velocidad del flujo = 24.05 m/Seg, Presión Máxima de trabajo= 4,700 Psi

(\*2) TUBING SS-316, Sin costura, A-269, DE 1.0" O.D. x 0.120" de Espesor, Diám Interior =0.76", Velocidad del flujo = 23.89 m/Seg, Presión Máxima de trabajo= 4,700 Psi

(\*3) TUBING SS-316, Sin costura, A-269, DE 0.75" O.D. x 0.095" de Espesor, Diám Interior =0.56", Velocidad del flujo = 17.20 m/Seg, Presión Máxima de trabajo= 4,900 Psi

(\*4) TUBING SS-316, Sin costura, A-269, DE 0.75" O.D. x 0.095" de Espesor, Diám Interior =0.56", Velocidad del flujo = 11.46 m/Seg, Presión Máxima de trabajo= 4,900 Psi

### 1.2.5. Protocolo de carga

- **Para contenedores o semirremolques**

Para el llenado de contenedores de GNC, se cuenta con un poste de llenado, el cual podrá despachar Gas Natural comprimido (GNC), tomando el gas del by pass panel, considerando que el llenado de contenedores será en horarios abierto, cuando la Estación de Suministro este prácticamente fuera de servicio. El poste de llenado tiene una capacidad de flujo de 4,000 sm<sup>3</sup>/hr, el cual se podría conectar a los contenedores por medio de dos mangueras para GNC de 1" de diámetro, permitiéndole un flujo de 4,000 Sm<sup>3</sup>/hr. El gas despachado se medirá con un medidor de flujo del tipo Coriolis modelo GNC-050 de la marca Micromotion, medidor que permitirá registrar el volumen de gas despachado a cada contenedor para su facturación correspondiente.

- **Para vehículos**

Primeramente, el cliente requiere ser abastecido de GNCV, para lo cual debe cumplir con los requisitos señalados por la NOM-011-SECRE-2000, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares, y esto se confirma con un dictamen de verificación en cumplimiento de esta Norma, de no contar con esto, o de estar fuera de vigencia, no podrá ser llenado en ninguna estación de servicio.

Comercializadora GS3 S. de R. L. de C. V. es la empresa distribuidora de GNCV, quien además de abastecer combustible, administrará cada una de las cargas, y le dará seguimiento al cumplimiento de la Norma mencionada anteriormente.

Con lo anterior, el usuario podrá realizar las recargas de GNCV cada vez que lo requiera, es decir, el usuario o cliente acude a la estación de llenado de GNCV, donde puede solicitar al despachador, a través del teclado del dispensario, la cantidad en volumen o importe del GNCV a abastecer, y para su autorización previa, se requiere la lectura de un chip personalizado con el cual se identifica al usuario y sus condiciones actuales tanto administrativas como de seguridad, información que se cuenta en una base de datos de la empresa distribuidora, de no presentarse ninguna interferencia, la carga puede ser autorizada, continuando con la conexión de la manguera de carga del dispensario a la conexión de llenado del automóvil a través de la válvula NGV-1 o NGV-2 y la apertura de la válvula de tres vías de la manguera de llenado, para de ahí activar con el selector en la posición “ON” el inicio de carga del GNCV.

Una vez que se autoriza e inicia el llenado, en un sistema de tres líneas, el dispensario abre primeramente la válvula solenoide de carga de la línea de llenado llamada “Línea de Baja Presión” y esto no quiere decir que se tenga baja presión de llenado, sino que el dispensario toma gas de un almacenamiento llamado “Banco de Baja Presión” el cual el sistema de compresión lo llenará como última prioridad, contando con una mayor capacidad de almacenamiento para su despacho y quizás con menor presión por periodos más largos, como el llenado es por transferencia y por diferencia de presión, en cuanto el flujo disminuye, medido a través del medidor de flujo, lo cual indica que las presiones se han igualado, el dispensario cierra la válvula de la línea de baja presión y abre la válvula solenoide de la línea de llenado llamada “Línea de Media Presión”, la cual es abastecida por el sistema de almacenamiento llamado “Banco de Media Presión”, nombrado así por la prioridad de llenado del sistema de compresión, con la característica de contar con una capacidad de almacenamiento menor a la anterior, pero con una presión mayor, y al igual cuando el almacenamiento y la unidad están a una presión similar y el flujo reducido, el dispensario cierra la válvula solenoide de la línea de media presión y abre la tercer línea de llenado llamada “Línea de Alta Presión”, misma que es abastecida del almacenamiento llamado “Banco de Alta Presión”, el cual el sistema de compresión toma como mayor prioridad de llenado después de los dispensarios, teniendo la menor capacidad de almacenamiento de los tres bancos pero manteniendo una presión mayor por intervalos de tiempo más considerables. Y cuando el almacenamiento no fuera suficiente, el sistema de compresión abastecería directamente a través de una válvula de by pass, localizada en el panel de prioridades.

El dispensario para en automático después de que se tenga el volumen o importe solicitado, o cuando la presión de llenado de la unidad haya alcanzado su máxima presión de almacenamiento que puede ser ligeramente superior a los 3,000 Psi o 3,600 Psi, según sea el caso, además cada manguera de llenado cuenta con un medidor de flujo másico, el cual mide la masa del gas natural que pasa por él.

Después de completar el proceso de llenado, se procede a ventear la manguera a través de la válvula de tres vías para despresurizarla y concluir con la carga.

### I.2.6. Sustancias manejadas en el proceso

La sustancia química involucrada en el proceso es el **gas natural** el cual se compone principalmente de gas metano, la hoja de seguridad con sus datos y características se encuentra a continuación.

**Tabla 4. Identidad Química del Gas Natural**

Nombre químico	Número CAS	Concentración	Otros identificadores únicos
Gas natural	8006-14-2	100.00 %	Número Comunidad Europea 232-343-9

**Tabla 5. Identificación de Peligros**

Peligros	Clasificación SAC	Indicación de peligro
Físicos	Gas inflamable, categoría 1A. Gas a presión, categoría gas comprimido.	H220 Gas extremadamente inflamable. H280 Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta
Para la Salud	Corrosión / irritación cutánea, categoría 2. Lesiones oculares graves / irritación ocular, categoría 2A-	H315 Provoca irritación cutánea. H319 Provoca irritación ocular grave. Nota: Las indicaciones para peligros para la salud fueron tomadas de ECHA,2018.
Para el Medio Ambiente	No aplica.	No aplica.

**Elementos de las etiquetas del SAC**  
**Pictograma**



**Figura 14. Pictogramas de identificación de peligros**

En la siguiente tabla se observa la clasificación del riesgo del Gas Natural por parte de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés).

**Tabla 6. Clasificación de riesgo de la NFPA Gas natural**

4	Inflamabilidad
1	Salud
0	Reactividad
	Especial

Siendo el gas natural una sustancia, sus componentes principales son: Metano con 83,0% volumen mínimo en la Zona Sur y 84,0% volumen mínimo (CPG Poza Rica, Burgos y Arenque; así como Etano con un 11,0%volumen máximo (PTI, 2018). Las impurezas y aditivos estabilizadores que contiene son: Etil Mercaptano 17-28 ppm, H<sub>2</sub>S 6,0 mg/m<sup>3</sup> máximo, Azufre total 150 mg/m<sup>3</sup> máximo, Nitrógeno 8,0% volumen máximo (Zona Sur) y 4,0% volumen máximo (CPG Poza Rica, Burgos y Arenque), CO<sub>2</sub> 3,0%volumen máximo, Oxígeno 0,2%volumen máximo) y Humedad 110 mg/m<sup>3</sup> máximo.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuestos principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos. Otros componentes tales como el CO<sub>2</sub>, el helio, el sulfuro de hidrogeno y el nitrógeno se encuentran también en el gas natural.

El metano es una sustancia altamente inflamable, se quema fácilmente y casi totalmente. El gas natural no es corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energías.

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

**Tabla 7. Propiedades del Gas natural**

Propiedades	
Nombre del producto	Gas Natural
Nombre químico	Metano
Familia química	Hidrocarburos del petróleo
Formula molecular	Mezcla (Ch <sub>4</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )
Peso molecular	18.2
Temperatura de ebullición (1 atmósfera)	- 160.0 °C
Temperatura de fusión	- 182.0 °C
Densidad de los vapores (Aire=1, 15.5 °C)	0.61 (más ligero que el aire)
Densidad del líquido (Aire=1, 0/4 °C)	0.554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en agua (20 °C)	Ligeramente soluble (0.1, 10%)

### I.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

El municipio de Zapopan se localiza en la parte central del estado de Jalisco, sus coordenadas extremas son 20°25'30" a 20°57'00" latitud norte, y 103°19'30" a 103°39'20" longitud oeste. Limita hacia el norte con el municipio de San Cristóbal de la Barranca; al este con los municipios de Ixtlahuacán del Río y Guadalajara; al sur con los municipios de Guadalajara, San Pedro Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga; y al oeste con los municipios de Tala, El Arenal, Amatitlán y Tequila. Su superficie total es de 893,15 km<sup>2</sup>, los cuales representan el 1.119% de la superficie total del estado de Jalisco, el municipio tiene una altitud media de 1.548 msnm.

A continuación, se describen los aspectos abióticos y bióticos conforme a lo descrito en el capítulo 4 de la MIA del Proyecto.

#### I.3.1. Clima

El clima se refiere al conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie de la tierra. El clima de una región está controlado por una serie de elementos como: temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones, principalmente. Estos valores se obtienen a partir de la recopilación en forma sistemática y homogénea de la información meteorológica, durante períodos que se consideran suficientemente representativos, de 30 años o más. Factores como la altitud, longitud, continentalidad, relieve, dirección de los vientos, también interfieren en el clima de una región. (INEGI, 2015).

Con base en los datos vectoriales climatológicos del continuo nacional editado por el INEGI (2010) con una escala 1:250 000 y la Clasificación de Köppen modificada por García (1988), tanto en el área de proyecto como en el Área de Estudio se presenta un clima (A)C(w1), es decir, un clima semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual de 18 °C (Tabla 8).

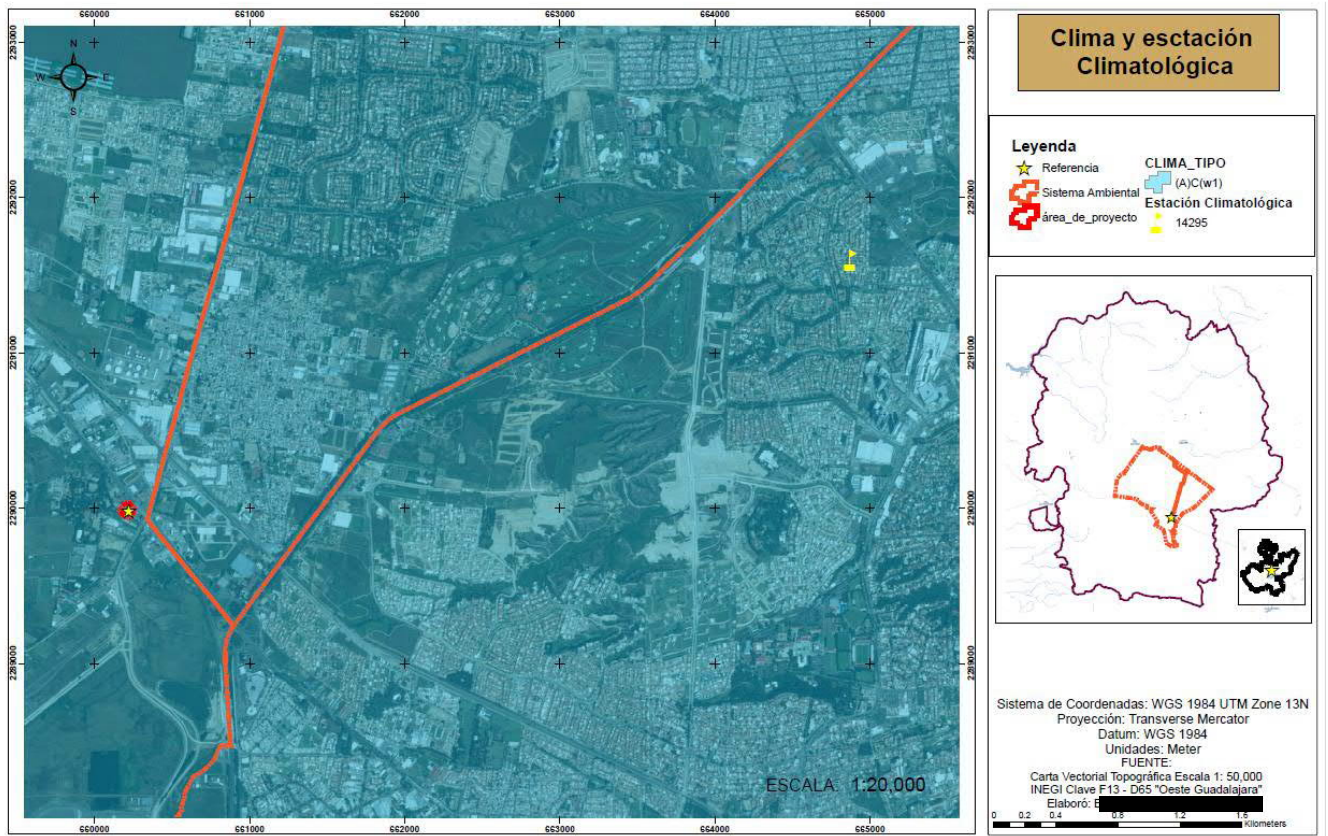
**Tabla 8. Clima del Área de Estudio y Proyecto**

Clima	Temperatura	Precipitación
(A)C(w1)	Temperatura media anual de 18 °C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvias invernal del 5 % al 10.2 % anual.

Con base en los datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN), dentro del SA no se encuentra ninguna estación climatológica, por lo tanto, se consideró la estación más cercana al proyecto y con la altitud más similar siendo la estación 14295, bajo el nombre de Universidad Autónoma de Guadalajara ubicada en el municipio de Zapopan a 4.6 km al NorEste del Área del Proyecto. De acuerdo con los datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) dicha estación se encuentra activa, cuyos registros de las normales climatológicas abarcan un periodo de 1951 al 2010 (Tabla 9 y Figura 3-1).

**Tabla 9. Datos de la estación meteorológica**

Clave	Nombre	Municipio	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
14295	Universidad Autónoma de Guadalajara	Zapopan	20.716667°	-103.416667°	1,570



Nombre persona física, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

**Figura 15. Mapa de la estación climática**

### I.3.2. Temperatura media mensual

La estación 14295, registra una temperatura media normal de 20.6°C anual, con una temperatura media máxima de 24.3°C en el mes de mayo y una temperatura media mínima de 16.4°C en el mes de enero. La temperatura máxima normal registrada fue de 33.4°C en el mes de mayo y la temperatura mínima normal de 8.4°C en el mes de enero (Tabla 10).

**Tabla 10. Temperatura media y máxima.**

Temperatura °C	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma y	Jun	Jul	Ag o	Sep	Oct	No v	Dic	Anual
Media Normal	16.4	18.0	20.0	22.0	24.3	23.0	21.0	21.0	21.0	20.0	18.0	16.0	20.6
Máxima Normal	24.0	27.0	29.0	32.0	33.4	31.0	27.0	27.0	27.0	27.0	26.0	24.0	28.4
Mínima Normal	8.4	9.7	10.0	13.0	15.0	16.0	15.0	15.0	15.0	14.0	10.0	8.9	12.9

### I.3.3. Precipitación normal

La precipitación media normal anual que arroja la estación 14295 Universidad Autónoma de Guadalajara, es de 1,007.1 mm. La distribución de la precipitación presenta una temporada de

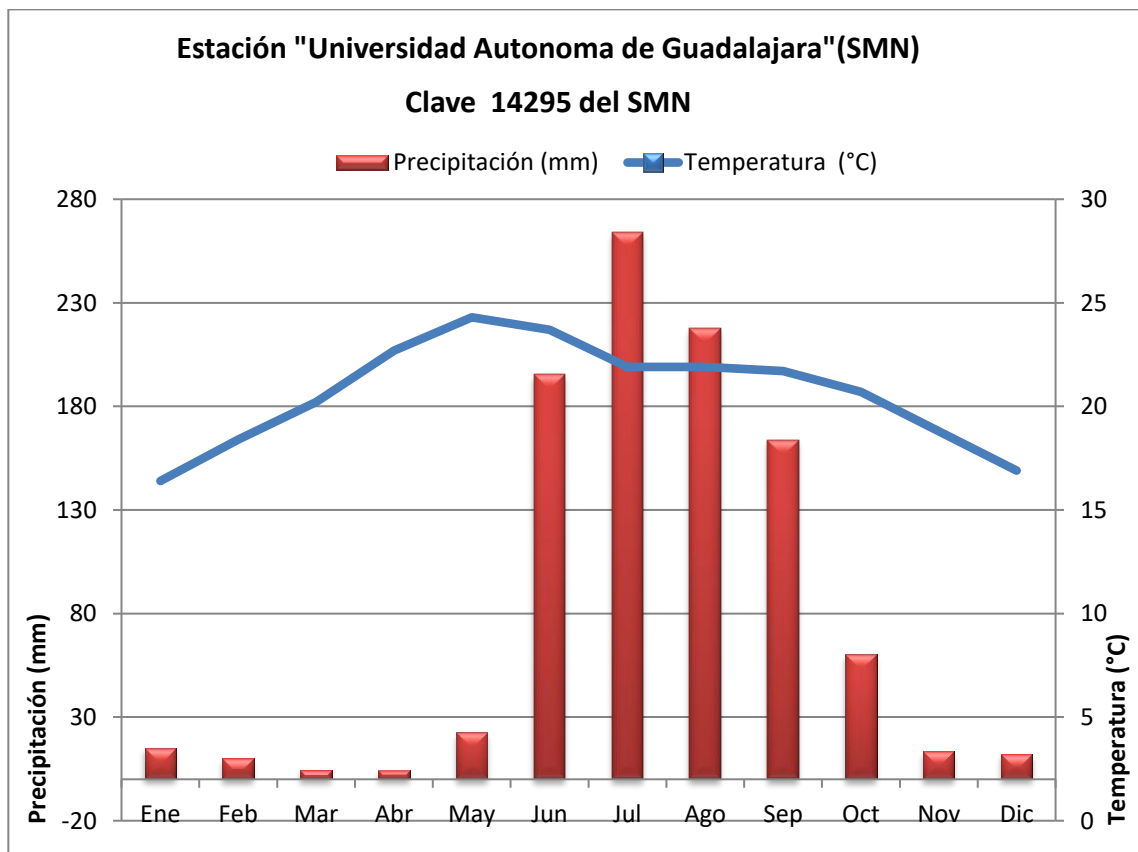
lluvias bien definida, que inician en junio y concluyen en septiembre, lapso en que se presentan medias mensuales que superan los 264.1 mm, la temporada de secas ocurre en los meses de febrero a abril.

La precipitación del mes más seco es menor de los 10 mm y se presenta en el mes de abril con 4.2 mm y el mes que alcanza la mayor precipitación del año es el mes de julio con 264.1 mm (Tabla 11).

**Tabla 11. Precipitación normal y máxima**

Precipitación (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Máxima	252.2	137.8	58.5	58.0	88.0	434.8	465.2	334.5	441.0	11.5	92.9	48.7	
Media	15.1	10.0	4.5	4.2	22.6	195.5	264.1	217.8	163.8	60.4	13.5	12.1	<b>1,007.1</b>
Máxima diaria	60.3	45.0	24.0	24.0	40.0	96.0	74.5	85.0	91.0	59.0	78.0	16.8	

En los valores de precipitación normal se puede observar que la primavera es la estación más seca y el verano la más húmeda (Figura 16).



**Figura 16. Climograma datos de Temperatura y Precipitación media mensual**

#### I.3.4. Fenómenos hidrometeorológicos

Del año 1951 a 2010, la estación meteorológica 14169 Zapopan, no registro días de evaporación.

##### Lluvias

Anualmente se presenta un promedio de 80.9 días con lluvia, siendo el mes de julio el que mayor día de lluvias presenta con 19.1 días al año y el mes de marzo el menor con 0.6 días (Tabla 12).

**Tabla 12. Valores de Lluvias media mensual**

Lluvias	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Días	2.1	1.0	0.6	0.7	2.7	14.5	19.1	18.2	13.5	5.6	1.4	1.5	80.9

##### Neblina

Anualmente se presenta un promedio de 14.9 días con niebla, donde los meses de octubre y noviembre presentan el mayor porcentaje y junio el menor, 2.9 y 0.0 días respectivamente (Tabla 13).

**Tabla 13. Valores de Neblina media mensual**

Neblina	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Días	1.2	0.9	0.6	1.5	0.5	0.0	0.5	1.0	1.8	2.7	2.9	1.3	14.9

##### Granizada

El promedio de días con granizo que presenta la zona es de 1.0 días, siendo los meses de enero a mayo los que menos presentan, con un total de cero días, y julio presenta la mayor cantidad con 0.4 días (Tabla 14).

**Tabla 14. Valores de Granizada media mensual**

Granizo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
N° de Días	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

##### Tormenta Eléctrica

El valor anual de Tormentas Eléctricas es 3.0 días, siendo los meses de febrero, marzo y abril los que presentan menores datos 0.3 días y el mes de enero y julio el mayor con 1.3 días (Tabla 15).

**Tabla 15. Valores de Tormenta Eléctrica**

Tormenta eléctrica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Días que lo presentan	0.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	3.0

**Heladas**

Del año 1951 a 2010, la estación meteorológica 14169 Zapopan, no registro días de heladas.

**I.3.5. Dirección y velocidad del viento promedio.**

La contaminación de la atmósfera se manifiesta de forma diversa, incide directamente en el deterioro del medio ambiente y afecta la vida de las comunidades. Una variable que influye significativamente en la concentración y acumulación de contaminantes en el aire es la velocidad el viento (Molina & Molina 2005). El tipo de influencia que un contaminante puede producir en una zona urbana depende del transporte desde su origen y del tiempo que permanezca en la atmósfera. Un ejemplo característico ocurre en las ciudades ubicadas en valles y con gran estabilidad atmosférica. Esta y otras características son comunes en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Asimismo, la presencia de núcleos urbanos influye en el movimiento de las masas de aire al disminuir su velocidad y formar turbulencias (Molina & Molina 2005).

Los vientos se relacionan con la dinámica horizontal atmosférica y en función de ella se puede conocer la dirección de desplazamiento del contaminante, la rapidez de dispersión y la turbulencia. Los vientos locales desplazan el aire desde zonas de alta presión a baja presión determinando los vientos dominantes de un área. Estos vientos contribuyen en gran medida a la acumulación y/o dispersión de los contaminantes (Barry & Chorley 1999).

Según datos vectoriales del continuo nacional, de la carta de efectos climáticos regionales, escala 1: 250,000 Guadalajara, de los meses noviembre a abril el porcentaje de la dirección de los vientos es la siguiente: Los vientos predominan en dirección NorOeste y Oeste con el 30%, seguido del SurOeste con el 19%, Este con el 13% y NorEste con el 8% durante esta temporada no se tienen registradas calmas por lo que los vientos abarcan el 100%.

Así mismo se utilizó la carta de los de los meses de mayo a octubre, donde se obtuvieron los siguientes datos: los vientos predominantes corresponden al SurOeste con una predominancia del 23% seguidos del NorOeste y Oeste con el 20%, NorEste y Este con el 15 y 13% y Sur con el 8%, sumando un total de 99% ya que el 1% restante corresponde a las calmas registradas en dicha temporada. Es importante señalar que los vientos que presentan una incidencia menor al 5% no son tomados en cuenta (Tabla 16).

**Tabla 16. Valores Dirección y porcentaje de los vientos**

Dirección	Meses		Noviembre-Abril				Mayo-Octubre				Calmas	
	NO	O	SO	E	NO	SO	NO	O	NE	E		S
Porcentajes	30%	30%	19%	13%	8%	23%	20	20	15%	13%	8%	1%

De acuerdo a la nomenclatura empleada por Köppen y la clasificación propuesta por García (1964).

### **I.3.6. Geología y geomorfología**

En la Zona de Influencia se asientan dos estructuras geológicas que corresponden a material Volcanoclástico y a Riolita esto con los datos del conjunto vectorial de la carta Geológica F13-12 editada por el INEGI, Escala 1:250,000

#### **Volcanoclástico**

El material Volcanoclástico hace referencia a los fragmentos de roca producto de la actividad volcánica que posteriormente se depositaron en la superficie y se consolidaron en mayor o menor grado. Esta unidad geológica es relacionada a la Caldera de La Primavera cuya fase explosiva inicial consiste en flujos piroclásticos que datan de hace 0.12 Ma.

#### **Riolita**

Una riolita es una roca volcánica (ígneas extrusivas) rica en sílice compuesta principalmente por fenocristales de cuarzo y feldespato alcalino, a menudo con cantidades menores de plagioclasa y biotita, contenidos en una matriz vítrea o microcristalina. Su composición félsica (ácida) dominada por cuarzo (mayor al 20%) y feldespato alcalino (mayor al 30%), es el equivalente volcánico de grano fino del granito.

#### **Geología Histórica**

El sitio del proyecto se encuentra en una zona de traslape de varias unidades geológicas originadas a distintas épocas que van desde la época del Mioceno (correspondiente a la formación de la Barranca del Río Santiago) hasta rocas más recientes del Cuaternario (formación del Bosque de La Primavera).

La Barranca del Río Santiago es el accidente geográfico más importante del occidente del país. La profundidad que dicho cañón alcanza al bordear la zona metropolitana de Guadalajara es de más de 550 m y aguas abajo en la presa de Santa Rosa en el municipio de Amatlán, registra ya una profundidad de más de 800 m. La Barranca del Río Grande de Santiago es una formación geológica con una estimación aproximada de 15 millones de años y presenta a lo largo de sus riscos de gran altura, formaciones rocosas de diferentes tipos, entre las que destacan roca ígnea intrusiva y extrusiva, y conglomerados de roca sedimentaria en la parte media baja, así como capas de rocas metamórficas.

Al inicio de la barranca, el cauce del Río Santiago y la erosión de miles de años han motivado la formación de grandes riscos y un sistema escalonado de mesas volcánicas, cuya estructura geológica da la oportunidad de estudiar y observar fácilmente los tipos de rocas y suelos que conforman dicho cañón, al igual que los escurrimientos pluviales que han formado cauces de arroyos de temporal y cascadas de gran altura.

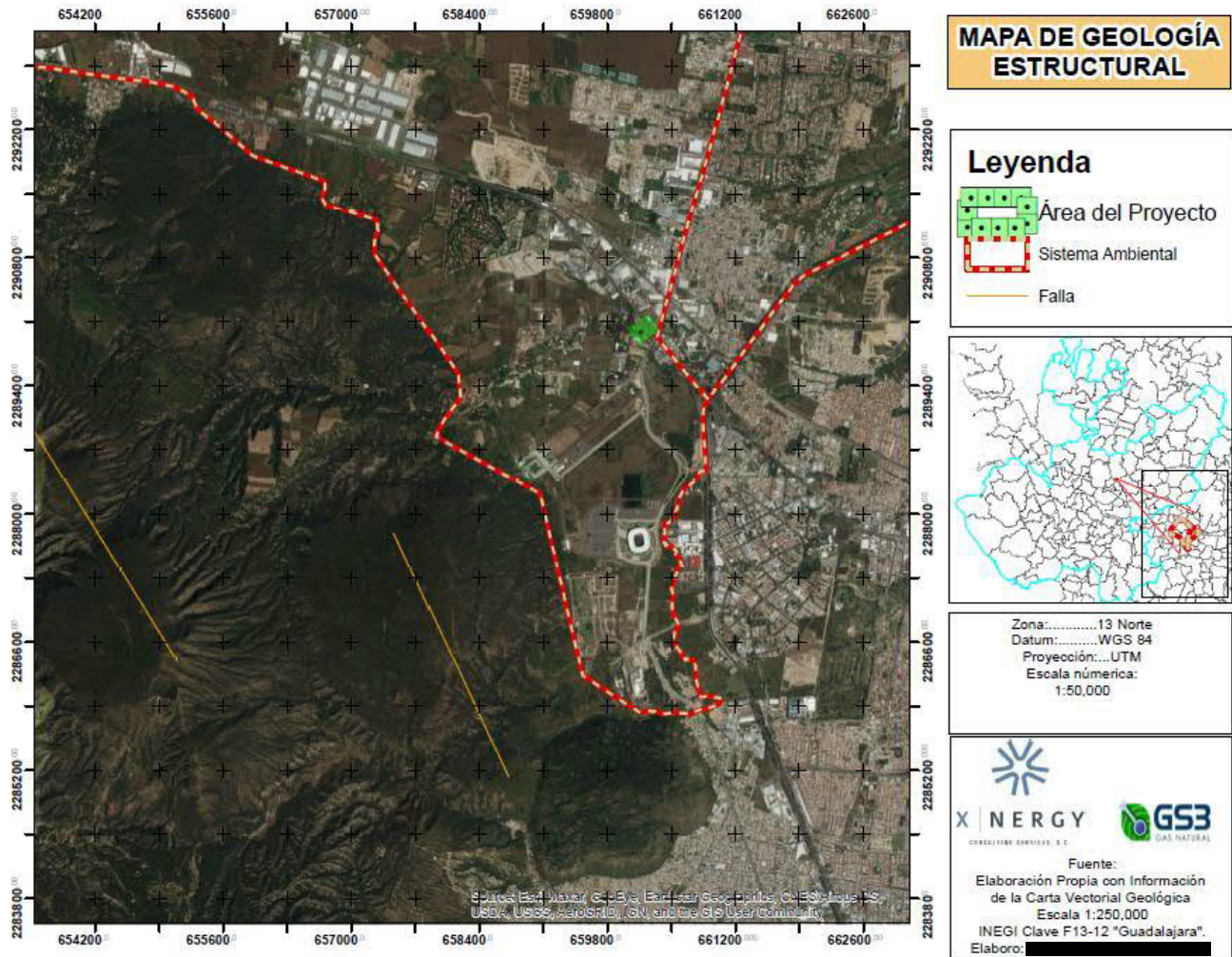
El Volcanoclástico se formó por la actividad volcánica, generalmente explosiva, seguida de una remoción de material por acción del agua o flujos de masas con diversos grados de saturación de agua como lodos o deslizamientos de laderas por inestabilidad; constituidas principalmente por material particulado o fragmentado que posteriormente es depositado por este proceso (epiclastos) o bien, fragmentos originados directamente por vulcanismo y depositados a partir de procesos de transporte que son resultado directo de dicha actividad. Se puede decir que la permeabilidad del material Volcanoclástico presenta una porosidad y permeabilidad alta debido a la fragmentación de las partículas que lo constituyen, por otra parte, las unidades riolíticas presentan poca permeabilidad.

### **Geología Estructural**

Una Falla Geológica es el desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla". Las fallas son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogenesis, orogenia, diastrofismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas.

De acuerdo con los datos del conjunto vectorial de la carta Geológica F13-12 editada por el INEGI, Escala 1:250,000. Se localizan 2 fallas geológicas cercanas al Área del Proyecto, la primera ubicándose a 3.6 Km de distancia, la segunda se encuentra a 6.3 Km ambas en dirección Suroeste.

De igual forma se identificó un Flujo de derrames Volcánicos, ubicado a 4.9 km al Suroeste (Figura 17)



Nombre  
 persona  
 física, Art.  
 113  
 fracción I  
 de la  
 LFTAIP y  
 116  
 primer  
 párrafo de  
 la  
 LGTAIP.

**Figura 17. Mapa de unidades geológicas. Carta 1:250,000 INEGI**

### Litología

En cuanto a la litología dentro del Zona de Influencia se encuentra una clase de roca denominada ígnea extrusiva la cual es un tipo de roca volcánica, se forma cuando el magma fluyendo hacia la superficie de la Tierra, haciendo erupción fluye sobre la superficie de la Tierra en forma de lava; luego se enfría y se forman las rocas. La lava que hace erupción hacia la superficie de la Tierra puede provenir de diferentes niveles del manto superior de la Tierra.

Cuando la lava ha hecho erupción sobre la superficie de la Tierra, se enfría rápidamente. Si la lava se enfría en menos de un día o dos, los elementos que unen a los minerales no disponen de mucho tiempo. En su lugar, los elementos son congelados dentro del cristal volcánico. Con frecuencia, la lava se enfría después de unos cuantos días o semanas, y los

minerales disponen de suficiente tiempo para formarse, pero no de tiempo para crecer y convertirse en grandes pedazos de cristal.

### **Geomorfología**

Con base a la Carta Vectorial de Sistema de Topoformas escala: 1:250,000 del INEGI, las Topoformas que se localizan en la Zona de Influencia se corresponden a “**Lomeríos de Basalto con Cañadas**” y “**Domo Volcánico**” (Figura 18)

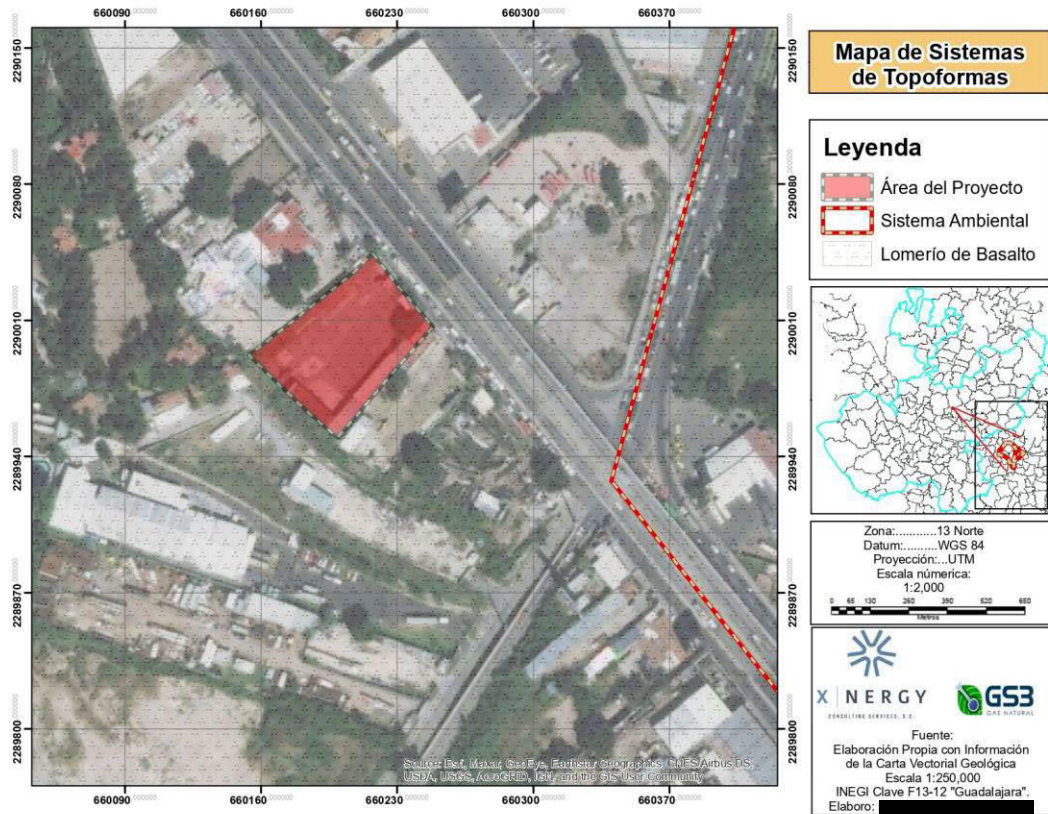
Los Lomeríos son elevaciones de poca altura, con circunferencia basal alargada y relieve formado de dos vertientes que se inclinan en dirección opuesta.

**El Basalto** es una roca ígnea volcánica de color oscuro, de composición máfica rica en silicatos de magnesio y hierro y en sílice, que constituye una de las rocas más abundantes en la corteza terrestre. Los basaltos suelen tener una textura porfídica con fenocristales de olivino, augita, plagioclasa y una matriz cristalina fina. En ocasiones puede presentarse en forma de vidrio, denominado sideromelano, con muy pocos cristales o sin ellos.

**El basalto** es la roca volcánica más común y supera en cuanto a superficie cubierta de la Tierra a cualquier otra roca ígnea, incluso junta forma la mayor parte de los fondos oceánicos. También hay grandes extensiones de basalto, los continentes. Islas oceánicas y arcos volcánicos continentales e insulares son otros lugares donde se puede hallar basalto.

**Las Cañadas** son formadas por acción de la fuerza del agua la cual dibuja un paso por donde fluye un cauce entre dos elevaciones cercanas entre sí.

**Domo Volcánico** Estructura volcánica en forma de cúpula. Está formada por capas de magma ácido que no llegan a abandonar el conducto de emisión, por lo que crecen en él, y que liberan ocasionalmente sus componentes volátiles en coladas de piroclastos. Crecen desde dentro hacia fuera y su estructura interna recuerda a la de una cebolla, es decir, que los materiales que lo componen son tanto más jóvenes cuanto más interna sea su posición.



Nombre  
 persona  
 física, Art.  
 113 fracción  
 I de la  
 LFTAIP y  
 116 primer  
 párrafo de  
 la LGTAIP.

**Figura 18. Mapa de Topoformas de la Zona de Influencia**

### Estratigrafía

La Estratigrafía es la rama de la Geología que trata del estudio e interpretación, así como de la identificación, descripción y secuencia tanto vertical como horizontal de las rocas estratificadas; también se encarga de la cartografía y correlación de estas unidades de roca, determinando el orden y el momento de los eventos en un tiempo geológico determinado, en la historia de la Tierra.

Puesto que las rocas sedimentarias son los materiales fundamentales de la estratigrafía, son los procesos sedimentarios que originan la formación de las rocas sedimentarias. Por tanto, un registro estratigráfico es el resultado de la continuidad de procesos sedimentarios a través de la dimensión del tiempo geológico; constituye el banco de datos fundamental para la comprensión de la evolución de la vida, la configuración de las placas tectónicas a través del tiempo y los cambios climáticos globales.

### Perfil Estratigráfico General

Con base a la Carta Geológica-Minera de Guadalajara F13-12, la Zona de Influencia se localiza dentro de un perfil estratigráfico que abarca de la sección C - C´ entre la zona de la

Cd. de Guadalajara y la Sierra los Guajolotes, el cual corresponde al perfil **Toba Riolítica (QptTR)** y **Ríolita** que a continuación se describe:

**Toba Riolítica (QptTR)** este estrato se formó en la era del Cenozoico, en el periodo Cuaternario del pleistoceno la cual presenta una edad radiométrica aproximada de 0.12 Ma.

**Ríolita** este estrato se formó en la era del Cenozoico, en el periodo Cuaternario del pleistoceno la cual presenta una edad radiométrica aproximada de 0.035 a 6.5 Ma.

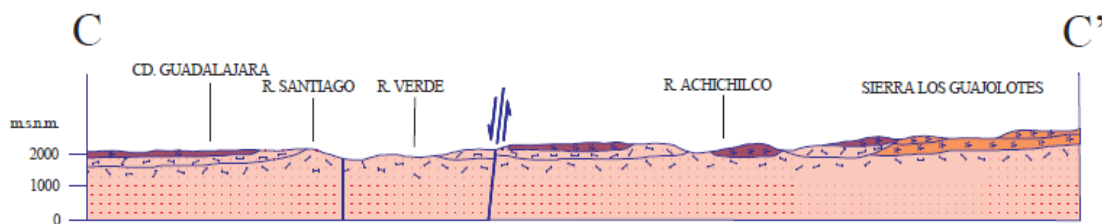


Figura 19. Perfil Estratigráfico de la Carta Geológica Minera

### I.3.7. Suelos.

Se realizó en el predio considerado para la realización del proyecto, un estudio de la mecánica del suelo en el sitio, lo cual dio como resultado lo siguiente:



El del año 2007 escala 1: 250,000 INEGI se encontró que dentro de la Zona de Influencia las unidades de suelo actuales son Regosol y Phaozems. Mientras que para el Área del Proyecto la unidad de suelo es Regosol (Figura 20).

Para la descripción de estas unidades de suelo se siguió la clasificación presentada por la FAO UNESCO en su Base Referencial del Recurso Suelo del 2014, donde se mencionan las características de estos tipos de suelos.

### **Regosol**

Los Regosoles son suelos poco desarrollados en materiales no consolidados que carecen de un horizonte mólico o úmbrico, no son muy delgados o muy ricos en fragmentos gruesos (Leptosols), tampoco arenosos (Arenosols), ni con materiales flúvicos (Fluvisols). Los Regosols son muy extensos en tierras erosionadas y zonas de acumulación, en particular en zonas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.

### **Descripción resumida de Regosol**

Connotación: Suelos poco desarrollados en material no consolidado, del griego rhegos, manto.

Material parental: Material no consolidado, generalmente de grano fino.

Medio ambiente: En todas las zonas climáticas sin permafrost y a todas altitudes. Estos suelos son particularmente comunes en zonas áridas (incluyendo los trópicos secos) y en regiones montañosas.

Desarrollo del perfil: No hay horizontes de diagnóstico. El desarrollo del perfil es mínimo como una consecuencia de su corta edad y/o una formación del suelo muy lenta, por ejemplo, debido a la aridez.

### **Phaozems**

El Grupo de Suelos de Referencia denominado Phaeozem o Feozem (WRB, 1998) se encuentra incluido en su “Conjunto 8” Este último incluye, entre otros, los suelos de las zonas esteparias que se encuentra a medio camino entre los climas secos y las zonas templado-húmedas. Tal franja de transición tiene una vegetación clímax de pastizales con hierbas efímeras y bosques xerófilos (secos). Su localización corresponde con los ambientes

en los que el proceso de acumulación de sales en el subsuelo comienza a ser reemplazado por otro en la que su lixiviación (incluidos carbonatos) será protagonista en la edafogénesis.

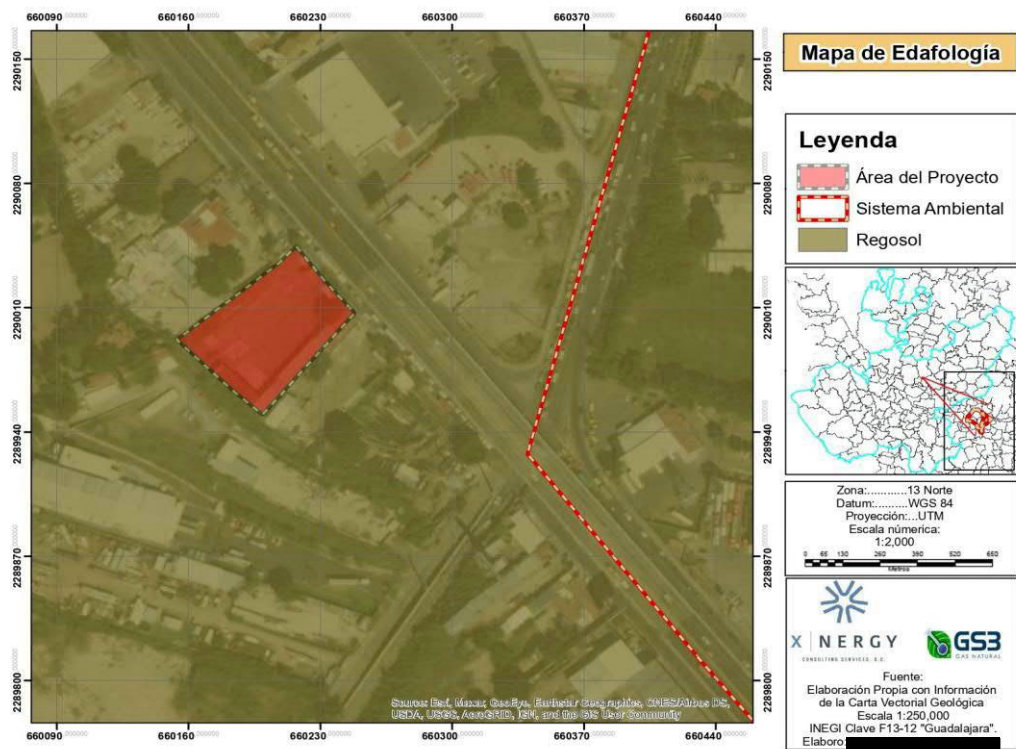
**Descripción resumida de Regosol**

Connotación: Suelos oscuros ricos en materia orgánica; del griego phaios, oscuro, y ruso zemlja, tierra.

Material parental: Materiales no consolidados, predominantemente básicos, eólicos (loess), till glaciario y otros.

Ambiente: Cálido a fresco (e.g. tierras altas tropicales) regiones moderadamente continentales, suficientemente húmedas de modo que la mayoría de los años hay alguna percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seca; tierras llanas a onduladas; la vegetación natural es pastizal como la estepa de pastos altos y/o bosque.

Desarrollo del perfil: Un horizonte mólico (más fino y en muchos suelos menos oscuro que en los Chernozems), principalmente sobre horizonte subsuperficial cámbico o árgico.



Nombre  
 persona física,  
 Art. 113  
 fracción I de la  
 LFTAIP y 116  
 primer párrafo  
 de la LGTAIP.

**Figura 20. Mapa de Edafología del sistema ambiental**

### I.3.8. Hidrología superficial y subterránea

#### Recursos Región Hidrológica

El proyecto se encuentra ubicado en la Región Hidrológica Lerma-Santiago con clave RH12. De acuerdo con los datos obtenidos del Simulador de Flujos de Aguas de Cuencas Hidrográficas del INEGI, esta región presenta un área de 135,493.17 km<sup>2</sup>, y se localiza en las coordenadas 20° 47' 41" de Latitud Norte y a los 103°25' 53" de Longitud Oeste (Figura 21).

Los colectores principales de esta Región Hidrológica son los ríos Lerma, Grande de Santiago, Verde, Juchipila, Bolaños y Huaynamota, así como el Lago de Chapala (INEGI, 2000).

Esta región está conformada por 12 cuencas, siendo la cuenca R. Santiago-Guadalajara con clave RH12E la que atañe al presente estudio por contener en ella el área del proyecto. Presenta un área de 10,090.52 km<sup>2</sup> (SIATL) y se localiza en la porción central Oeste de la RH. Es drenada por una serie de corrientes pequeñas tales como La Cañada, El Huracán, Paso del Lobo, San Antonio, A. Grande, Los Tubos y el más importante por su longitud es el Río Grande de Santiago. Este último tiene su origen al Noreste del Lago de Chapala. Los principales cuerpos de agua son la Presa de Calderón, la segunda fuente superficial de abastecimiento de la zona metropolitana de Guadalajara, Santa Rosa y el Lago de Cajititlán. El agua se destina a los usos potable, agrícola y en menor escala al doméstico y pecuario (INEGI 2000).

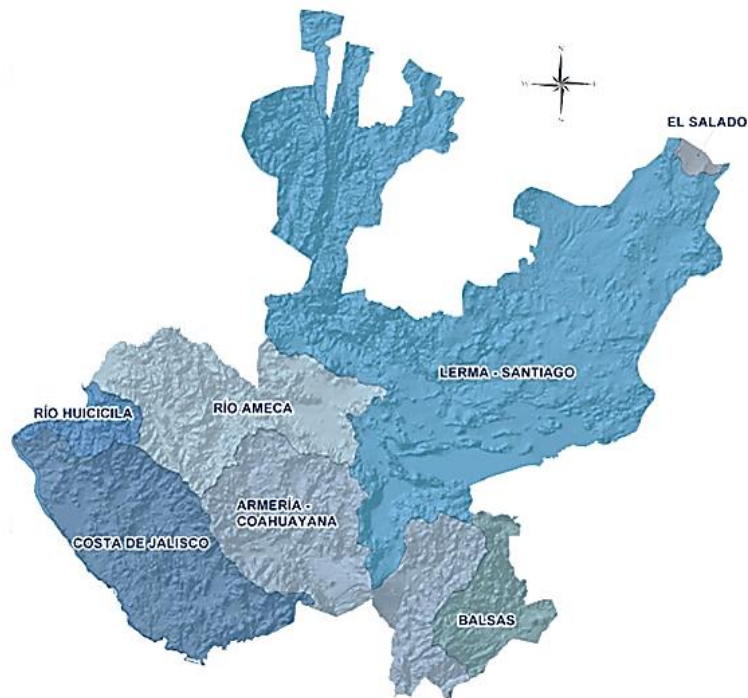


Figura 21. Regiones Hidrológicas del Estado de Jalisco

### **Cuenca R. Santiago-Guadalajara (E)**

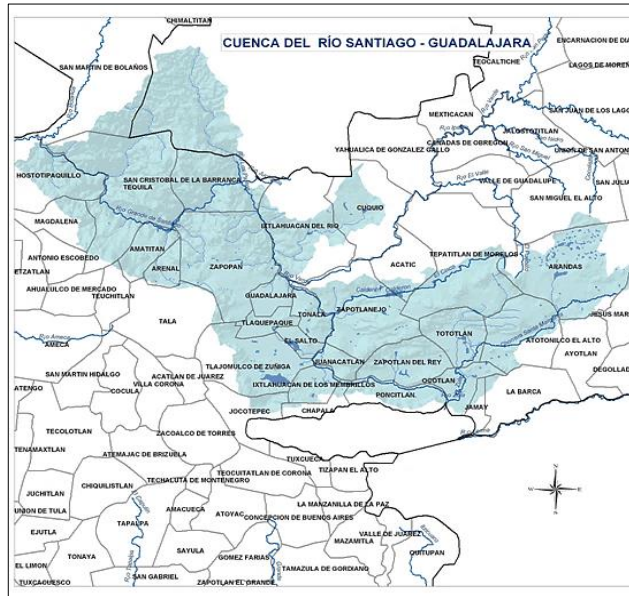
La cuenca R. Santiago-Guadalajara, se localiza al centro-Oeste de la RH12 dentro de la cual queda comprendida la zona metropolitana de Guadalajara; cuenta con una superficie aproximada de 9,641 km<sup>2</sup> equivalentes al 11.9 % de la superficie estatal. Colinda al Norte con las cuencas: R. Juchipila, y R. Verde Grande, al Este con las cuencas: R. Lerma-Salamanca y la R. Lerma-Chapala, al Sur con las cuencas: R. Lerma-Chapala y la L. Chapala de la misma RH, al Oeste con la cuenca Presa La Vega-Cocula de la RH14 y la cuenca Santiago-Aguamilpa, de la RH12 (Figura 22).

Esta cuenca es drenada por una serie de corrientes pequeñas tales como La Cañada, El Huracán, Paso del Lobo, San Antonio, A. Grande y Los Tubos. El más importante por su longitud es el Río Grande de Santiago.

En la cuenca existen cinco estaciones hidrométricas, de éstas se describen las más importantes como Santa Rosa ubicada sobre el Río Grande de Santiago, que reportó un volumen medio anual 152,380.087 Mm<sup>3</sup> durante 1995; La Experiencia, sobre el mismo cauce, la cual reporta un volumen medio anual de 8,975.475 Mm<sup>3</sup> para 1994; Corona, instalada en el Río Grande de Santiago, en el municipio de Poncitlán, la cual afora un volumen medio anual de 1,352.633 Mm<sup>3</sup>.

Para la cuenca Río Santiago-Guadalajara se cuantificó un escurrimiento medio anual de 1,120.19 Mm<sup>3</sup>, procedente de un volumen medio precipitado de 8,961.58 Mm<sup>3</sup> por año y un coeficiente de escurrimiento del 12.5%. En cuanto a las estimaciones calculadas por la CNA, se tiene una disponibilidad de 1,996.50 Mm<sup>3</sup>, por lo tanto, su balance hidrológico arroja gran disponibilidad.

De acuerdo a la clasificación de Wilcox la calidad de agua para el riego es principalmente C2-S1 (agua de salinidad media y baja en sodio) y menor proporción de calidad C2-S3 (agua de salinidad media y alta en sodio).

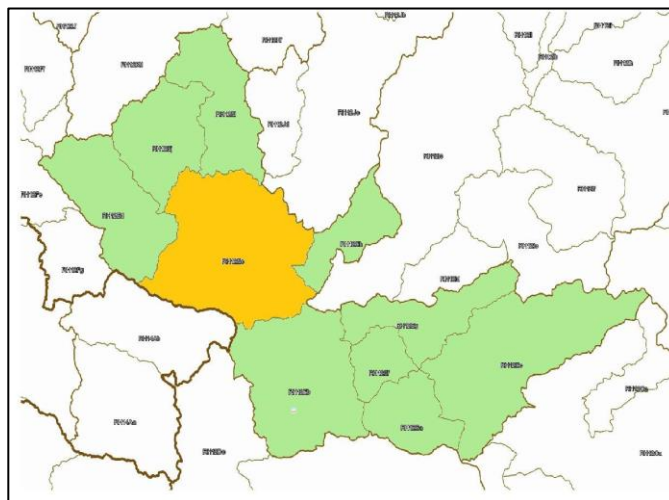


**Figura 22. Ubicación de la cuenca R. Santiago-Guadalajara en el estado de Jalisco**

**Subcuenca R. Verde – P. Santa Rosa (c)**

La cuenca R. Santiago - Guadalajara se divide en 10 subcuencas (Figura 23), siendo de especial interés la subcuenca R. Verde – P. Santa Rosa clave c (color amarillo), por encontrarse en ella el área de proyecto.

El área de esta subcuenca es de 1,936.56 km<sup>2</sup> y es de tipo exorreica, es decir una cuenca que drena hacia otra cuenca. Su elevación máxima va de los 2,900 a los 740 msnm, su pendiente media es del 22.74%; la corriente principal de la subcuenca presenta una longitud de 116,591 m., con una elevación máxima que va de los 2,024 a los 700 msnm, su pendiente promedio es del 1.135 %.

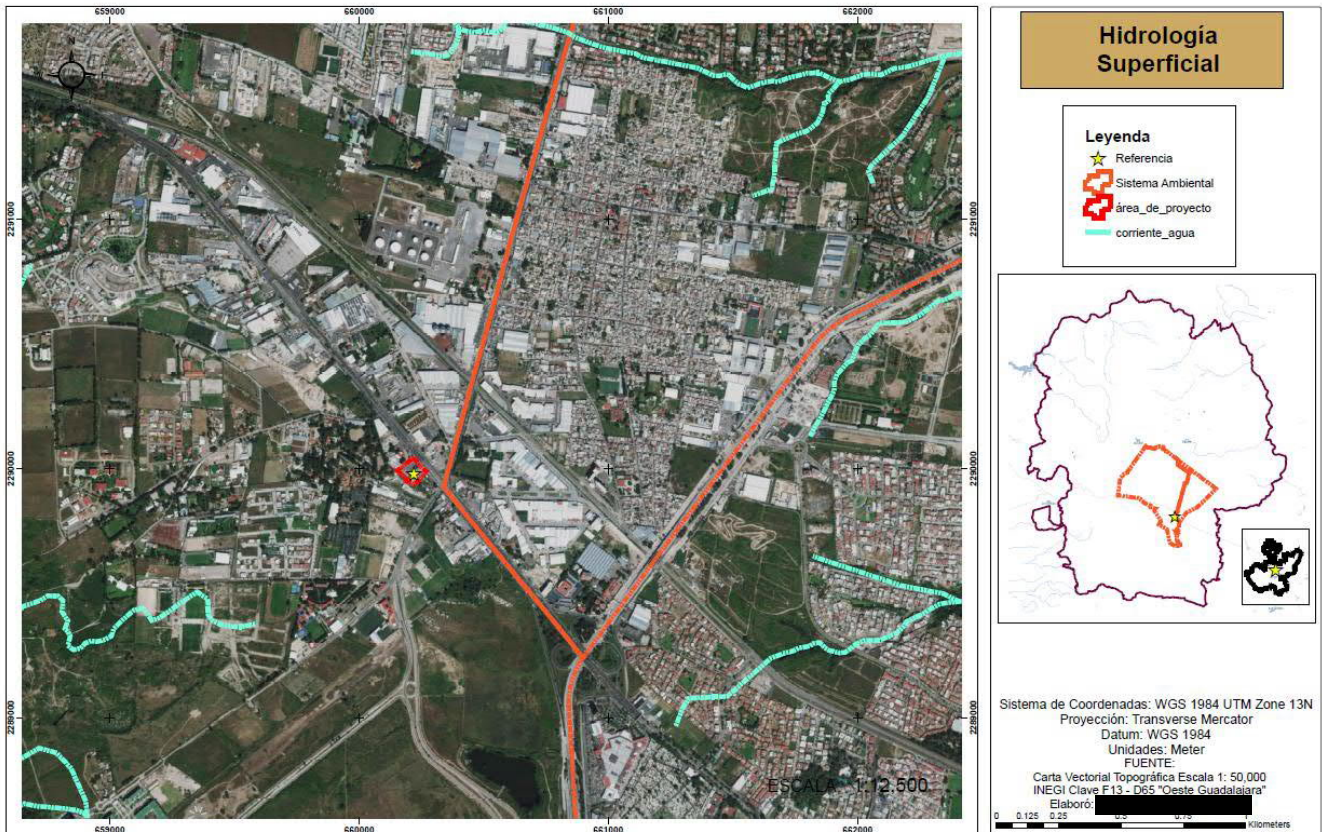


**Figura 23. Subcuenca R. Verde – P. Santa Rosa (c), en la cuenca R. Santiago – Guadalajara**

**Identificación de escorrentías y cuerpos de agua cercanos al proyecto.**

De acuerdo con la información de INEGI en la Carta Vectorial Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1: 250,000 con clave F13-12 dentro del Área del Proyecto y Zona de Influencia, no se encuentra ningún cuerpo de agua o canales de conducción de agua, sin embargo se ubicaron 2 corrientes la primera se ubica a una distancia de 1.3 km en dirección al Suroeste misma que cuenta con flujo hídrico en dirección Este-Suroeste, la segunda escorrentía se encuentra a una distancia de 1.6 km al Este con una dirección de flujo Sur-Norte ambas corrientes son del tipo intermitente.

Es de mencionar que se localizaron dos cuerpos de agua del tipo intermitente el primero a una distancia de 1.2 Km, el segundo se ubica a 1.6 km ambos en dirección Sureste (Figura 24).

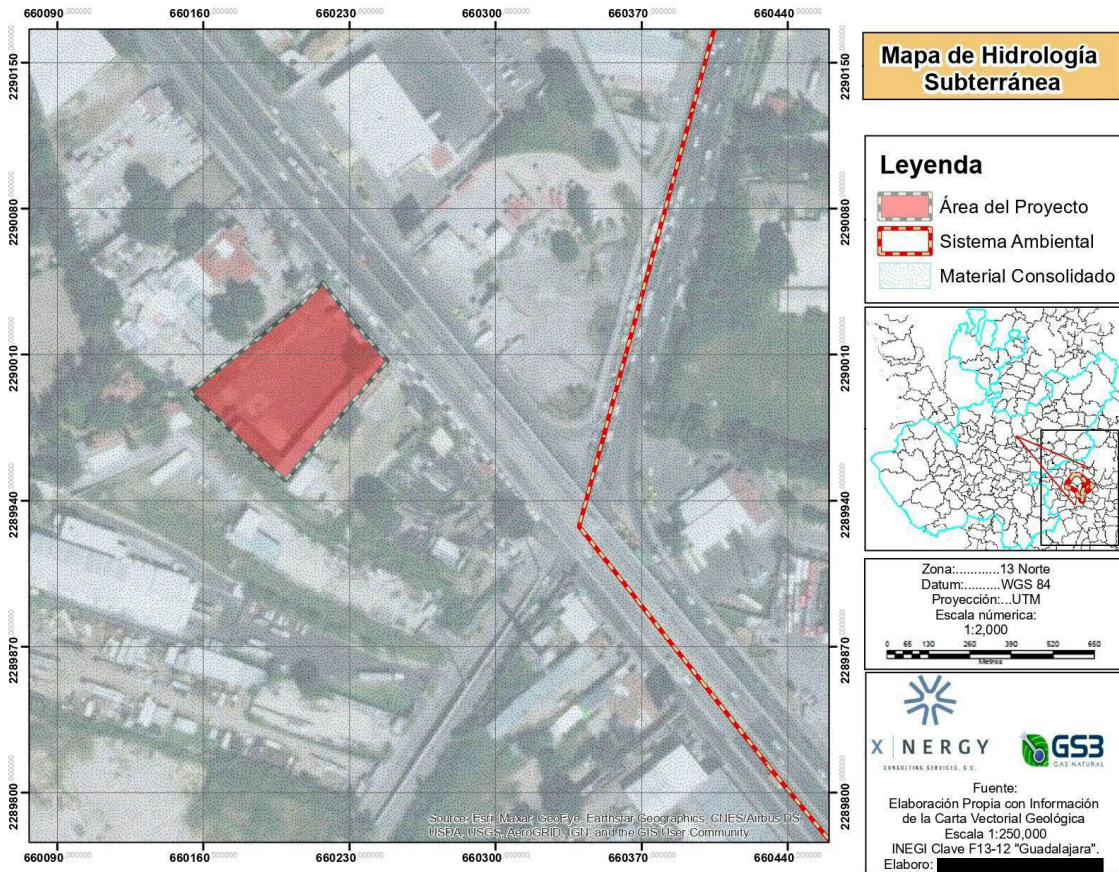


**Figura 24. Mapa de Hidrología Superficial.**

**e) Hidrología subterránea**

De acuerdo con la información de INEGI en la Carta Vectorial Hidrológica de Aguas Subterráneas escala 1: 250,000 con clave F13-12 el Área del Proyecto se localiza la unidad geohidrológica; material consolidado con posibilidades altas de presentar mantos freáticos, está catalogado como área de veda con concentración de pozos.

El proyecto no contempla el desarrollo de actividades que de alguna manera pudieran contaminar escorrentías o cuerpos de agua subterráneos a causa del manejo de residuos o sustancias de manejo especial o peligrosos (Figura 25).



Nombre persona física, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

**Figura 25. Mapa de hidrología subterránea**

### 1.3.9. Vegetación terrestre

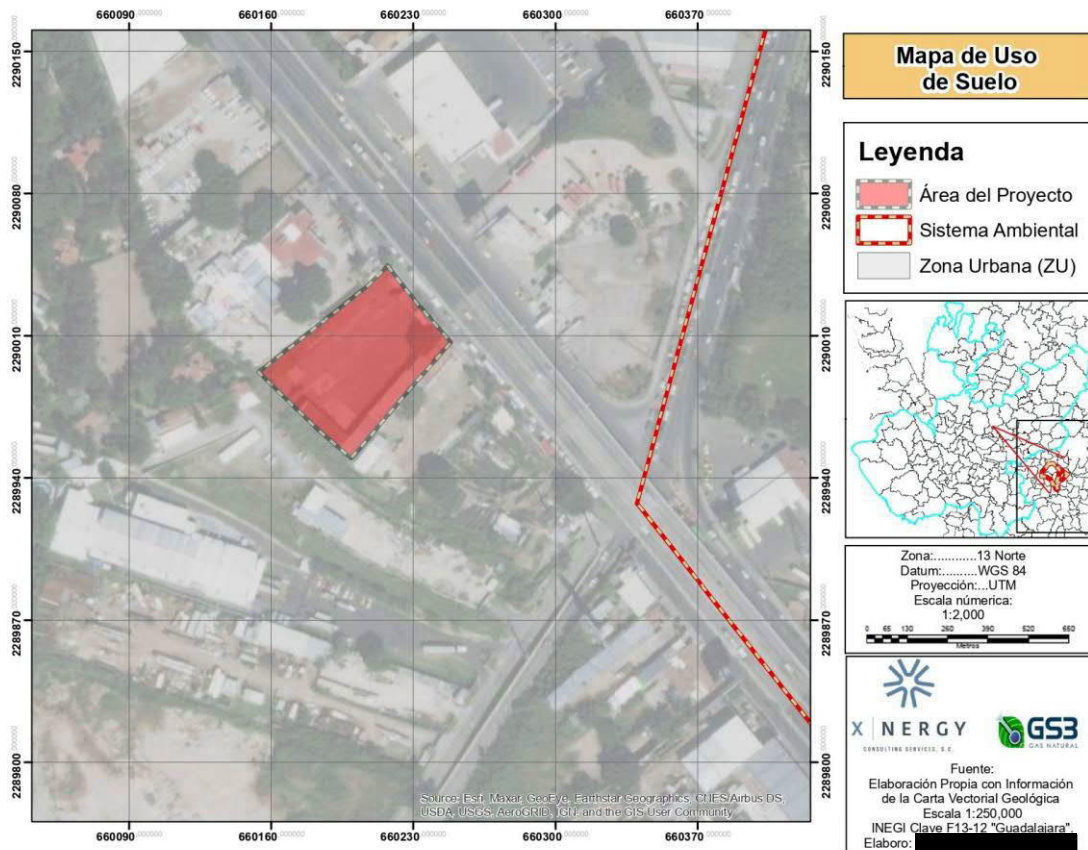
El término vegetación se refiere a la comunidad vegetal de un lugar, determinado por las formas de vida dominantes, ya sean árboles, arbustos o hierbas que le brindan su aspecto, fisonomía, la afinidad biogeográfica o morfología. La vegetación del área de estudio se presenta en una zona de transición de las regiones Neártica y Neotropical (Rzedowski 1978), sin embargo, las comunidades vegetales registradas distan de ser diversas debido a su localización y cercanía con la zona metropolitana de Guadalajara, que sigue en continuo crecimiento y a su vez ejerciendo una fuerte presión de desplazamiento de la vegetación original, así lo demuestra la presencia de la mayoría de las especies encontradas.

#### Área de estudio S/A

Para la descripción de los tipos de vegetación que a continuación se presentan, se tomó como referencia la carta de INEGI F1312 de Uso de Suelo y Vegetación, escala 1:250 000, serie VI. Con base en dicha Carta el uso de suelo para el Área de estudio (AE) corresponde a

3 tipos de usos diferentes Zona Urbana (ZU), Asentamientos Humanos (AH) y por último Agrícola-Forestal-Pecuario, mientras que para el Área del Proyecto se encuentra inmerso dentro de la Zona Urbana (ZU).

Asimismo, se menciona que el Área del Proyecto ha sido sometido desde hace mucho tiempo a un riguroso proceso donde las actividades antrópicas han modificado por completo el uso de suelo original, dichas actividades han propiciado el establecimiento de especies que ven favorecido su desarrollo con los disturbios, por lo que la comunidad vegetal que establece la serie VI del INEGI es Urbano Construido (Figura 26)



**Figura 26. Uso de suelo del Área del Proyecto.**

### Descripción del uso de suelo y vegetación

Con base en el mapa antes mencionado, el uso de suelo corresponde a No Aplicable, como lo establece la nomenclatura del INEGI a continuación se describe.

### **No aplicable (Urbano construido)**

Según el Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación INEGI, escala 1:250 000, el término No aplicable se emplea cuando un atributo de un objeto especial pierde su significado debido al valor que toma otro atributo del mismo objeto espacial. Lo anterior indica que el atributo no es válido cuando el valor del atributo Tipo es Complementario o agrícola, pecuario o forestal, cabe mencionar, que el uso de este término es recurrente cuando se trata de proyectos localizados dentro del área metropolitana de Guadalajara y de igual manera en otros localizados en zonas densamente pobladas.

Es importante también señalar que el Zona de Influencia ha sido sometido desde hace mucho tiempo a un riguroso proceso donde las actividades antrópicas han modificado por completo el uso de suelo original, dichas actividades tanto dentro y fuera del Zona de Influencia han propiciado el establecimiento de especies que ven favorecido su desarrollo con los disturbios.

**En lo que hace al tema de flora es de señalar que el predio no cuenta con flora de relevancia, únicamente se observa crecimiento de hierba, no se observan especies protegidas ni dentro del predio, ni en las cercanías (Figura 27).**



**Figura 27. Herbáceas presentes en el predio**

### **I.3.10. Fauna**

En Jalisco, se distribuyen 49 especies de anfibios, 151 de reptiles (Cruz-Saenz et al., 2009a), 554 de aves (Palomera-García et al., 2007) y 168 de mamíferos (Guerrero y Cervantes, 2003). Esta diversidad en el Estado se debe a que Jalisco se localiza en la intersección de regiones biogeografías (el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre Occidental) dotándolo de una variedad de ambientes y ecosistemas, siendo los bosques de coníferas y Quercus los que mantienen el mayor número de especies de vertebrados, y los bosques tropicales caducifolios los que presentan el mayor número de especies endémicas (Flores-Villela y Gerez, 1994). A pesar de ser un Estado relativamente poco estudiado, ocupa el sexto lugar en diversidad de vertebrados mesoamericanos presentes en el país y el séptimo en cuanto a endémicos estatales (Flores-Villela y Gerez, 1994).

Durante la visita a campo, se corroboró que el área que atañe al presente proyecto se encuentra inmerso dentro de la mancha urbana, por lo que los componentes ambientales se encuentran deficientes debido a un alto grado de perturbación y transformación, propiciando la presencia de organismos oportunos y adaptados a las grandes urbes los cuales se enlistan a continuación.

**Tabla 17. Fauna vista durante la visita a campo**

<b>Familia</b>	<b>Genero</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nom-059</b>
Columbidae	Columbia	<i>Columbia livia</i>	Paloma doméstica	
Columbidae	Columbina	<i>Columbina inca</i>	Tortola cola larga	
Icteriade	Quiscalus	Quiscalus mexicanus	Zanate	

De las especies observadas, ninguna se encuentra bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT.

#### I.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

##### I.4.1. Histórico de accidentes e incidentes en instalaciones similares

El histórico de accidentes es una base de datos de los accidentes que han ocurrido en instalaciones similares a la que se está analizando, con ayuda de ella se puede llevar a cabo un Análisis Frecuencia de la periodicidad con la presentan los distintos tipos de accidentes, así como la búsqueda de los agentes que pudieron cuásar dichos eventos, revisando las condiciones de seguridad y operación en las instalaciones existentes, lo que nos lleva a mejorar sustancialmente los diseños y procedimientos de operación y seguridad.

El Análisis Histórico de Accidentes es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos recogidos del pasado de accidentes ocurridos en instalaciones similares y permite vislumbrar el potencial riesgo que tiene la TC Vallarta.

Sin embargo, en México la cultura de previsión de accidentes no ha alcanzado mecanismos que permitan tener trazabilidad sobre los distintos accidentes que ocurren, incluso la búsqueda de las causales no se realiza o se obvia, dificultando el Análisis del Histórico de Accidentes, sin embargo, hay estadísticas que indican que el mayor número de emergencias relacionadas con la liberación de sustancias altamente riesgosas, tienen que ver con el uso inadecuado del gas a nivel doméstico y se deben en mayor medida por la falta de mantenimiento en instalaciones y aparatos; en segunda instancia se tiene a la distribución del gas por parte de compañías quienes transportan el hidrocarburo por medio de autotanques (pipas) a domicilio.

Consultando bases datos de diversas fuentes, se ha detectado que es muy poca la información disponible respecto a accidentes ocurridos durante operaciones de suministro y/o manipulación de gas natural en Estaciones de Servicio. De acuerdo a ello, se presenta a en la **Tabla 18** se muestra el detalle de un accidente ocurrido en una estación de llenado de contenedores, el cual, a pesar de no haber ocurrido en una estación de servicio, guarda cierta relación con el proyecto en evaluación. De igual manera se reafirma el compromiso por parte del promovente de reportar y asentar en bitácora de operación, la ocurrencia de estos eventos.

**Tabla 18. Detalle de accidente en una estación de llenado de contenedores**

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancias involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales dañados)	Acciones realizadas para su atención
2012	San Miguel Xoxtla.	Contenedores con Cilindros de GNC	Gas Natural	Estallido/ e Incendio	Falla en sistema de carga de tanques para transporte.	Emisión de partículas derivadas de la combustión de los contenedores.	Cierre de Válvulas de control, Extinción de Incendio, Evacuación y ventilación.

Fuente: (Sánchez, Andrés; Agencia Reforma, 2012) Sánchez, Andrés; Agencia Reforma. (13 de noviembre de 2012). Explota Gasera en Puebla y deja 3 personas heridas. El Sur. periódico de Guerrero. Recuperado el 05 de Septiembre de 2017, de <http://suracapulco.mx/6/explota-gasera-en-puebla-y-deja-tres-personas-heridas/>

El análisis de este accidente ha sido tomado como referencia para el diseño del proyecto en evaluación, especialmente la adopción de sistemas de control y detección de desviaciones en el suministro de gas natural.

Estadísticamente, este tipo de sistemas de transportación de gas natural cuenta con un buen nivel de seguridad. La posibilidad de ocurrencia de un accidente en este tipo de actividades se puede considerar relativamente mínima si se toma en cuenta la experiencia de la empresa, las condiciones de operación del proceso, y las medidas de seguridad que se adoptarán.

Sin embargo, el manejo de gas natural, y de hidrocarburos en general en cantidades por arriba de la cantidad de reporte, entrañan un alto riesgo de accidentes potenciales.

El manejo y distribución de Gas Natural se considera una actividad de alto riesgo, de acuerdo con lo señalado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Diario Oficial de la Federación del 4 de mayo de 1992), cuya cantidad de reporte es de 500 kilogramos.

Es necesario tener siempre presente que muchos accidentes se han producido en empresas que manejan todo tipo de productos, ocasionados generalmente por falta de conciencia, exceso de confianza o por descuido.

En la Tabla 19 se presenta los antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural.

**Tabla 19. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural**

Año	Ciudad - País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
1944	USA	Instalación base de recepción en tierra	Gas Natural	Explosión	Se cambió el tanque contenedor debido a una fisura, el tanque nuevo tenía un defecto estaba hecho de bajo contenido de níquel y aleación de acero, el níquel es conocido que es susceptible a muy bajas temperaturas.	12.15 hectáreas Fueron afectadas severamente, invasión de nubes de vapor de gas.	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos
1964	Argelia	Barco de Almacenaje	Gas Natural	Fugas e incendio	Un rayo cayó sobre el elevador de ventilación delante de la nave, se liberó vapor y hubo una pequeña ignición.	Invasión de nubes de vapor de gas.	Purga de nitrógeno y aire sobre la línea vertical de la conexión.
1965	Inglaterra	Tanque de almacenaje	Gas Natural	Incendio	Vapores generados durante el mantenimiento.	Invasión de nubes de vapor de gas.	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos.
1968	USA	Tanque de almacenaje	Gas Natural	Explosión	Accidente por un aislamiento inadecuado de presión.	Invasión por nubes de vapor de gas.	Respuesta emergencias, bomberos y Servicios médicos
1971	Italia	Tanque de almacenaje	Gas Natural	Daños a la estructura del tanque	“Roll-over” repentino incremento en la presión del tanque.	Invasión de gas en el ambiente.	Respuesta a Emergencias
1979	USA	Punto de Cobertura de la subestación	Gas Natural	Explosión	Inadecuado cerrado de la bomba eléctrica de gas para sellar el flujo.	Vapor de gas y humo en el ambiente.	Respuesta emergencias, bomberos y servicios

Año	Ciudad - País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
		eléctrica					médicos.
1989	Inglaterra	Bombas de distribución	Gas Natural	Incendio	Una válvula no cerrada	Incendio afectando 40 mts., humo al ambiente.	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos.
1993	Indonesia	Línea de distribución	Gas Natural	Equipo y estructura dañada	Apertura de una línea durante el proyecto de modificación de un tubo.	Daños menores al suelo.	Respuesta emergencias
2003	México	Ducto de gas natural	Gas Natural	Explosión	Explosión del ducto de gas natural cercano de la ciudad de Mendoza, en investigación.	Daño a los alrededores y humo.	Respuesta emergencias, protección civil y servicios médicos.
2004	Argelia	Sistema de refrigeración	Gas Natural	Explosión	Se rompe el sistema de refrigeración y provoca incremento de temperatura vaporizadora.	Humo al ambiente e incendio alrededor de la planta.	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos
2006	Malasia	Sistema de compresor de gas propano de la turbina del primer tren	Gas Natural y gas propano	Incendio	Se rompió la estructura entre la cabeza y el tubo con las perillas para la recolección de gas natural.	Humo al ambiente	Respuesta emergencias
2007	México	Plataforma de Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Gas natural y crudo de petróleo	Incendio y explosión	El choque de la plataforma Usumacinta con la Kab 101, cuando el frente frío número 4 provocó rachas de viento de hasta 130 Km por hora y olas ente 6 y 8 metros de altura. El mal tiempo en las aguas del golfo de México ocasionó que la plataforma auto elevable Usumacinta, que realizaba labores de interconexión para perforar el pozo Kab 103, rompió el árbol de válvulas de la Kab 101,	Afectación y contaminación de las aguas marinas.	Respuesta emergencias, marina y servicios médicos.

Año	Ciudad - País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
					lo que originó un derrame de petróleo crudo y gas natural asociado		
2008	México	Ducto de gas	Gas Natural	Incendio	Golpe accidental al ducto por parte de los trabajadores, producto de una perforación para un puente vehicular.	Humo al ambiente	Respuesta emergencias, protección civil y servicios médicos.
2011	España	Cisterna	Gas Natural	Explosión	Accidente automovilístico en una curva	Afectación al talud de tierra y roca en la carretera	Respuesta emergencias, bomberos
2012	México	Instalación de extracción	Gas Natural	Explosión	Accidente donde explotó parte de las instalaciones de PEMEX, los encargados fueron los técnicos especializados de PEMEX exploración y producción, no hay detalles	Afectación de los terrenos aledaños a las instalaciones	Respuesta emergencias, protección civil y servicios médicos.
2013	México	Ducto de gas natural	Gas Natural	Explosión	Accidente causado al perforar un ducto de 10 pulgadas de diámetro por trabajadores de la construcción del puente vehicular del circuito exterior mexiquense.	Afectación alrededor, humo y fuego	Respuesta emergencias, bomberos, protección civil y servicios médicos.
2014	México, ZMMTY	Ducto de gas natural	Gas Natural	Incendio	Ocurrió una fuga en la zona hotelera del municipio de San Pedro Garza García, debido a tierra reblandecida por una fuga de agua que originó un colapso de la tubería por el paso constante de vehículos.	Afectación a instalaciones hoteleras, y generación de humos.	Respuesta emergencias y protección civil.

#### I.4.2. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo

##### I.4.2.1. Justificación técnica de la metodología de riesgos empleada

A fin de identificar los potenciales peligros y/o riesgos asociados, consideraremos los equipos, procesos, herramientas, y la sustancias que se manejan para llevar a cabo la distribución de gas natural revisando los puntos en los que se considera se pueda presentar una liberación de sustancia o la potencial ocurrencia de incidentes que puedan generar escenarios de riesgo en: maquinaria o equipos, procesos, operaciones, instalaciones, equipos de seguridad, etc.

Para el tipo de instalación que nos ocupa realizaremos la identificación de riesgos potenciales por equipos y sustancias que se manejan en el Proyecto (*Tabla 20 y Tabla 215*).

Los riesgos pueden ser generados por su ubicación, operación, falla del equipo o mantenimiento.

**Tabla 20. Identificación de riesgos asociados a sustancias y materiales peligrosos**

Sustancias y materiales peligrosos	Incendio	Explosión	Derrame	Inflamabilidad, Nube tóxica o asfixiante
Gas natural	√	√	X	√

√: Existe la posibilidad de riesgo; X: No existe posibilidad de riesgo.

Los riesgos están asociados a la liberación del combustible líquidos forma continua o masiva, dando paso a la formación de albercas de fuego (pool fire), incendio y/o atmósferas flamables.

**Tabla 21. Identificación de riesgos asociados al proceso**

Actividad	Incendio	Explosión	Derrame	Inflamabilidad, Nube tóxica o asfixiante
Trasvase, transferencia de combustibles y sustancias líquidas	√	√	X	√
Almacenamiento	√	√	X	√

√: Existe la posibilidad de riesgo; X: No existe posibilidad de riesgo.

Los riesgos están asociados a la liberación de gas de forma continua o súbita, por potenciales fallas durante la operación.

En la Tabla 22 se muestra el manejo de Sustancias clasificadas como peligrosas en general presentan características que pueden desarrollar sucesos no deseados por su transporte y almacenamiento, los sucesos iniciadores, propagación, mitigación y medidas de prevención generales pueden ser *(Información adaptada del libro “BATTELLE COLUMBUS DIVISION-AICHE/CCPS”: Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, American Institute of Chemical Engineers. Nueva York (1985)” y tomada del libro “Análisis y reducción de riesgos en la industria química, fundación MAPFRE, J.M. Santamaría Ramiro y P.A. Braña Aísa):*

**Tabla 22. Identificación de riesgos por manejo de sustancias peligrosas**

<b>Características Peligrosas</b>	<b>Sucesos Iniciadores</b>	<b>Circunstancias Propagadoras</b>	<b>Circunstancias Mitigantes</b>	<b>Consecuencias del Accidente</b>
<b>Manejo de cantidades de sustancias peligrosas</b> (materiales inflamables, combustibles, inestables o tóxicos, gases inertizantes materiales a muy alta o baja temperatura, etc.).	<b>Fallos de contención</b> (tuberías, juntas, soldaduras etc.)  <b>Errores humanos</b> (Operación mantenimiento, revisiones).  <b>Pérdida de servicios Agentes de externos</b> (Inundaciones, terremotos, tormentas, vientos fuertes, impactos, sabotajes, etc.).  <b>Errores de método o información.</b>	<b>Fallos de contención</b> (Tuberías, recipientes, tanques juntas, fuelles, entrada o salida de venteo, etc.).  <b>Ignición, explosión.</b> - Errores del operador (Comisión, omisión, diagnóstico, toma de decisiones). - Agentes externos. - Errores de método o de información	<b>Respuestas de control, respuestas de los operadores.</b>  <b>Operaciones de emergencia</b> (alarmas, procedimientos de Emergencia, equipos de protección personal, evaluación, etc.).  <b>Agentes externos.</b>  <b>Flujo adecuado de información</b>	- Fuegos - Explosiones - Impactos - Dispersión de materiales tóxicos.

La mayor concentración de material peligroso, corresponden a los puntos de alto riesgo que se enlistan a continuación.

1. Compresor.
2. Cilindros de almacenamiento
3. Dispensadores

#### I.4.2.2. Selección de técnica de identificación de riesgos

La selección de la metodología para la identificación de riesgos se basó en la guía sugerida por el Centro de Seguridad en Procesos Químicos (CCPs) del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) publicada bajo el título de Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, segunda edición con ejemplos desarrollados, 1995.

También se consideró el procedimiento *DG-SASIPA-SI-02741 Rev. 3 “Guía para Realizar Análisis De Riesgos”* que señala que la identificación de riesgos se puede llevar a cabo mediante las siguientes metodologías de acuerdo con los criterios que se indican en la Tabla 23:

**Tabla 23. Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa del Proyecto**

Método de análisis de riesgos								
Etapa de desarrollo del Proyecto	Lista de verificación	¿Qué pasa sí?	¿Qué pasa sí? / Lista de verificación	FMEA	HAZOP	AAE	AAF	AC
Investigación y desarrollo		✓	✓					
Diseño conceptual	✓	✓	✓					
Operación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ingeniería de detalle	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Construcción y arranque	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Operación rutinaria	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Expansión o modificación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Desmantelamiento	✓	✓	✓					
Investigación de accidentes	✓			✓	✓	✓	✓	✓

**FMEA:** Failure Mode and Effect Analysis (AMEF: Análisis de modos de fallas y efectos), **HAZOP:** Hazard and Operability Analysis (Análisis de peligros y Operabilidad); **AAE:** Análisis de Árbol de eventos; **AAF:** Análisis de Árbol de Fallas; **AC:** Análisis de Consecuencias.

Con base a los criterios antes mencionados y el tipo de operaciones que se llevan a cabo aplicaremos la metodología ¿Qué pasa sí...? considerando que es la técnica adecuada para la identificación, evaluación y jerarquización de Riesgos Potenciales que podría presentar el Proyecto.

##### I.4.2.2.1. Metodología ¿Qué pasa sí?

La técnica ¿Qué pasa sí? es un enfoque en el que un grupo de personas (equipo multidisciplinario) con experiencia y familiaridad con el proceso en cuestión, hacen preguntas y comparten sus preocupaciones acerca del potencial de eventos no deseados. Esta técnica no es tan estructurada como el Hazop y FMEA, y requiere que el analista adapte el concepto básico del análisis a la aplicación específica. A pesar de que existe muy poca información acerca de la técnica ¿Qué pasa sí? o de sus aplicaciones, esta se utiliza frecuentemente en la industria del proceso de hidrocarburos en casi todas las etapas de la vida del proceso y ofrece muy buenos resultados.

El concepto de la técnica ¿Qué pasa sí? promueve tormentas de ideas que animan al equipo a pensar en preguntas del tipo ¿Qué pasa sí? Es decir, esta técnica promueve las tormentas de ideas acerca de escenarios hipotéticos con el potencial de causar consecuencias de interés (eventos no deseados con impactos negativos). Sin embargo, cualquier preocupación acerca de la seguridad del proceso puede ser compartida con el equipo de análisis, aunque quizá esta no esté estructurada en forma de una pregunta.

El propósito de esta técnica es identificar y evaluar los peligros inherentes durante el despacho de Gas Natural Comprimido que es desde la conexión con hasta la entrada a la bomba que envía producto a la sección de medición y llenado y en donde la presión de operación es la atmosférica, las situaciones peligrosas (es decir, aquellas que involucran al ser humano), o los eventos específicos de accidentes con el potencial de causar consecuencias no deseadas. El equipo de análisis de riesgos en los procesos identifica situaciones potenciales de accidentes, sus consecuencias y las salvaguardas, para luego sugerir las alternativas para la reducción de riesgo. La técnica ¿Qué pasa sí?, puede involucrar el análisis de las desviaciones posibles del diseño, construcción, modificación u operación; además requiere un entendimiento básico de la intención del proceso, así como la habilidad de combinar las desviaciones con el potencial de causar un accidente. Este puede ser un procedimiento poderoso si los miembros del equipo son realmente experimentados, de lo contrario, los resultados tenderán a ser incompletos, debido a su esencia no estructurada.

En la **Figura 28** se muestra el diagrama de flujo típico para la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí?.

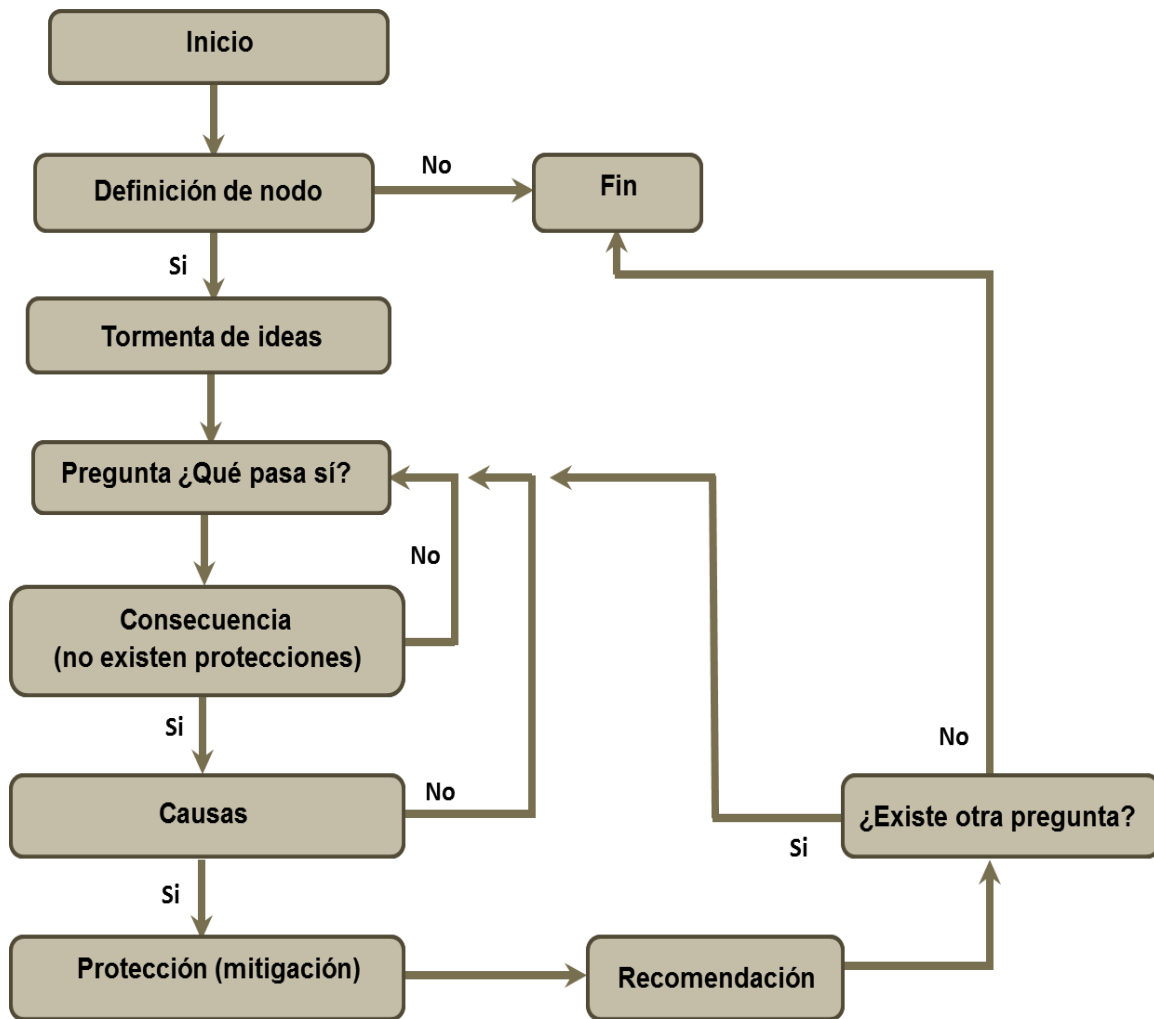
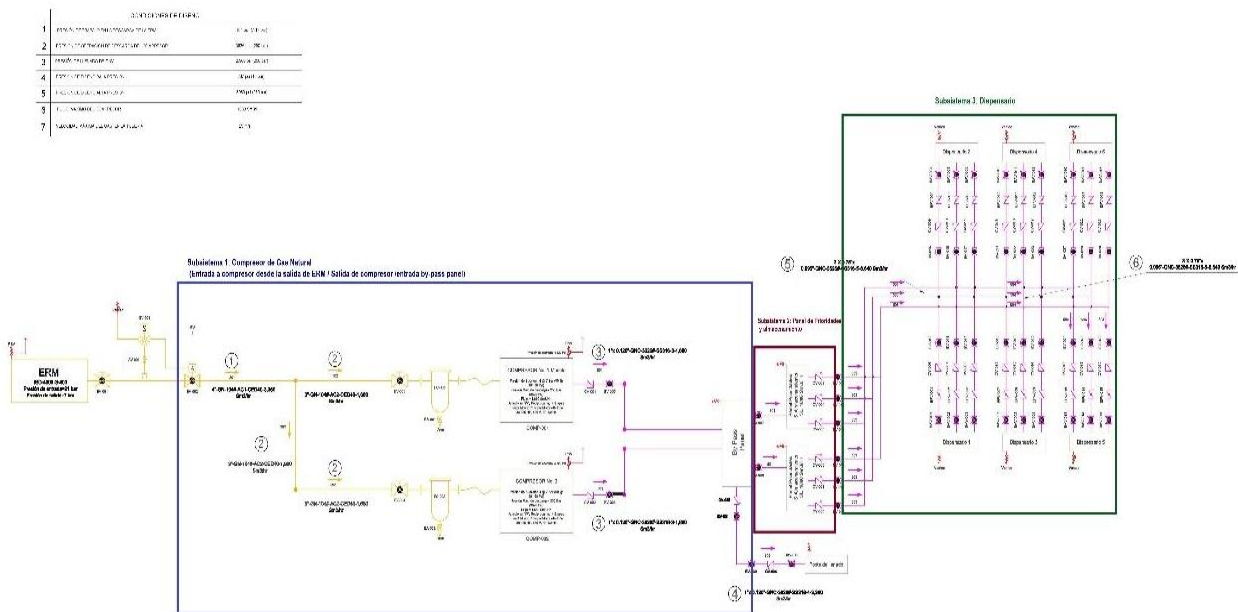


Figura 28. Diagrama de flujo para aplicación de Metodología ¿Qué pasa sí?

**I.4.3. Desarrollo y resultados de la o las metodologías de riesgos**

Derivado de la inducción a las metodologías **¿Qué pasa sí...?** el grupo dividió las instalaciones en subsistemas:

- **Subsistema 1 Compresor**
- **Subsistema 2 Panel de Prioridades y almacenamiento**
- **Subsistema 3 Dispensario**



**Figura 29. Subsistemas analizados con la Metodología ¿Qué pasa sí?**

Se consideraron los siguientes supuestos para el caso de la aplicación de **¿Qué pasa sí...?**:

<b>Subsistema 1 Compresor</b>	
1.1	Qué pasa si falla el controlador de flujo
1.2	Qué pasa si no funciona el sistema de enfriamiento
1.3	Qué pasa si se cierra la válvula de alivio
1.4	Qué pasa si Falta mantenimiento
<b>Subsistema 2 Panel de Prioridades y almacenamiento</b>	
2.1	Qué pasa si no se tiene nivel
2.2	Qué pasa si se presenta corrosión o erosión

<b>Subsistema 3 Dispensario</b>	
3.1	Qué pasa si Se tiene incremento de presión en el despacho de GNV
3.2	Qué pasa si Mayor flujo en el despacho de GNV
3.3	Qué pasa el Equipo de protección personal no es utilizado

Las hojas de trabajo del desarrollo de la metodología ¿Qué pasa sí? se incluyen en el **Anexo C**.

#### **I.4.4. Evaluación y jerarquización de escenarios de riesgo**

Durante la aplicación de las metodologías de identificación de riesgos se elaboró de forma simultánea el proceso de jerarquización de los eventos identificados, con objeto de seleccionar los postulados finales sobre los que se proseguirá el Análisis de Consecuencias, así como para definir aquellos que, estando en una situación de riesgo intermedia, deben ser cuestionados sobre la justificación o no de la implementación de las recomendaciones.

##### **I.4.4.1. Matriz de jerarquización de riesgos**

Para la jerarquización de los escenarios de riesgo, se empleó la Matriz de Riesgos, la cual permite categorizar los eventos que pueden presentarse, asignando un índice de frecuencia y un índice de severidad, tomando al producto de los dos factores para llegar a un índice de riesgo individual.

El índice de frecuencia es determinado por apreciación en vez de realizarlo de una forma rigurosa.

El índice de severidad se determina en función a la estimación de consecuencias.

Debido a que la asignación de los índices es por apreciación, se están tomando los criterios mencionados en la Tabla 24.

**Tabla 24. Criterios de índice de frecuencia**

Nivel	Categoría	Descripción
4	Frecuente	El evento se ha presentado o puede presentarse en el periodo de 1 a 5 años
3	Probable	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
2	Poco probable	Concebible: nunca ha ocurrido en el centro de trabajo, pero puede haber ocurrido en instalaciones similares.
1	Remoto	Esencialmente imposible, no se espera que ocurra durante el tiempo de vida de la instalación

Es importante señalar que los valores de frecuencia son supuestos de manera empírica para cada uno de los nodos seleccionados, puesto que aún no se tienen datos reportados de eventos ocurridos en la instalación que permitan obtener valores de frecuencia reales.

Por otro lado, para obtener los índices de severidad se usan los criterios descritos en la Tabla 25.

**Tabla 25. Criterios para asignar los índices de severidad**

Valor	Categoría	Niveles de Severidad (consecuencias)
1	Leve	Que resulta en problemas operacionales o daños sencillos, sin daños a la propiedad o a la salud de los trabajadores
2	Moderado	Que resulta en problemas operacionales con interrupción del trabajo, con daños leves a la instalación y al personal de la planta.
3	Grave	Que resulta en daños múltiples a la planta, que causan interrupción operacional y daños incapacitantes a los operadores, y puede originar alarma entre la comunidad vecina.
4	Catastrófico	Que resulta en daños graves a las instalaciones y muertes de los operadores, ocurre afectación al medio ambiente y daños a la propiedad vecina.

La matriz de riesgo (**Figura 30**) representa en forma gráfica la ponderación de riesgo que pueden tomar cada uno de los escenarios. Se definen cuatro regiones que indican el tipo de riesgo que tiene el escenario y las acciones que se deben llevar a cabo.

<b>FREC UENC IA</b>	<b>FRECUENTE (F4)</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
	<b>PROBABLE (F3)</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
	<b>POCO PROBABLE (F2)</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
	<b>REMOTO (F1)</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>
		<b>LEVE C1</b>	<b>MODERADA C2</b>	<b>GRAVE C3</b>	<b>CATASTRÓFICA C4</b>
<b>SEVERIDAD</b>					

**Figura 30. Matriz de riesgos**

Con los índices de frecuencia y severidad, se calcula el índice de riesgo de la siguiente forma:

$$\text{Índice de Riesgo} = \text{Índice de frecuencia} \times \text{Índice de severidad}$$

Con dicho índice de riesgo se dirige a la matriz para categorizar el riesgo y determinar su peligrosidad, de acuerdo a lo siguiente (Tabla 26):

**Tabla 26. Categoría de Riesgo y descripción de la peligrosidad**

Categoría	Escala numérica	Descripción de la Peligrosidad
D	1 - 3	MUY POCO PELIGROSO (ACEPTABLE). Riesgo generalmente aceptable; no se requieren medidas de mitigación y/o abatimiento
C	4 - 6	PELIGROSO (ACEPTABLE CON CONTROLES). Deben tomarse medidas para reducir la posibilidad de que se presente.
B	8 - 9	MODERADAMENTE PELIGROSO (ACEPTABLE CON CONTROLES). Riesgo aceptable, sin embargo, se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería, operativos como administrativos y en su caso modificar en un período a mediano plazo.
A	12 - 16	ALTAMENTE PELIGROSO (NO ACEPTABLE). Riesgo que debe disminuirse de forma inmediata. Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería, operativos como administrativos y en su caso modificar de inmediato.

**I.4.4.2. Identificación de escenarios más probables y peor caso**

Con la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí...? se identificaron **3 escenarios con de Riesgo Tipo “D” Muy poco peligroso (Aceptable)**; **5 escenarios de Riesgo del Tipo “C” Peligroso (Aceptable con controles) con controles** y **10 de riesgo “Tipo “B” Moderadamente peligroso (Aceptable con controles) tipo “B” (Figura 30).**

FRECUENCIA	ALTA (F4)	B	B	A	A
	MEDIA (F3)	C	B 2.1.1	B 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3,	A
	BAJA (F2)	D	C 1.1.2,	B 1.1.3,	A
		1.1.1, 2.2.1, 3.2.1	2.2.2, 3.1.1, 3.2.2	1.2.1, 2.2.3, 3.1.1, 3.2.3	
	REMOT A(F1)	D	D	C 1.4.1	B 1.4.2
		Leve	Moderada	Grave	Catastrófica
		C1	C2	C3	C4
<b>CONSECUENCIA</b>					

**Figura 31. Distribución de escenarios de riesgos ¿Qué pasa sí...?**

De acuerdo a lo anterior tenemos que el nivel de riesgo del Proyecto **es aceptable con controles**, los escenarios de riesgos están asociados al suministro y despacho de GNV.

#### **I.4.4.2.1. Potenciales escenarios de riesgos identificados.**

Derivado de la metodología aplicada se identificó que los escenarios potenciales de riesgo están asociados a la liberación de GNV y que por la cantidad que se libere sus potenciales afectaciones pueden generar daños a otros equipos o áreas del predio en donde se ubica el Proyecto y/o a las instalaciones que se encuentran colindantes.

Para el fin de este estudio, se contemplaron los riesgos que pudieran causar afectaciones al entorno de las instalaciones y aquellos riesgos que solamente representen problemas operacionales, que afecten la continuidad o eficiencia de los procesos, como es el paro de equipos o alguna actividad similar.

Como puede observarse, los riesgos que pudieran presentarse van desde fugas por rotura en tuberías, fugas por aumento de presión y temperatura, hasta incendio y explosión y, en todos los casos, ocasionados posiblemente por:

1. Falta de procedimientos
2. No seguir los procedimientos de manejo del gas natural
3. Falta de capacitación
4. Programa de mantenimiento incompleto
5. Fallas en la ejecución del programa de mantenimiento
6. Negligencia.
7. Daño por terceros

La falta de programas de mantenimiento, el incumplimiento de los mismos o la deficiencia en su aplicación por falta de capacitación de los trabajadores se refleja en un posible riesgo que puede llegar a ser grave si su insuficiencia es recurrente. Es importante disponer de un programa que contemple actividades preventivas y acciones que preserven la correcta operación y mantenimiento de tanques, tuberías, accesorios y equipos auxiliares. Estos riesgos son fácilmente evitables con procedimientos de seguridad y prevención, programas de monitoreo y detección, pruebas periódicas, procedimientos operativos, capacitación, inspección y mantenimiento adecuados.

Como único evento de riesgo no controlable se presenta el caso de accidente por agentes externos. Si bien el proyecto se encontrará ubicado en un área segura (zona asísmica), recientemente se han tenido eventos notorios.

Esto, considerando que históricamente se han tenido en la región terremotos denominados interplaca, los cuales son terremotos relativamente de baja intensidad que se presentan en el interior de las placas, o lejanas a las zonas.

Además, no puede descartarse la posibilidad de un accidente ocurrido por agentes externos, como es el caso de un incendio externo o una lluvia extraordinaria ocasionada por una tormenta tropical, ciclón e inclusive un huracán.

En la **Tabla 27** se muestran los escenarios de riesgos identificados, así como su agrupación para la simulación de consecuencias, como sigue:

- **Escenario 1: Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño / masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima).**
- **Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m).**
- **Escenario 3 Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica con posibilidad de incendio y explosión (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos).**
- **Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg])**

**Tabla 27. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para el Proyecto**

Escenario a simular	Tipo	Referencia en ¿Qué pasas sí?	Índice de riesgo
Escenario 1 Incendio por fuga en compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento - masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño. - masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima.	Más probable, menos catastrófico	1.3.1. Fugas en los empaques debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica	B
		1.3.2. Conato de Incendio en presencia de una fuente de ignición debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica	B
		1.4.1. Fugas en empaques de válvulas de bola, actuadores en mal estado, Corrosión debido a falta de mantenimiento	C
		1.4.2. Fuga de GN incendio en presencia de fuente de ignición Corrosión debido a falta de mantenimiento	B

Escenario a simular	Tipo	Referencia en ¿Qué pasas sí?	Índice de riesgo
Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m).	Más probable, menos catastrófico	2.2.2. Desgaste de tuberías ocasionando fugas, de GN presencia de fuente de ignición incendio	C
Escenario 3 Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica con posibilidad de incendio y explosión (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos).	Más probable, menos catastrófico	3.2.2. Incendio por Mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica	C
	Menos probable, más catastrófico	3.2.3. Explosión por Mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica	B
Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m <sup>3</sup> [377.37 kg])	Peor escenario	2.2.3. Desgaste de tuberías ocasionando fugas, de GN presencia de fuente de ignición Explosión	B

## II. DETERMINACIÓN DE RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

La modelación matemática del comportamiento de los potenciales escenarios de riesgos permite evaluar la magnitud de los efectos negativos potenciales del Proyecto y la propagación de un incidente que generalmente involucra modelos de liberación accidental de sustancias peligrosas, desarrollándose una variedad de escenarios y cuyo análisis determina el impacto potencial al personal, la Terminal y población circundante.

En la Tabla 27 se listan los Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias. Para la determinación de radios se utilizó el software SCRI<sup>®</sup> (Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias) de Heurística, S.A. de C.V.

Para la estimación de los radios de afectación se utiliza el software de Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias “SCRI” versión 2.2, en sus dos paquetes SCRI-Modelos y SCRI-Fuego. El SCRI-Modelos se enfoca en el análisis de accidentes por fuego, explosión, fuga o

derrame de una sustancia peligrosa, adicionalmente permite la identificación de áreas expuestas a contaminación por actividades productivas. SCRI-Fuego, ha sido utilizado para la elaboración de análisis de consecuencias por emisiones tóxicas y/o contaminantes, incluyendo modelos de radiación térmica o aspectos relevantes para consecuencias por fuego y/o explosiones. Este modelo, se basa en metodologías de la Agencia de Protección Ambiental de EUA (EPA), del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) y de la Agencia de Administración Federal de Emergencias de EUA (FEMA).

En general, estos métodos son un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, de manera que se puedan estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales, apoyar en la capacitación y/o entrenamiento de personal, y en el manejo de situaciones de emergencia.

Los radios de afectación se obtuvieron mediante la modelación de los peores escenarios considerados para el análisis de consecuencias. El software SCRI, específicamente el relacionado a modelos de simulación ha sido utilizado extensivamente en México para la realización de estudios de riesgo e impacto ambiental por más de 15 años y el Instituto de Ecología de México lo menciona como uno de los modelos que actualmente se utilizan para evaluación de riesgos.

Los riesgos potenciales con posibilidad de afectar al entorno ambiental (atmósfera, suelo, agua), están asociados al manejo y uso del Gas Natural.

Con la finalidad de determinar las posibles consecuencias a las que se vería expuesta la población, es de gran utilidad contar con información, al menos estimada, del número de habitantes del área, incluyendo las horas en que se presenta la mayor concentración, por ejemplo, en las escuelas, hospitales, centros comerciales, templos o centros de reunión social. Cuando se lleva a cabo el análisis de accidentes, resulta útil contar con el registro de accidentes que han ocurrido con anterioridad en la zona, las causas y consecuencias de ellos (Zagal, 1996)

## **II.1. POTENCIALES ESCENARIOS DE RIESGOS IDENTIFICADOS Y SUS EFECTOS**

La clase de eventos más comunes que pueden ocurrir como resultado de los escenarios de riesgo por la pérdida de contención de sustancias peligrosas en forma de líquido presurizado, líquido no presurizado y de un vapor o gas presurizado, para el Proyecto son los siguientes:

### **II.1.1. Radiación térmica**

#### **II.1.1.1. Flash fire (Flamazo)**

Cuando un gas o líquido inflamable con punto de inflamación bajo, es descargado a la atmósfera, se forma una nube de gas y se dispersa. Si el vapor resultante se encuentra con un punto de ignición antes de que la dilución de la nube sea menor al límite inferior de explosividad, ocurre

el flamazo. Las consecuencias primarias de un flamazo son las radiaciones térmicas generadas durante el proceso de combustión. Este proceso de combustión tiene una corta duración, los daños son de baja intensidad y en ocasiones provocan un chorro de fuego en el punto de fuga.

**II.1.1.2. Jet fire (Incendio de antorcha o chorro de fuego)**

Si un gas inflamable licuado o comprimido es descargado de un tanque de almacenamiento o de una tubería, el material descargado a través de un orificio o ruptura formaría una descarga a presión del tipo chorro, el cual se mezcla con el aire. Si el material entra en contacto con una fuente de ignición, ignita y entonces ocurre un chorro de fuego.

**II.1.1.3. Fireball (Bola de Fuego)**

El evento de bola de fuego resulta de la ignición de una mezcla líquido/vapor inflamable y sobrecalentada que es descargada a la atmósfera. El evento de bola de fuego ocurre frecuentemente seguido a una Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición (BLEVE).

A continuación, en la *Tabla 28* se describen los efectos de acuerdo al nivel de radiación térmica.

**Tabla 28. Efectos de la Radiación Térmica de acuerdo a la intensidad de energía**

Intensidad de Radiación Kw/m <sup>2</sup>	Descripción
1.4	Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal), se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial. En general se considera que no hay dolor – sea cual sea el tiempo de exposición - con flujos térmicos inferiores a 1.7 Kw/m <sup>2</sup> (mínimo necesario para causar dolor).
3	Zona de alerta.
5	Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos. Máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado. Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55 °C aparecen ampollas.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.
12.5	Extensión del incendio, fusión de recubrimiento de plástico en cables eléctricos. La madera puede prender después de una larga exposición. 100 % de letalidad.
25	El acero delgado aislado puede perder su integridad mecánica.
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras.

La Tabla 29 muestra los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

**Tabla 29. Vulnerabilidad de Materiales**

Radiación (Kw/m <sup>2</sup> )	Material
60	Cemento
40	Cemento prensado
200	Hormigón armado
40	Acero
33	Madera (Ignición)
30 – 300	Vidrio
400	Pared de ladrillos
13	Daños en depósitos
12	Instrumentación

## II.1.2. Sobrepresión

### II.1.2.1. Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE).

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobre presión, y los efectos térmicos suelen ser menos importantes que los anteriores. Igualmente, las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

La Tabla 30 muestra los efectos derivados de la sobrepresión.

**Tabla 30. Efectos derivados de la sobrepresión**

Variable Física Peligrosa Ondas de presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Efecto observado (Clancy)
0.703	Probable destrucción de edificios; máquinas herramientas pesadas (3,175 kg) desplazadas y dañadas seriamente, herramientas para maquinaria muy pesadas (5,443 kg) sin daños.
0.351 – 0.492	Destrucción casi completa de casas.
0.210 – 0.281	Demolición de edificio sin marcos o de paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
0.070	Demolición parcial de casas, las vuelve inhabitables.
0.035 – 0.070	Ventanas grandes y pequeñas se hacen añicos; daño ocasional a marcos de ventanas.

### II.1.2.2. BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosión (explosión del vapor en expansión de un líquido hirviendo))

Las explosiones de tipo **BLEVE** son uno de los peores accidentes que pueden ocurrir en la industria química o en el transporte de mercancías peligrosas. Desde un punto de vista riguroso, como se verá más adelante, estas explosiones no siempre tienen efectos térmicos. No obstante, en la mayoría de los casos reales la sustancia involucrada es combustible; esto provoca que la explosión sea seguida por la formación de una bola de fuego, de efectos muy graves.

Cuando se habla de **BLEVE**, en general a lo que se hace referencia realmente es a la combinación de los fenómenos **BLEVE**-bola de fuego, esto es, a un accidente que involucra simultáneamente efectos térmicos y mecánicos.

El **BLEVE** es un accidente que puede ocurrir las sustancias que lo pueden producir (butano, propano, cloruro de vinilo, cloro, etc.) son relativamente comunes en la industria, y abundan las instalaciones susceptibles de sufrirlo (depósitos, cisternas). Por otra parte, de vez en cuando sucede durante el transporte, ya sea por carretera o por tren, con las connotaciones especiales que esto conlleva. El origen puede ser diverso (reacción fuera de control, colisión, etc.), pero una de las causas más frecuentes es la acción del fuego sobre un recipiente.

Se deben dar tres condiciones necesarias para la producción de este fenómeno:

1. Tiene que tratarse de un gas licuado o un líquido sobrecalentado y a presión.
2. Que se produzca una súbita baja de presión en el interior del recipiente, esta condición puede ser originada por impactos, rotura o fisura del recipiente, actuación de un disco de ruptura o válvula de alivio con diseño inadecuado.
3. También es necesario que se den condiciones de presión y temperatura a los efectos que se pueda producir el fenómeno de nucleación espontánea, con esta condición se origina una evaporación de toda la masa del líquido en forma de flash rapidísima, generada por la rotura del equilibrio del líquido como consecuencia del sobrecalentamiento del líquido o gas licuado.

#### 1. Líquido sobrecalentado y bajo presión.

Los gases licuados se deben encontrar a una temperatura "bastante superior" a la que se encontraba si estuviese a presión atmosférica normal (1 Atm) no es suficiente que se encuentre a unos pocos grados por encima de su temperatura ya que esta es una condición bastante común en la mayoría de los gases licuados (GLP, Amoniaco, Cloro), algunos criogénicos (CO<sub>2</sub>, Nitrógeno, etc.).

También ocurre con los líquidos que se encuentran por encima de su temperatura de ebullición, cuando los recipientes que los contienen entran en contacto con fuentes de calor y estando bien cerrados aumentan su presión, este es un caso muy común en ciertos incendios donde la intensidad del mismo involucra recipientes que se encuentren en el lugar.

Por tales motivos dos grandes categorías de productos pueden ocasionar **BLEVES** como:

- I) Todos los gases licuados almacenados a temperatura ambiente inflamables o no.
- II) Los líquidos que accidentalmente entran en contacto con fuentes de calor.

Conforme a lo desarrollado para que exista una **BLEVE** la primera condición esencial pero no suficiente es el sobrecalentamiento de los gases licuados o los líquidos, pero también es necesario que se encuentren a presión y en el caso de los líquidos que no se almacenan presurizados, esta condición de presión es debido a su aumento cuando accidentalmente se calienta.

## **2. Súbita baja de presión.**

La segunda condición necesaria pero no suficiente es que dentro del recipiente que contiene el líquido se produzca un súbito descenso de la presión.

Cualquier problema de colapso estructural del recipiente, fisura u oquedad que pueden ser producidas por causas mecánicas, grietas en las chapas del tanque, impactos, choque o vuelcos de la cisterna bajo presión en su transporte.

Es importante aclarar que esto no ocurriría con los líquidos inflamables y combustibles que no están presurizados, luego del colapso por fallas mecánicas, choques o impactos a lo sumo se produciría el derrame del producto.

También puede producirse una BLEVE por causas térmicas, la resistencia del acero al carbono disminuye gradualmente al aumentar la temperatura por encima de los 204°C, los datos se basan en aceros con bajo contenido de carbono no obstante las curvas varían en el caso de otros aceros, pero el efecto de pérdida de resistencia es relativamente similar con el aumento de temperatura en los metales comunes inclusive a temperaturas no tan críticas como las que desarrolla un incendio, en el caso de los aceros utilizados comúnmente en la construcción de tanques pueden colapsar a presiones de 14 a 20 Kg/cm<sup>2</sup>, por calentamiento de la chapa entre los 650 a 700 °C, debido a que la resistencia se reduce un 30% comparativamente a temperaturas normales.

## **3. Nucleación espontánea.**

Es importante resaltar que referente a la teoría de R.C. REID y KING sobre la nucleación espontánea, aunque todavía se continúan las experimentaciones parece confirmar dichas hipótesis.

Esta es la tercera y más específica condición para que ocurra una explosión BLEVE, una evaporación en masa tipo flash en milésimas de segundo que haga de desencadenante para el fenómeno.

**Este podría ser el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en la cascada de almacenamiento con la capacidad de 624.58 m<sup>3</sup> (377.37 kg).**

## II.2. ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS

Se entiende por análisis de consecuencias la evaluación cuantitativa de la evolución espacial y temporal de las variables físicas representativas de los fenómenos peligrosos en los que intervienen sustancias peligrosas, y sus posibles efectos sobre las personas, el medio ambiente y los bienes, con el fin de estimar la naturaleza y magnitud del daño.

El Análisis de Consecuencias (AC) de incendios, explosiones y nubes tóxicas es una metodología de Análisis de Riesgos que permite estimar la medida de los efectos esperados de la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso.

Mediante el AC permite estimar los posibles daños debido a la pérdida de control sobre sustancias peligrosas.

Los diversos tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones en las que haya sustancias peligrosas, pueden producir determinados fenómenos peligrosos para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales:

- **Fenómenos de tipo mecánico: ondas de presión y proyectiles**
- **Fenómenos de tipo térmico: radiación térmica**
- **Fenómenos de tipo químico: fugas o derrames incontrolados de sustancias tóxicas o contaminantes.**

### II.2.1. Criterios para determinar la duración de una fuga

Esencialmente, podemos decir que los daños o efectos antes citados pueden ser mayores o menores dependiendo del tiempo al que se exponga a este nivel de energía, principalmente en lo que se refiere a la radiación térmica; y en el caso de la explosión (sobrepresión) la duración de una fuga, determina la cantidad de masa que se libera de la sustancia y por tanto las dimensiones de la explosión y sus ondas de sobrepresión.

Existe otro parámetro que determina la cantidad de masa que se libera en una fuga, el diámetro del orificio o poro, o falla de instrumento o accesorio de seguridad, y para el cual también se han establecido rangos que están en función de equipo o dispositivo de seguridad con que cuenta del Proyecto que se analiza.

A continuación, se citan los criterios para estos dos parámetros.

### II.2.2. Criterios de tiempos de duración de las fugas

Se tomaron los criterios de tiempo recomendados por el “Guidelines for Quantitative Risk Assessment” CPR18E (Purple book ed. 1999) de TNO y se indican en la Tabla 35.

**Tabla 31. Criterios para Asignar Tiempos de Duración de las Fugas**

Situación	Duración de la fuga de escape	
	Ruptura total	Ruptura parcial
Válvula operada remotamente y existencia de detectores.	2 minutos	5 minutos
Válvula manual y existencia de detectores.	5 minutos	10 minutos
Válvula operada remotamente sin detectores.	5 minutos	10 minutos
Válvula manual sin detectores.	10 minutos	20 minutos

### II.2.3. Determinación de los orificios equivalentes de fuga

De acuerdo al “Risk management program guidance for offsite consequence analysis” los cuales se describen a continuación:

- Para tuberías de diámetro mayor o igual a 6” se consideró un orificio de fuga con un diámetro equivalente al 20 % de la sección transversal de la propia tubería.
- Para tuberías de diámetro inferior a 6” se ha postulado la ruptura total de la línea.

Por su parte PEMEX en el procedimiento **DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev.0** señala que, para el caso de líneas de proceso, ductos, bridas, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso, debe utilizarse el Diámetro Equivalente de Fuga (**DEF**) y podrán utilizarse los siguientes criterios (Tabla 32) según sea el caso (alternativo o más probable).

**Tabla 32. Criterios para utilizar el diámetro equivalente de fuga.**

Diámetro equivalente de fuga (DEF)		
<b>Para el caso alternativo:</b>	Líneas de proceso: $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	<b>DEF</b> =1.00 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
	Líneas de proceso: $2'' \leq DN \leq 4''$	<b>DEF</b> =0.30 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
	Líneas de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	<b>DEF</b> =0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
	Bridas	Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores [1.0* (DN), 0.3* (DN) Y 0.2 (DN)]
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso.	Para todos los tamaños de flechas, <b>DEF</b> = Calcularlo con el 100% del área anular.
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso.	Para todos los tamaños de vástagos. <b>DEF</b> = Calcularlo con el 100% del área anular.
	El <b>DEF</b> en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgo.	
Líneas de proceso: $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	<b>DEF</b> =0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.	

<b>Para el caso más probable:</b>	Líneas de proceso o ductos: $2'' \leq DN \leq 4''$	<b>DEF=0.6''</b> [por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura]
	Líneas de proceso o ductos o ductos: $6'' \leq DN$	<b>DEF=0.75''</b> para DN de 6'' a 14''. <b>DEF=1.25''</b> para DN de 6'' a 24''. <b>DEF=2.0''</b> para DN mayores de 30'' [Por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura].
	Bridas	Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables.
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso. Empaquetaduras en válvulas de proceso.	DEF = Calcularlo con el 40% del área anular que resulte.
	El <b>DEF</b> en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgo.	

#### II.2.4. Condiciones atmosféricas

De acuerdo a la ubicación del Proyecto las variables atmosféricas a considerar son:

- Velocidad del viento: 8 km/h (2.22 m/s)
- Dirección del viento: NNE
- Temperatura: 20.6 °C
- Humedad relativa: 60%
- Hora: Se considerará que los eventos ocurrirán durante la noche, a las 20 hrs.
- Rugosidad del terreno: Se utilizó la opción urbano o bosque, aunque por el tipo de sustancia no tiene efecto significativo en el resultado.
- Estabilidad atmosférica Tipo F

##### ▪ Estabilidad Atmosférica

La estabilidad atmosférica describe la tendencia de la mezcla en la atmósfera entre aire y un contaminante debido a la generación de turbulencia por fuerzas naturales (Woodward, 1998), indica la tendencia de que un paquete de aire se mueva hacia arriba o hacia abajo verticalmente después de haber sido desplazado por una pequeña cantidad de aire o algún contaminante (Hanna, 1982 visto en Woodward, 1998). El esquema más reconocido y utilizado para cuantificar la estabilidad atmosférica es el propuesto por Pasquill y Gifford. Dicho esquema, mostrado en la Tabla 33, clasifica la estabilidad ambiente utilizando letras de la A la G, cada letra resume el comportamiento de la mezcla en la atmósfera bajo distintas condiciones.

**Tabla 33. Estabilidad atmosférica**

Estabilidad Atmosférica según el esquema Pasquill Gifford			
Estabilidad Pasquill-Gifford	Descripción	Tiempo y clima	Velocidad del viento [m/s]
F	Muy Estable	Noche	< 3
E	Estable	↓	2 a 4
D	Neutral	Nublado o con viento	Cualquiera
B o C	Inestable	↓	2 a 6
A	Muy inestable	Soleado	< 3

Fuente: Center of Chemical Process Safety, 1996, p. 16, tabla 3

De acuerdo a lo anterior y en base a las condiciones climáticas del sitio en donde se ubica el Proyecto, la estabilidad atmosférica se considerará Tipo F, este nos permitirá agregar al modelo de simulación valores bajo los cuales se generen escenarios en condiciones que favorezcan la acumulación del gas.

#### II.2.5. Zonas de afectación por los modelos a emplear.

A fin de determinar los radios de afectación, se considerarán los siguientes parámetros:

- **Nube de gas:**

- Valor umbral para zona de Riesgo: 30,000 ppm (60% del Límite Inferior de Explosividad)
- Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 5,000 ppm (10% del Límite Inferior de Explosividad)

- **Radiación térmica (Incendio):**

- Valor umbral para zona de Alto Riesgo por daño a equipos: 37.5 kW/m<sup>2</sup> (daños a equipos de proceso, colapso de estructuras. Efecto domino)
- Valor umbral para zona de Riesgo: 5 kW/m<sup>2</sup> (Quemaduras de 2º en 60 min)
- Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 1.4 kW/m<sup>2</sup> (Deshidratación de la madera)

● **Sobrepresión (Explosión):**

- Valor umbral para zona de Alto Riesgo por daño a equipos: 3 PSI (Daños a edificios con estructura metálica, equipo pesado sufre poco daño. / Ruptura de tanques de almacenamiento. Efecto domino)
- 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).

**II.2.6. Resultados de la modelación de eventos**

Los reportes de simulación de eventos se incluyen en el **Anexo E** y los diagramas de pétalos se incluyen en el **Anexo F**.

**II.2.6.1. Método de radiación térmica**

- **Escenario 1: Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño / masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima).**

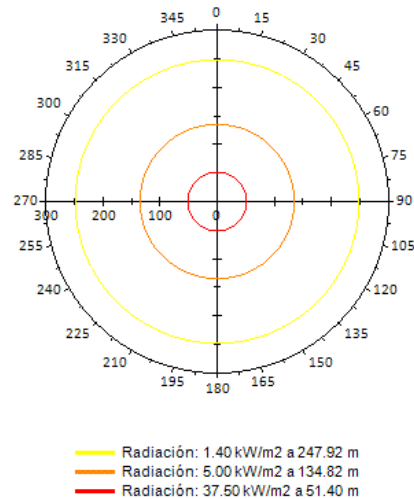
**Tabla 34. Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño / masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima). Más probable menos catastrófico.**

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	JET FIRE		CONDICIONES DADAS POR API-RP-521	EFECTO OBSERVADO
	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	DISTANCIA (m)		
Zona de Amortiguamiento	1.4 Kw/m <sup>2</sup>	51.4 (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño)	Nivel de radiación en donde la exposición puede ser indefinida	No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel.
		46.19 (masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima)		
Zona de alto riesgo	5 Kw/m <sup>2</sup>	134.82 (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño)	Intensidad de calor en donde se pueden realizar acciones de emergencia durante varios minutos, con ropa apropiada	Si no se protege a la persona es posible que aparezcan quemaduras de segundo orden con exposición de 20 a 30 seg.
		121.17 (masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima)		

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	JET FIRE		CONDICIONES DADAS POR API-RP-521	EFECTO OBSERVADO
	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	DISTANCIA (m)		
Zona de alto riesgo por daño a equipos	37.5 Kw/m <sup>2</sup>	247.92 (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño)	Nivel de radiación Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras.	Consecuencias fatales para personal expuesto.
		222.81 (masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima)		

### GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

**Título del escenario:** Escenario 1 Incendio por fuga en compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento  
**Instalaciones:** TC Vallarta **Ubicación:** 20° 42' 8.96 N, 103° 27' 41.84 O



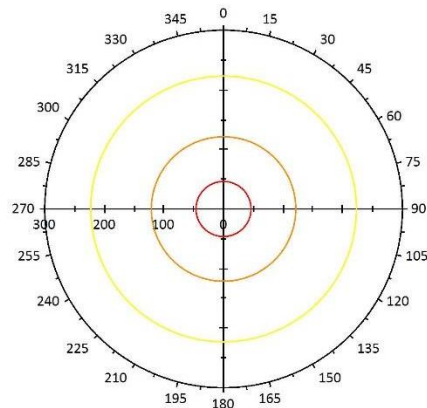
**Figura 32. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño). Más probable menos catastrófico.**

### GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

**Título del escenario:** Escenario 1 Incendio por fuga en compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento

**Instalaciones:** TC Vallarta

**Ubicación:** 20° 42' 8.96 N, 103° 27' 41.84 O



— Radiación: 1.40 kW/m<sup>2</sup> a 222.81 m  
— Radiación: 5.00 kW/m<sup>2</sup> a 121.17 m  
— Radiación: 37.50 kW/m<sup>2</sup> a 46.19 m

**Figura 33. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima). Más probable menos catastrófico.**

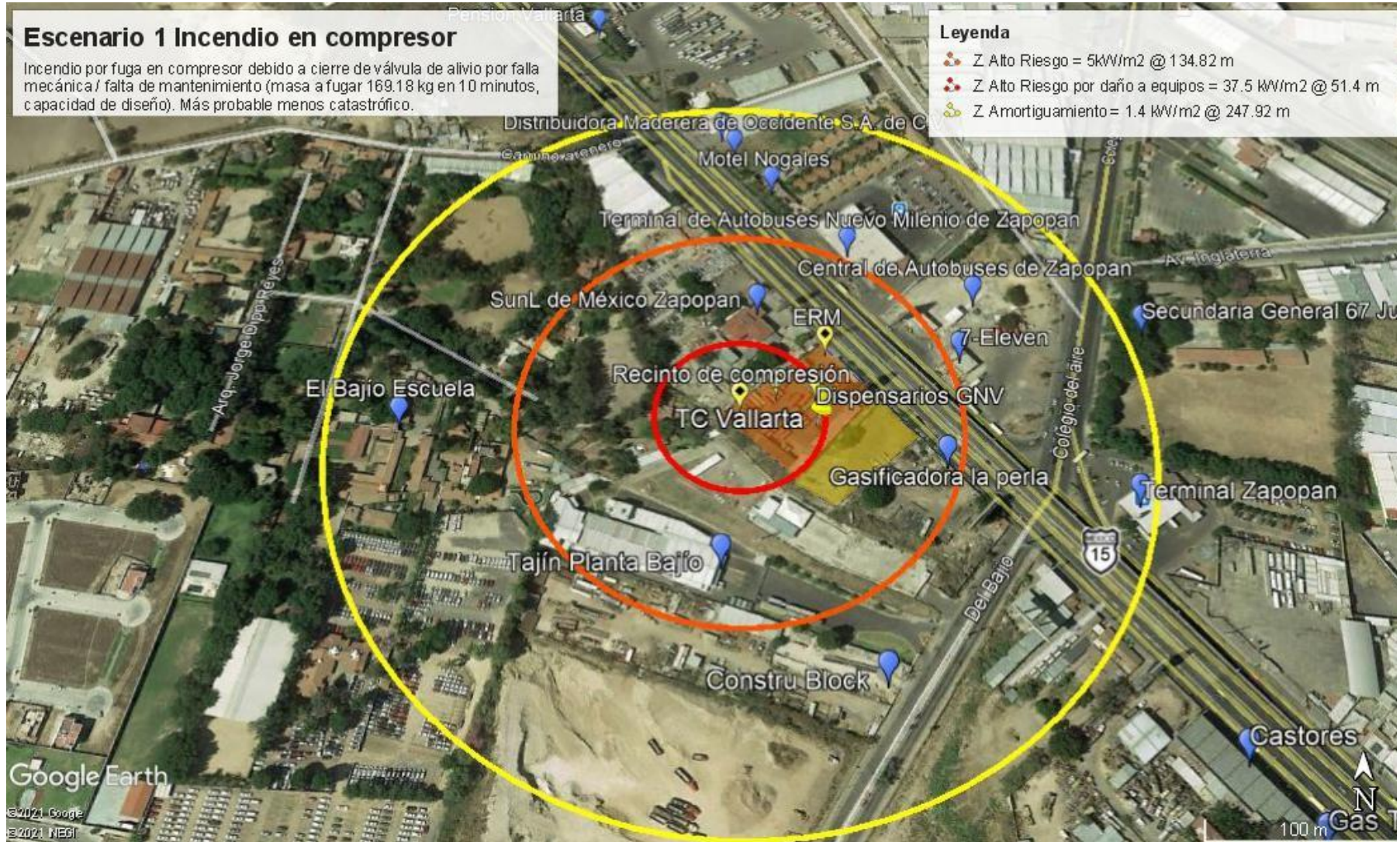


Figura 34. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño). Más probable menos catastrófico.

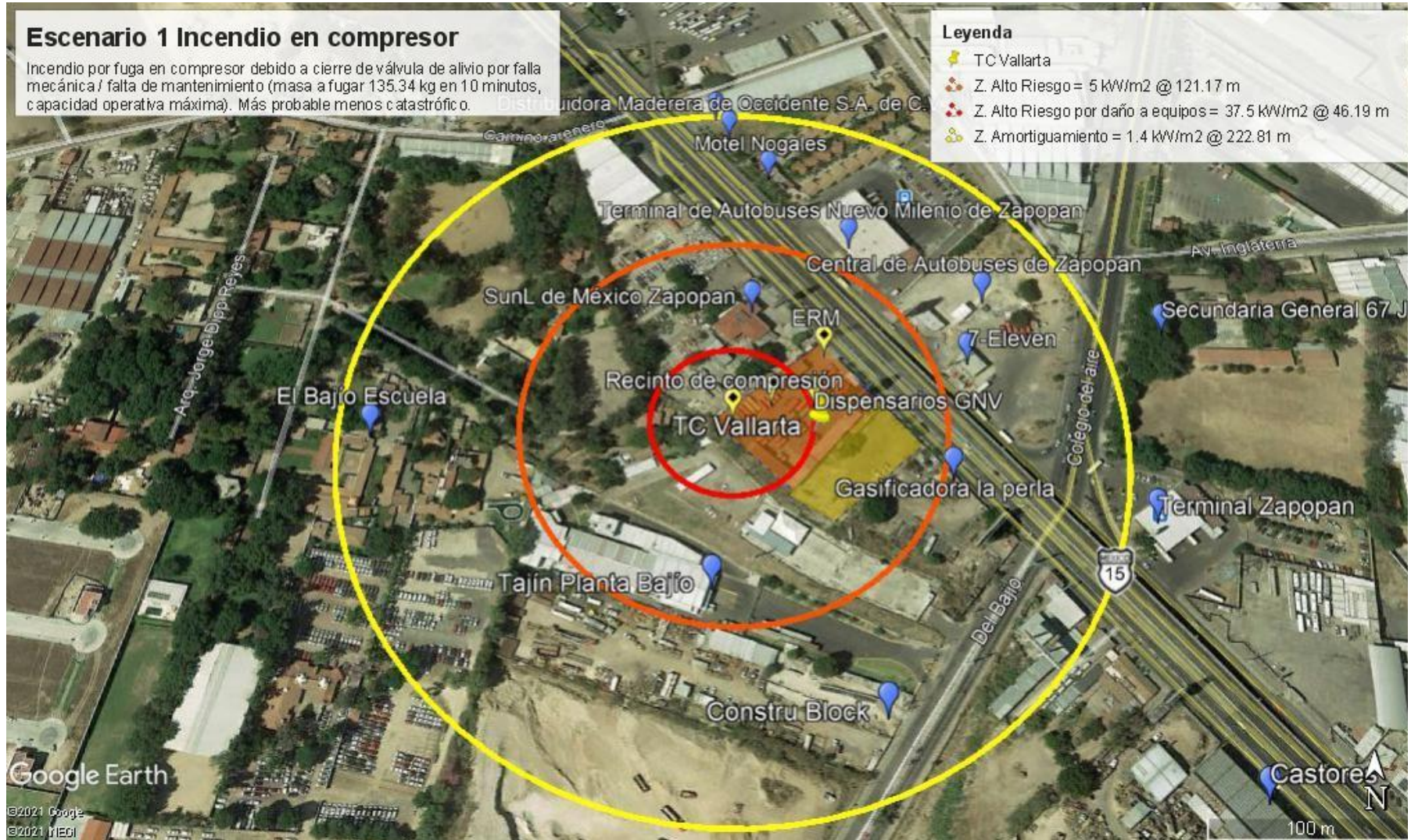


Figura 35. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima). Más probable menos catastrófico.

- Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m).

Tabla 35. Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m). Más probable menos catastrófico.

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	JET FIRE		CONDICIONES DADAS POR API-RP-521	EFECTO OBSERVADO
	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	DISTANCIA (m)		
Zona de Amortiguamiento	1.4 Kw/m <sup>2</sup>	112.58	Nivel de radiación en donde la exposición puede ser indefinida	No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel.
Zona de alto riesgo	5 Kw/m <sup>2</sup>	61.11	Intensidad de calor en donde se pueden realizar acciones de emergencia durante varios minutos, con ropa apropiada	Si no se protege a la persona es posible que aparezcan quemaduras de segundo orden con exposición de 20 a 30 seg.
Zona de alto riesgo por daño a equipos	37.5 Kw/m <sup>2</sup>	22.95	Nivel de radiación Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras.	Consecuencias fatales para personal expuesto.

#### GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

**Título del escenario:** Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m).

**Instalaciones:** TC VALLARTA **Ubicación:** 20° 42' 8.96 N, 103° 27' 0.00 O

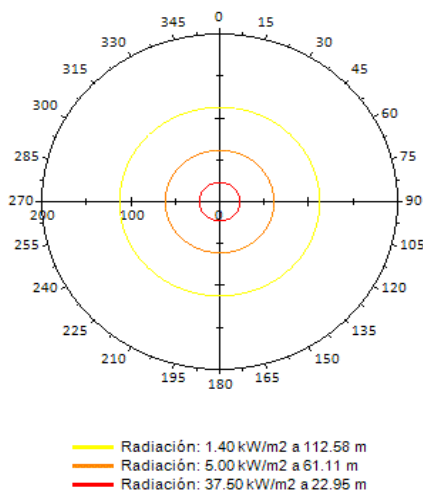


Figura 36. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m). Más probable, menos catastrófico.



Figura 37. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m). Más probable, menos catastrófico.

- Escenario 3 Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica con posibilidad de incendio y explosión (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos).

Tabla 36. Escenario 3 Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	JET FIRE		CONDICIONES DADAS POR API-RP-521	EFECTO OBSERVADO
	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	DISTANCIA (m)		
Zona de Amortiguamiento	1.4 Kw/m <sup>2</sup>	165.28	Nivel de radiación en donde la exposición puede ser indefinida	No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel.
Zona de alto riesgo	5 Kw/m <sup>2</sup>	89.88	Intensidad de calor en donde se pueden realizar acciones de emergencia durante varios minutos, con ropa apropiada	Si no se protege a la persona es posible que aparezcan quemaduras de segundo orden con exposición de 20 a 30 seg.
Zona de alto riesgo por daño a equipos	37.5 Kw/m <sup>2</sup>	34.26	Nivel de radiación Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras.	Consecuencias fatales para personal expuesto.

#### GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

Título del escenario: Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.

Instalaciones: TC VALLARTA Ubicación: 20° 42' 8.96 N, 103° 27' 0.00 O

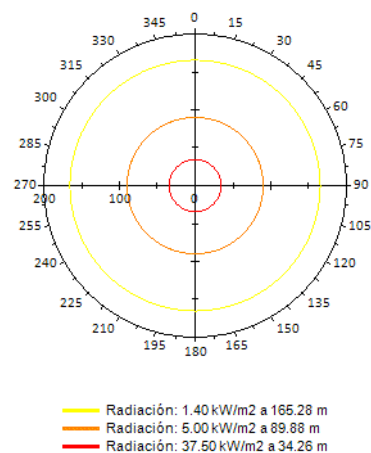
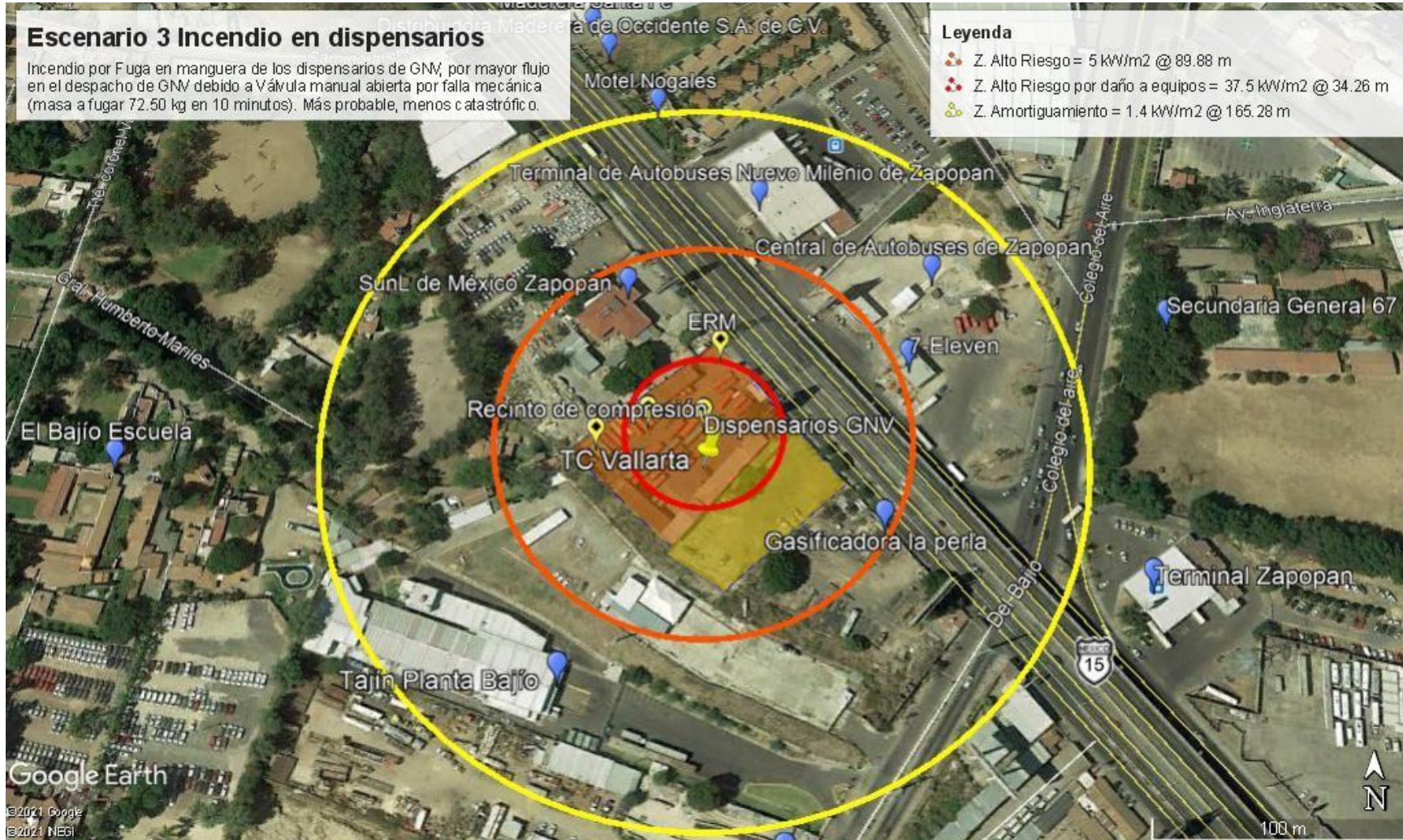


Figura 38. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 3 Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.



**Figura 39. Radios de Afectación para el Escenario 3 Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugarse 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.**

**II.2.6.2. Método de nubes explosivas.**

De la propuesta de estos eventos, se puede afirmar que casi es improbable que sucedan, pero se realiza su cálculo para predecir los posibles daños críticos. Situación que hace que también las distancias obtenidas sean sobrestimadas, ya que los eventos propuestos tienen una frecuencia o probabilidad de ocurrencia muy baja, haciendo lo anterior como una situación no muy riesgosa con respecto a otras. Por otra parte, es de considerar que la empresa contará con elementos de seguridad que minimizan el hecho de que se puedan presentar dichos eventos.

- **Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Más probable, menos catastrófico.**

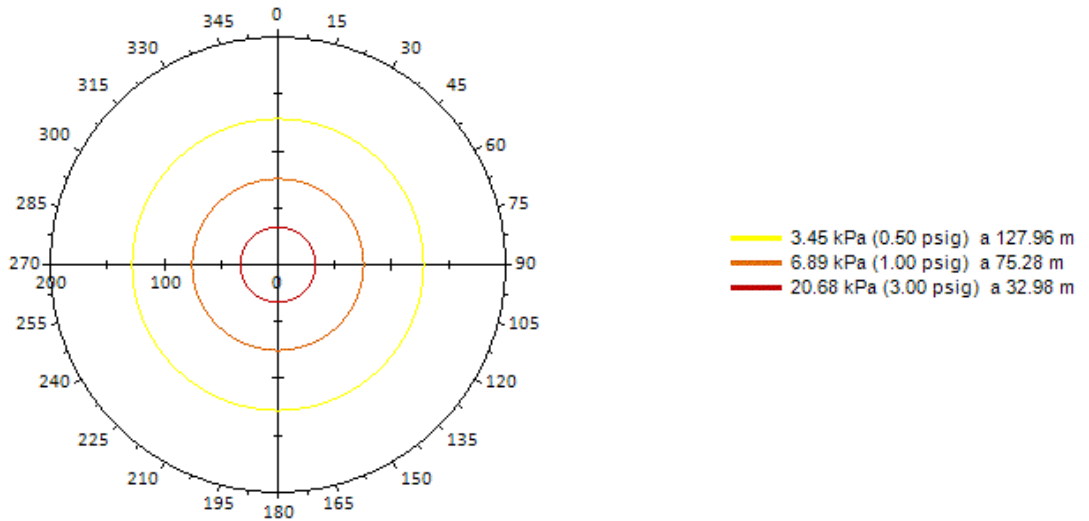
**Tabla 37. Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Menos probable, más catastrófico.**

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)	DISTANCIA (m)	EFECTO OBSERVADO
<b>Zona de Amortiguamiento</b>	0.5 psi	127.96	Sonido molesto (137 dB) si es de baja frecuencia (10 a 15 Hz) Fractura de vidrios previamente bajo esfuerzo. Daño estructural menor y limitado.
<b>Zona de alto riesgo</b>	1 psi	75.28	Ventanas grandes y pequeñas completamente estrelladas. Daño a los marcos de las ventanas. Marco estructural de acero de edificios ligeramente deformados.
<b>Zona de alto riesgo por daño a equipos</b>	3 psi	32.98	Edificios con estructura de acero distorsionados y arrancados de sus cimientos.

**GRÁFICA DE RADIOS DE SOBREPRESIÓN (F.E.E. = 0.0935)**

**Título del escenario:** Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Menos probable, más catastrófico.

**Instalaciones:** TC VALLARTA **Ubicación:** 20° 42' 8.96 N, 103° 27' 41.84 O



Energía equivalente a 72.46 kg de TNT

**Figura 40. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Menos probable, más catastrófico.**

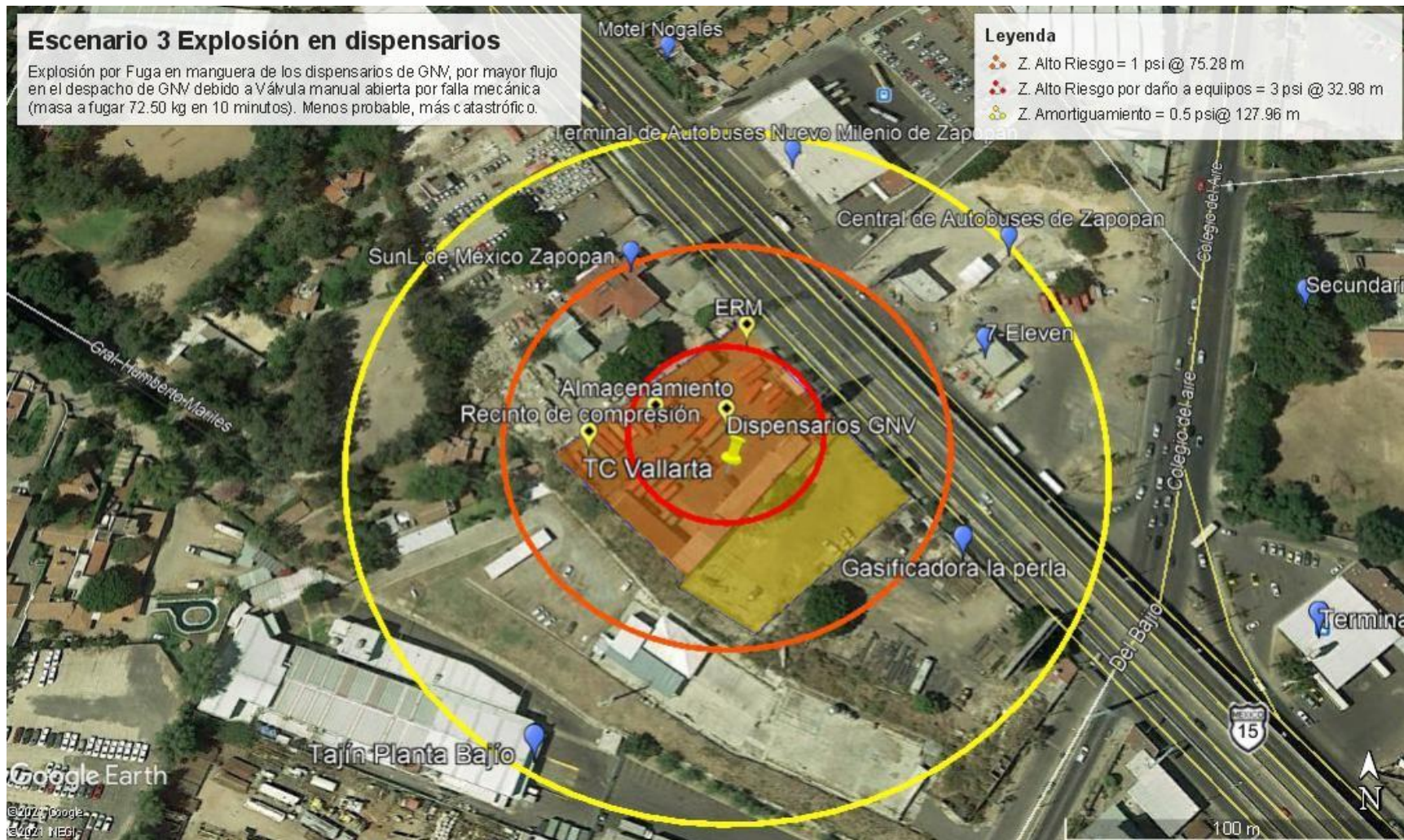


Figura 41. Radios de Afectación para el Escenario 3 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos). Menos probable, más catastrófico.

- Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg])

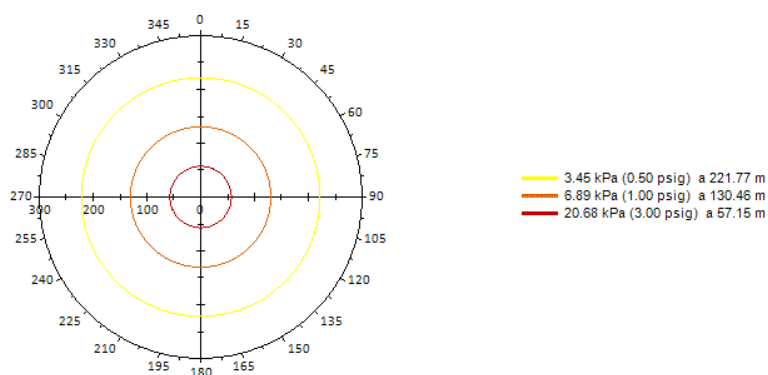
Tabla 38. Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg]). Peor caso

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)	DISTANCIA (m)	EFECTO OBSERVADO
Zona de Amortiguamiento	0.5 psi	57.15	Sonido molesto (137 dB) si es de baja frecuencia (10 a 15 Hz) Fractura de vidrios previamente bajo esfuerzo. Daño estructural menor y limitado.
Zona de alto riesgo	1 psi	130.46	Ventanas grandes y pequeñas completamente estrelladas. Daño a los marcos de las ventanas. Marco estructural de acero de edificios ligeramente deformados.
Zona de alto riesgo por daño a equipos	3 psi	221.77	Edificios con estructura de acero distorsionados y arrancados de sus cimientos.

**GRÁFICA DE RADIOS DE SOBREPRESIÓN (F.E.E. = 0.0935)**

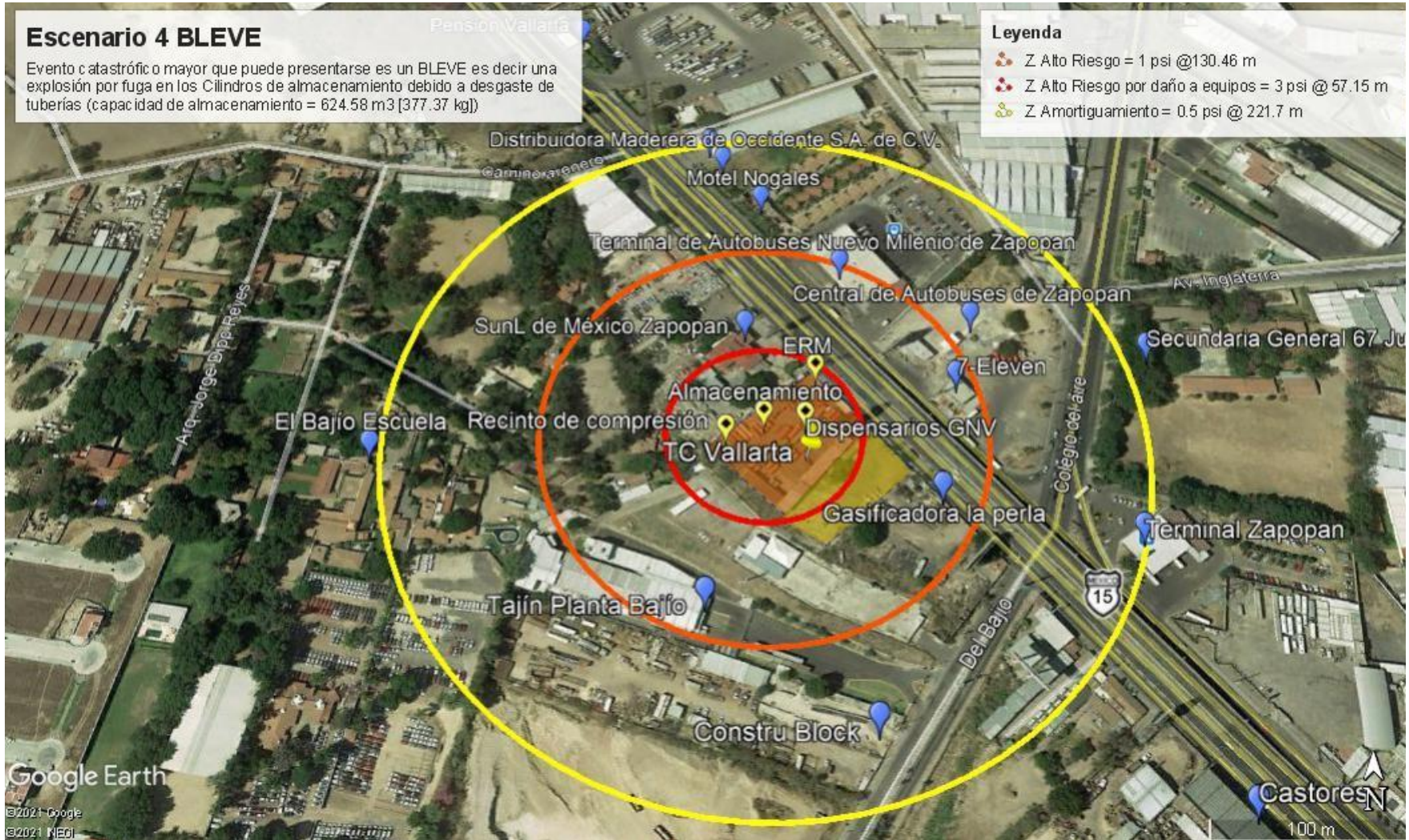
Título del escenario: Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg])

Instalaciones: TC VALLARTA Ubicación: 20° 42' 8.96 N, 103° 27' 0.00 O



Energía equivalente a 377.19 kg de TNT

Figura 42. Gráfica de Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg]). Peor caso



**Figura 43. Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg]). Peor caso.**

Tabla 39. Resumen de Radios de afectación de escenarios simulados para la “TC Vallarta”

Escenario			Radiación Térmica			Sobrepresión			
			37.5 Kw/m <sup>2</sup>	5 Kw/m <sup>2</sup>	1.4 Kw/m <sup>2</sup>	3 psi	1 psi	0.5 psi	
Tipo	Clave	Descripción	Tipo de incendio	Radio de Alto Riesgo por daño a equipos (m)	Radio de Alto Riesgo (m)	Radio de Amortiguamiento (m)	Radio de Alto Riesgo por daño a equipos (m)	Radio de Alto Riesgo (m)	Radio de Amortiguamiento (m)
Más probable, menos catastrófico	Escenario 1	Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento	Jet fire	51.4	134.82	247.92	---	---	---
		- masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño /		46.19	121.17	222.81	---	---	---
Más probable, menos catastrófico	Escenario 2	Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m).	Jet fire	22.95	61.11	112.58	---	---	---

Escenario			Radiación Térmica			Sobrepresión			
				37.5 Kw/m <sup>2</sup>	5 Kw/m <sup>2</sup>	1.4 Kw/m <sup>2</sup>	3 psi	1 psi	0.5 psi
Tipo	Clave	Descripción	Tipo de incendio	Radio de Alto Riesgo por daño a equipos (m)	Radio de Alto Riesgo (m)	Radio de Amortiguamiento (m)	Radio de Alto Riesgo por daño a equipos (m)	Radio de Alto Riesgo (m)	Radio de Amortiguamiento (m)
Más probable, menos catastrófico	Escenario 3	Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica con posibilidad de incendio y explosión (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos).	Jet fire	34.26	89.88	165.28	---	---	---
Menos probable, más catastrófico			---	---	---	---	32.98	75.28	127.96
Peor escenario	Escenario 4	BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m <sup>3</sup> [377.37 kg])	---	---	---	---	57.15	130.46	221.77



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
“Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)”

Se contará con los siguientes dispositivos de seguridad para minimizar dichos eventos y poder así administrarlos y que no sucedan es por eso que se centra básicamente todos sus esfuerzos en la prevención, de ahí que, desde su concepción e instalación, tiene previsto la incorporación de dispositivos de seguridad que previenen y evitan una fuga, explosión o conato de incendio, tales como:

- Válvulas de cierre neumático y control remoto desde un panel de control
- Excesos de flujo y separación con cierre hermético y automático. Lo que significa que el equipo está diseñado para la distribución del flujo de acuerdo a las tomas de suministro y válvulas de llenado de cilindros, por lo que, de excederse el volumen suministrado, es decir que este sea mayor al requerido.
- Válvulas pool away de separación automática y cierre hermético. Estos dispositivos tienen por finalidad que en caso de un movimiento o arranque de la unidad estando conectada la manguera, se separará de la toma de suministro o descarga e inmediatamente se cierra la válvula a través de la cual se mantenía el flujo de combustible.
- Equipos acordes a las necesidades, según área, esto es bombas para las tomas de suministro y compresor, los cuales fueron fabricados con los más altos estándares internacionales
- Así mismo se mantendrá los dispositivos de seguridad tanto como extintores portátiles como estacionarios de una manera que siempre estén a la mejor disposición y que el personal operativo usaran en caso de una emergencia.
- Programa de capacitación en las actividades técnicas, operativas y de emergencia que se realicen en la TC Vallarta.

### III. INTERACCIONES DE RIESGOS AL INTERIOR Y AL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El análisis de interacciones se realizará realizando un matriz para cada tipo de escenarios, identificando para cada radio de afectación la infraestructura o zona que se vería afectada del Proyecto y de los puntos o sitios de interés.

#### III.1. Sitios de interés cercanos al proyecto TC Vallarta

En un radio de 500 m alrededor del Proyecto, se tiene actividad industrial y comercial: Gasificadora La Perla, 7Eleven, Central de Autobuses Zapopan, Terminal de autobuses Nuevo Milenio de Zapopan, SUNL de México (empresa de vehículos de motor), Tajín Planta Bajío, Constru block, Motel Nogales, Secundaria General 67 Juan José Arreola, Distribuidora Maderera de Occidente, S.A. de C.V., Maderera Santa Fe, El Bajío Escuela, Castores, Soccer life Bajío, Gas Tomza (estación de carburación), gasolineras, Concretos Moctezuma, entre otros, los cuales se ven afectados en algunas de las simulaciones realizadas.



**Figura 44. Radio entorno a 500 m de la “TC Vallarta”**

**Tabla 40. Sitios de interés y grado de vulnerabilidad entorno a la “TC Vallarta”**

No	Punto de Interés	Distancia (metros)	Materiales	Vulnerabilidad
1	Gasificadora La Perla	81.57	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
2	7Eleven	101.18	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
3	Central de Autobuses Zapopan	134.85 m	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja

No	Punto de Interés	Distancia (metros)	Materiales	Vulnerabilidad
4	Terminal de autobuses Nuevo Milenio de Zapopan	131.54	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
5	SUNL de México (empresa de vehículos de motor)	86.61	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
6	Tajín Planta Bajío	108.71	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
7	Constru block	164.05	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
8	Motel Nogales	182.28	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
9	Secundaria General 67 Juan José Arreola	215.92	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
10	Distribuidora Maderera de Occidente, S.A. de C.V.	216.69	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
11	Maderera Santa Fe	233.27	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
12	El Bajío Escuela	251.32	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja

No	Punto de Interés	Distancia (metros)	Materiales	Vulnerabilidad
13	Castores	294.41	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
14	Soccer life Bajío	303.24	--	
15	Gas Tomza	345.09	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
16	Pensión Vallarta	359.94	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
17	Concretos Moctezuma	380.67	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
18	Gasolinera Pemex	418.68	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
19	Fotton Mexico (concesionario de camiones)	427.54	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
20	Gasolinera Pemex E3057	431.29	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja

Los radios de afectación no alcanzan áreas naturales protegidas, cruces con ríos, alguna escorrentía o cause, sin embargo, algunos radios de afectación simulados si alcanzan algunas tiendas de conveniencia, empresa de vehículos automotores, gaseras y planta alimenticia entre otros servicios cercanos al Proyecto.

Después de realizar el análisis de riesgo y seleccionar el evento catastrófico más crítico (BLEVE) que puede presentarse, se señalan las áreas y/o instalaciones próximas al proyecto que se encuentran dentro de la



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
“Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)”

zona de riesgo (radio de afectación de 130.46 m), donde se puede observar que todas las instalaciones circundantes al Proyecto serían afectadas por el evento no deseado que pudiera ocurrir, llegando a dañar aún más instalaciones cercanas y el medio ambiente que a estas rodea, que son: Gasera La Perla, SUNL de México (Empresa de vehículos de motor), Terminal de Autobuses Zapopan nuevo Milenio, Central de Autobuses Zapopan, Planta Tajín (alimenticia) y los autos que en ese momento pasen sobre la carretera México 15 Guadalajara -Tepic ocasionando la perturbación de la vialidad en la zona, así como interrupción de líneas eléctricas.

La posibilidad de que se produzca un incendio grave se puede reducir al mínimo por medio de un diseño y una disposición adecuada de los servicios de la TC Vallarta, la ingeniería correcta con la que fue construida nos permitirá administrar los riesgos que esta actividad conlleva, además la adopción de buenas prácticas de funcionamiento e instrucción y capacitación adecuada del personal en actividades y medidas de rutina que se han de aplicar en casos de emergencia. El diseño de la estación considera los servicios de suministro de agua, equipo de protección contra incendios, además la barda que rodea dicha instalación es de una altura de 2.40 m esto serviría como primera barrera contra cualquier evento ocasionado por la fuga y derivando a un incendio.

El uso de suelo se encuentra completamente urbanizado, que no se tienen elementos físicos naturales desde hace décadas, no es un área de reserva, no es área natural protegida, no se tiene flora o fauna naturales.

La identificación de los puntos de interés que puedan presentar alguna vulnerabilidad se realizó bajo la siguiente metodología:

Con base a los resultados obtenidos de las simulaciones para determinar la vulnerabilidad de las instalaciones y alrededores, se cruzó la información de los radios de afectación resultado de los modelos con el inventario de equipos y sitios sensibles o estratégicos de interés. Mediante la comparación de las distancias de estos puntos a la zona caliente o zero de los eventos modelados, se construyó un sistema de semáforo que indica su susceptibilidad a ser afectado, identificando para cada radio de afectación la infraestructura o zona que se vería afectada por la “**TC Vallarta**” de los puntos o sitios de interés cercanos

Los efectos observados para los niveles de radiación térmica y sobrepresión son los siguientes:

- **Radiación térmica**
  - **Zona de amortiguamiento a 1.4 Kw/m<sup>2</sup>: Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal), se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial. En general se considera que no hay dolor – sea cual sea el tiempo de exposición - con flujos térmicos inferiores a 1.7 Kw/m<sup>2</sup> (mínimo necesario para causar dolor).**
  - **Zona de alto riesgo a 5 Kw/m<sup>2</sup>: Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos. Máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado. Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55 °C aparecen ampollas.**



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
"Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)"

- Zona de alto riesgo por daño a equipos a  $37.5 \text{ Kw/m}^2$ : Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras. 100 % de letalidad. Efecto domino
- Sobrepresión
  - Zona de amortiguamiento a 0.5 psi: Daño a ventanas pequeñas y grandes.
  - Zona de alto riesgo a 1 psi: Demolición parcial de casas (tal que son inhabitables).
  - Zona de alto riesgo por daño a equipos a 3 psi: Daños a edificios con estructura metálica, equipo pesado sufre poco daño. / Ruptura de tanques de almacenamiento. Efecto domino.

### III.2. Análisis de interacciones de riesgo

A continuación, en la Tabla 41, se presenta la Matriz de interacciones entre los escenarios de riesgo y los puntos de interés identificados.

**Tabla 41. Matriz de interacciones entre los escenarios de riesgo y los puntos de interés identificados con respecto de los escenarios de riesgo identificados para la “TC Vallarta”**

No. de Esc.	Radiación Térmica			Sobrepresión			Infraestructura más cercana
	37.5 kW/m <sup>2</sup> Radio de Alto Riesgo por daño a equipos:	5 kW/m <sup>2</sup> Radio de Alto Riesgo:	1.4 kW/m <sup>2</sup> Radio de Amortiguamiento:	3 psi Radio de Alto Riesgo por daño a equipos:	1 psi Radio de Alto Riesgo:	0.5 psi Radio de Amortiguamiento :	
1	51.4 m	134.82 m	247.92 m	---	---	---	Patio de maniobras del Proyecto a 26 m aprox.
		Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al patio de Proyecto	Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al patio de Proyecto	---	---	---	
	46.19 m	121.177 m	5.24 m	---	---	---	Patio de maniobras del Proyecto a 26 m aprox.
		Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al área del Proyecto	Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al área del Proyecto	---	---	---	
2	22.95 m	61.11 m	112.58 m	---	---	---	Patio de maniobras del Proyecto a 26 m aprox.
		Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al patio de maniobras del Proyecto	Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al patio de maniobras del Proyecto	---	---	---	

No. de Esc.	Radiación Térmica			Sobrepresión			Infraestructura más cercana
	37.5 kW/m <sup>2</sup> Radio de Alto Riesgo por daño a equipos:	5 kW/m <sup>2</sup> Radio de Alto Riesgo:	1.4 kW/m <sup>2</sup> Radio de Amortiguamiento:	3 psi Radio de Alto Riesgo por daño a equipos:	1 psi Radio de Alto Riesgo:	0.5 psi Radio de Amortiguamiento :	
3	---	---	---	32.98 m	75.28 m	127.96 m	En el Predio del donde se ubicará el Proyecto: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Patio de maniobras del Proyecto a 26 m aprox.</li> </ul> Fuera del predio del Proyecto: Áreas urbanizadas
	---	---	---	---	Graves  Al interior del predio e instalaciones del patio de maniobras del Proyecto.  Los radios de afectación salen del predio, por ser catalogado como el escenario más catastrófico, pero menos probable.	Grave s  Al interior del predio e instalaciones del patio de maniobras del Proyecto  Los radios de afectación salen del predio, por ser catalogado como el escenario más catastrófico, pero menos probable	

No. de Esc.	Radiación Térmica			Sobrepresión			Infraestructura más cercana
	37.5 kW/m <sup>2</sup> Radio de Alto Riesgo por daño a equipos:	5 kW/m <sup>2</sup> Radio de Alto Riesgo:	1.4 kW/m <sup>2</sup> Radio de Amortiguamiento:	3 psi Radio de Alto Riesgo por daño a equipos:	1 psi Radio de Alto Riesgo:	0.5 psi Radio de Amortiguamiento :	
4	---	---	---	57.15 m	130.46 m	221.77 m	<p>En el Predio del donde se ubicará el Proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Patio de maniobras del Proyecto a 26 m aprox.</li> </ul> <p>Fuera del predio del Proyecto:</p> <p>Áreas urbanizadas</p>
	---	---	---	---	<p>Graves</p> <p>Al interior del predio e instalaciones del patio de maniobras del Proyecto.</p> <p>Los radios de afectación salen del predio, por ser catalogado como el escenario más catastrófico, pero menos probable.</p>	<p>Graves</p> <p>Al interior del predio e instalaciones del patio de maniobras del Proyecto</p> <p>Los radios de afectación salen del predio, por ser catalogado como el escenario más catastrófico, pero menos probable</p>	



### III.3. Efectos sobre el sistema ambiental

El Proyecto **TC VALLARTA** no compromete la funcionalidad natural y social que se desarrolla en el área donde se encontrara establecida.

El Proyecto **TC VALLARTA** no afectara de ninguna manera superficies con cobertura vegetal.

## IV. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO

### IV.1. Sistemas de seguridad

#### IV.1.1. Sistema contra incendio

El Proyecto **TC VALLARTA** contará con un sistema contra incendio (extintores), cuyo propósito principal es minimizar o reducir los efectos y/o daños al personal, las instalaciones y el entorno, asociados a los peligros que pueden presentarse provenientes de alguna fuga y fuego.

Se colocarán equipos de extintores del tipo Polvo Químico Seco (PQS): nueve (9) extintores de capacidad 6 kg c/u y un (1) extintor de capacidad de 35 kg.y tres (3) extintores de CO2 con capacidad de 10 libras c/u.

### IV.2. Medidas Preventivas

- **Señales, señalización de seguridad e higiene y rotulaciones.**

El Proyecto contará con la Instalación de señalética, para delimitar el área operativa se utilizará barriles para tránsito (con cinta reflejante) sujetos con cadenas para impedir el acceso de personas y vehículos. Se instalarán señalizaciones en las paredes, sobre los equipos y señaléticas tipo móviles para las zonas de circulación. Todas las señaléticas seguirán las especificaciones según las Normas NOM-003-SEGOB-2011 (Señales y avisos para protección civil. - Colores, formas y símbolos a utilizar) y la Norma NOM-026-STPS-2008 (Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías).

**Tabla 42. Sistemas, equipos, accesorios de seguridad de los Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias de la “TC Vallarta”**

Escenario de Riesgo			Sistemas, equipos, accesorios de seguridad
Referencia ¿Qué pasa sí?	No.	Descripción	
1.3.1, 1.3.2, 1.4.1, 1.4.2	1	<p>Incendio por fuga en compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- masa a fugar <b>169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño.</b></li> <li>- masa a fugar <b>135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema de gas incluye válvulas de bola con actuador neumático y válvula de cierre manual</li> <li>• Cada línea de suministro del compresor es monitorizada por un transductor de presión Los valores de presión leídos por los transductores y los ajustes relativos de alarma se muestran en la pantalla del PLC en el armario de control.</li> <li>• Bitácora de mantenimiento, para llevar un control dentro de lo especificado por el proveedor</li> <li>• Auditorías Internas del estado de cada uno de los equipos</li> </ul>
2.2.2	2	<p>Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio (Extintores)</li> <li>• Mantenimiento a las líneas de conducción de gas a los cilindros</li> </ul>
3.2.2, 3.2.3	3	<p>Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica con posibilidad de incendio y explosión (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio (Extintores)</li> </ul>

Escenario de Riesgo			Sistemas, equipos, accesorios de seguridad
Referencia ¿Qué pasa sí?	No.	Descripción	
2.2.3	4	El evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m <sup>3</sup> [377.37 kg])	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio (Extintores)</li> <li>• Mantenimiento a las líneas de conducción de gas a los cilindros</li> </ul>

## V. RECOMENDACIONES DERIVADAS DEL ANÁLISIS DE RIESGO

A continuación, en la Tabla 45, se presentan las recomendaciones resultantes de las técnicas para identificación, jerarquización y cuantificación de riesgos aplicadas en el presente Análisis.

**Tabla 43. Recomendaciones de la aplicación de metodologías de riesgos para la “TC Vallarta”**

No.	Descripción	Referencia ¿Qué pasa sí?	Índice de riesgo
1.	Seguimiento a los programas técnicos de la operación y mantenimiento a la TC Vallarta	1.1.1	B
		1.1.3	
		1.4.1	
		2.1.1	
		2.2.1	
2.	Aplicación de procedimientos Operativos y de seguridad	1.1.2	C
3.	Elaborar Plan de Respuesta emergencia	1.1.3	B
		1.3.3	
4.	Realizar revisión de bitácoras de operación	1.1.3	B
5.	Inspección y mantenimiento constante a las instalaciones y equipos, la recomendada por el proveedor	1.2.1	B
6.	Mantenimiento a los controles de presión de cada válvula	1.3.1	B
7.	Mantenimiento y monitoreo a los manómetros	1.3.2	B
8.	Seguimiento al programa de auditoría de la TC Vallarta	1.4.2	B
9.	Elaboración de Procedimientos operativos	2.1.1	B
10.	Elaborar programa de Capacitación para personal operativo	2.1.1	B
		2.1.2	
		2.1.3	

No.	Descripción	Referencia ¿Qué pasa sí?	Índice de riesgo
11.	Monitoreo continuo de las variables de operación del compresor	3.1.1	C
12.	Difusión de Plan de Respuesta de emergencia de la TC Vallarta al personal técnico operativo	3.2.1	B
		3.2.2	
		3.2.3	
13.	Campaña de concientización para el Uso obligatorio de EPP	3.3.1	B

Además, se recomienda de manera general para el Proyecto **TC VALLARTA** lo siguiente:

- 1) Elaborar los diagramas de tuberías e instrumentación del sistema de manejo de GNV dichos diagramas deberán contener entre otros aspectos la siguiente información: numeración de líneas que incluya número de línea, diámetro de la línea, especificación del material con la que está construida, servicio que maneja, numeración de válvulas, accesorios e instrumentación, indicación de válvulas de control, de seguridad, indicación del lógico de control, tipo de señal que maneja, de acuerdo con la simbología ISA (Sociedad Americana de Instrumentación).
- 2) Elaborar y aplicar un programa de inspecciones a líneas y válvulas de operación y de seguridad.
- 3) Elaborar y aplicar un programa de capacitación al personal para atención a emergencias asociadas al manejo de GNV
- 4) Elaborar y aplicar un programa de capacitación y / o difusión de los resultados obtenidos en este estudio a todo el personal para lograr una mayor concientización y sensibilización tendientes a que todo el personal participe en el ámbito del desarrollo de sus funciones al interior de la estación (según el puesto que tengan) de tal manera que los riesgos identificados sean controlados, eliminados, reducidos o transferidos, garantizando con ello la continuidad de las operaciones de la empresa y la seguridad de sus trabajadores.
- 5) Elaborar y aplicar una auditoría de seguridad que contemple:
  - La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).
  - La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.).
  - La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, cilindros, unidades de transporte de estación, etc.).

- Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.).
- Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.).
- Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios.
- Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

## VI. CONCLUSIONES

Como resultado de la identificación, ponderación y jerarquización de riesgos se identificaron 18 escenarios de riesgos, resultando 3 escenarios con de Riesgo Tipo "D" Muy poco peligroso (Aceptable); 5 escenarios de Riesgo del Tipo "C" Peligroso (Aceptable con controles) con controles y 10 de riesgo "Tipo "B" Moderadamente peligroso (Aceptable con controles) tipo "B".

Se modelaron 4 escenarios de riesgo, considerando los distintos equipos de la "TC Vallarta": Compresor, Almacenamiento y Dispensarios:

- **Escenario 1: Incendio por fuga en compresor debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 169.18 kg en 10 minutos, capacidad de diseño / masa a fugar 135.34 kg en 10 minutos, capacidad operativa máxima).**
- **Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.0254 m).**
- **Escenario 3 Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica con posibilidad de incendio y explosión (masa a fugar 72.50 kg en 10 minutos).**
- **Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg])**



Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto  
**“Terminal de Carga de Gas Natural Comprimido y  
Estación de Servicio Vallarta (TC Vallarta)”**

Para cada escenario simulado, se determinaron las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, utilizando los criterios establecidos por la SEMARNAT, para radiación térmica: 5 kW/m<sup>2</sup> para la zona de alto riesgo y 1.4 kW/m<sup>2</sup> para la zona de amortiguamiento y para sobrepresión 1 psi para la zona de alto riesgo y 0.5 psi para la zona de amortiguamiento. Las gráficas generadas de la simulación de consecuencias para cada uno de los escenarios simulados se incluyen en el Anexo D, los planos con los radios de afectación se incluyen en el Anexo E.

Los radios de afectación por radiación térmica resultaron con las mayores distancias para la zona de amortiguamiento (1,4 kW/m<sup>2</sup>) en el rango de 222.81 a 247.92 m, y para la zona de alto riesgo (5,0 kW/m<sup>2</sup>) en el rango de 121.17 a 134.82 m. Dichos escenarios corresponden al caso más probable pero menos catastrófico, es decir, ruptura de línea, las cuales tienen una probabilidad baja, pero consecuencia severa.

Para sobrepresión el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento = 624.58 m<sup>3</sup> [377.37 kg]). Menos probable, más catastrófico. Los radios de afectación para la zona de amortiguamiento (0.5 psi) es de 221.77 m y para la zona de alto riesgo es de 130.46 m.