

CONTENIDO

I.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	1
I.1.	Proyecto.....	1
II.	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.....	22
II.1.	Hojas de seguridad.....	24
II.2.	Guarda de Gas Natural Licuado.....	24
II.3.	Equipos de proceso y auxiliares.....	25
II.4.	Condiciones de Operación.....	28
II.5.	Relación de sustancias peligrosas manejadas.....	28
III.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	30
III.1.	Ubicación de la instalación.....	30
III.2.	Entorno natural.....	30
III.3.	¿El sitio de la instalación de la planta, está ubicado en una zona susceptible a:.....	41
III.4.	Sí es de su conocimiento que existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área de las instalaciones, proporcione la información correspondiente.....	51
III.5.	Puntos importantes de interés cercanos a la instalación o proyecto en un radio de 500 metros....	52
III.6.	Medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal de la instalación, para evitar deterioros del medio ambiente.....	54
IV.	SELECCIÓN DE METODOLOGÍAS.....	59
V.	ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS.....	61
V.1.	Antecedentes de incidentes y accidentes de proyectos e instalaciones similares.....	61
V.2.	Identificación de peligros.....	73
V.2.1.	Aplicación de Listas de Verificación.....	73
VI.	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS.....	75
VI.1.	Identificación de peligros y evaluación de riesgos.....	75
VII.	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	88
VII.1.	Análisis detallado de consecuencias.....	88
VII.1.1.	Relación de escenarios de riesgo identificados.....	88
VII.1.2.	Modelos aplicados en la simulación de escenarios hipotéticos de pérdida de contención.....	89
VII.1.3.	Análisis de Vulnerabilidad e Interacción del riesgo.....	106
VII.2.	Análisis detallado de frecuencias y re-jerarquización de escenarios.....	110
VII.3.	Medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.....	110
VII.4.	Medidas preventivas.....	113

VIII. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO ADICIONALES PARA ESCENARIOS DE RIESGO NO TOLERABLES.....	116
IX. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.	117
X. CONCLUSIONES.....	120
XI. RESUMEN EJECUTIVO.....	125
XII. ANEXOS.....	131

CONTENIDO DE TABLAS

- Tabla 1. Municipio, Localidad y Entidad Federativa donde se ubica la Estación.
- Tabla 2. Criterios de Diseño y Normatividad Aplicable a la Terminal Remota.
- Tabla 3. Descripción de la Región Ecológica 3.34 donde se ubicará el presente proyecto.
- Tabla 4. Estrategias correspondientes a la UAB 6 Desierto de Altar (Baja California).
- Tabla 5. Descripción de la Unidad de Gestión Ambiental 2 donde se ubica el presente proyecto.
- Tabla 6. Criterios de regulación ecológica de la UGA 2 del Ordenamiento Ecológico del estado de Baja California, aplicables al presente proyecto.
- Tabla 7. Modelo de Ordenamiento Ecológico aplicable al Valle de Mexicali.
- Tabla 8. Lineamientos aplicables al Valle de Mexicali.
- Tabla 9. Datos del tanque de guarda.
- Tabla 10. Datos de la unidad vaporizadora (vaporizador natural).
- Tabla 11. Descripción de componentes del lado criogénico.
- Tabla 12. Condiciones de Operación.
- Tabla 13. Sustancias manejadas
- Tabla 14. Tipo de vegetación terrestre ubicada en el municipio de Mexicali.
- Tabla 15. Niveles de pobreza municipal.
- Tabla 16. Indicadores de rezago e índice de rezago de los municipios de Baja California 2005.
- Tabla 17. Sismos Relevantes en la zona del proyecto.
- Tabla 18. Metodologías de acuerdo con la etapa de vida del proceso.
- Tabla 19. Aplicación de metodologías por nodo.
- Tabla 20. Integrantes del grupo multidisciplinario de análisis de riesgos.
- Tabla 21. Nodos analizados con la metodología ¿Qué pasa si?
- Tabla 22. Criterios para analizar la frecuencia.
- Tabla 23. Criterios para analizar la consecuencia.
- Tabla 24. Matriz de nivel de riesgo.
- Tabla 25. Jerarquización de escenarios de accidentes potenciales.
- Tabla 26. Relación de escenarios hipotéticos de pérdida de contención.
- Tabla 27. Diámetros equivalentes de fuga.
- Tabla 28. Categorías de Estabilidad de Pasquill-Glifford.
- Tabla 29. Efectos generados por Radiación Térmica.
- Tabla 30. Efectos generados por ondas de sobrepresión.
- Tabla 31. Criterios de afectación por impulso.
- Tabla 32. Criterios de zonas de intervención.
- Tabla 33. Efectos generados por toxicidad.
- Tabla 34. Datos técnicos básicos alimentados para estimar los radios de afectación por pérdida de contención.
- Tabla 35. Resultados de radios y zonas de afectación.
- Tabla 36. Niveles de radiación, toxicidad y sobrepresión a las distancias de interés.
- Tabla 37. Análisis de vulnerabilidad e interacción de riesgo para los escenarios hipotéticos.
- Tabla 38. Inventario de sistemas y elementos de seguridad considerados en el diseño de la instalación
- Tabla 39. Tabla Criterios de Diseño y Normatividad Aplicable a la Terminal Remota.
- Tabla 40. Recomendaciones Técnico Operativas (RTO) y Recomendaciones Administrativas (RA).
- Tabla 41. Escenarios seleccionados para el análisis de consecuencias.
- Tabla 42. Recomendaciones Técnico Operativas (RTO) y Recomendaciones Administrativas (RA).

CONTENIDO DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación territorial del municipio de Mexicali en el Estado de Baja California.
- Figura 2. Localización del área de proyecto en la localidad.
- Figura 3. Ubicación y Colindancias de la Terminal Remota dentro del predio de la Planta del Cliente.
- Figura 4. Ubicación de los equipos.
- Figura 5. Arreglo General de Equipo.
- Figura 6. Ubicación del proyecto en la UAB 6 Desierto de Altar (Baja California).
- Figura 7. Diagrama Esquemático de Operación.
- Figura 8. Temperatura promedio registrada en el municipio de Mexicali, Baja California en los años de 1981 a 2010 (Fuente: CONAGUA).
- Figura 9. Datos de precipitación normal registrados en el municipio de Mexicali, Baja California en los años de 1981 a 2010.
- Figura 10. Regionalización sísmica de México. Fuente: Cenapred.
- Figura 11. Crecimiento de la población del municipio de Mexicali 1910-2010. Fuente: INEGI.
- Figura 12. Pirámide poblacional por edad y sexo. Fuente: INEGI.
- Figura 13. Regionalización Sísmica de la República Mexicana.
- Figura 14. Aceleraciones máximas del terreno natural del municipio de Ensenada
- Figura 15. Peligro de derrumbe y deslizamiento
- Figura 16. Flujos de lodo y escombros por lluvia
- Figura 17. Flujos de lodo y escombros por lluvia Peligro de hundimiento por sobreexplotación de acuíferos.
- Figura 18. Categorización del índice de peligro por tormenta eléctrica a nivel municipal.
- Figura 19. Heladas en México.
- Figura 20. Granizadas en México.
- Figura 21. Inundaciones.
- Figura 22. Grado de erosión.
- Figura 23. Batimetría de la República Mexicana.
- Figura 24. Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales.
- Figura 25. Tasa de mortalidad por causas sujetas a vigilancia epidemiológica por entidad federativa, 2018.
- Figura 26. Ubicación de la Terminal Remota y puntos de interés en su entorno.
- Figura 27. Infraestructura en el entorno de la instalación.
- Figura 28. Distribución espacial de parques industriales a nivel estatal.
- Figura 29. Diagrama de bloques para el desarrollo del análisis de riesgo.
- Figura 30. Sustancias involucradas en emergencias químicas (2018).
- Figura 31. Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (2000-2018).
- Figura 32. Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (2000-2018) Tendencias.
- Figura 33. Estadística de tipos de accidentes.
- Figura 34. Estadística de accidentes por su origen.
- Figura 35. Estadística de tipos de accidentes por país.
- Figura 36. Estadística de tipos de accidentes por sustancias involucradas.
- Figura 37. Estadística de tipos de accidentes por su origen/actividad.
- Figura 38. Estadística de tipos de accidentes por su origen en plantas de proceso.
- Figura 39. Estadística de tipos de accidentes en transporte.
- Figura 40. Estadística de tipos de accidentes en plantas de almacenamiento.
- Figura 41. Estadística de tipos de accidentes. Carga y descarga.
- Figura 42. Causas de los accidentes.

Figura 43. Causas específicas externas de los accidentes.

Figura 44. Causas específicas de accidentes por factores humanos.

Figura 45. Principio ALARP.

Figura 46. Sobrepresión e impulso.

Figura 47. Posición frente a la onda de choque.

Figura 48. Representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso más significativas para humanos.

Figura 49. Representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso establecidos para edificaciones.

Figura 50. Zonas de Inflamabilidad para los escenarios propuestos 01 y 02.

CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Datos de Seguridad (HDS) del Gas Natural Licuado (GNL)

Anexo 2. Diagrama de tubería e instrumentación, planos isométricos, planos mecánicos, diagrama de flujo de proceso

Anexo 3. Resultados de la Aplicación de Listas de Verificación

Anexo 4. Aplicación de la metodología ¿Qué pasa si?

Anexo 5. Resultados de la Simulación de Escenarios de Riesgo

Anexo 6. Datos de especificación de Escenarios de Riesgo

Anexo 7. Radios de afectación estimados

Anexo 8. Informe Técnico

Anexo 9. Anexo Fotográfico

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I.1. Proyecto.

El Proyecto de la Terminal Remota consiste en la instalación, operación y mantenimiento de una Terminal Remota¹, en la que se realizará la guarda, regasificación de Gas Natural Licuado (GNL), odorización y la entrega de gas natural en estado gaseoso por parte de Enestas S.A. de C.V. al Usuario Final² (Cliente), en sus instalaciones en Mexicali, Baja California. La Terminal consta principalmente de los siguientes equipos y accesorios, estimándose un tiempo de vida útil de 20 y máximo 25 años:

- Un tanque criogénico (tanque de guarda) horizontal estacionario montado sobre ruedas, con una capacidad nominal de 44 m³ (medido como capacidad en litros de agua a 20°C).
- Un vaporizador natural, con una capacidad de 20,000 SCFH, es decir 566.34 m³/h.
- Un vaporizador natural auxiliar (de sistema economizador), de 2,000 SCFH, con capacidad de 120 m³/h.
- Un tanque estacionario para odorización de Gas Natural en estado gaseoso, con una capacidad nominal de 180 litros (medido como capacidad en litros de agua a 20°C).
- Una sección de regulación de presión (manifold).
- Un medidor de flujo.

Tanque de guarda

Tanque contenedor criogénico horizontal ACT, modelo UNT75 para guarda de Gas Natural Líquido (GNL), de 40' ISO. Presión de Trabajo Máxima Admisible (MAWP): 7.93 BARG/115 PSI, a prueba de impactos, transportable, peso máximo bruto de 34,000 KG, 74,954.16 LB, (TARE 12,065 Kg, 26,598.77 lb), capacidad nominal de 44,000 l (44 m³), medido como capacidad en litros de agua a 20°C.

Vaporizador natural (regasificador)

Vaporizador CRYOQUIP, temperatura de diseño de -320°F a 150°F (-196°C A 66°C), máxima presión permisible de trabajo de 450 PSIG (31 BARG), presión de prueba no destructiva (neumática) de 495 PSIG (34 BARG), peso aproximado de la unidad de 1,800 lbs (816 Kg), con una capacidad de 20,000 SCFH (566.34 m³/h) modelo HAI-848-F.

Vaporizador natural Auxiliar (Sistema Economizador)

Vaporizador RIME 2000 SCFH, presión máxima de trabajo de 250 PSIG (17.23 BARG), capacidad de 120 m³/h, modelo 06 ZIBAC 10.

¹ Terminal Remota en términos de lo establecido en el numeral 119.2.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012.

² Usuario Final en términos de lo establecido en el Artículo 2, fracción XXIII del Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos.

Tanque estacionario (Sistema de Odorización)

Tanque estacionario CYTSA, presión de diseño 250 PSI (17.58 kgf/cm²), temperatura de diseño 125 °F (51.6 °C), presión de prueba hidrostática 325 PSI (22.85 kgf/cm²), servicio no corrosivo, capacidad nominal de agua 180 litros

Tanque de recarga de capacidad variable.

El tanque de recarga es de características similares a la del tanque de guarda, cuenta con tanque contenedor criogénico horizontal para guarda de Gas Natural Líquido (GNL), Capacidad Máxima 41.63 m³ (11,000 USG), a prueba de impactos, transportable. Este tanque no es parte de la Terminal. Es transportado en un tractocamión al sitio cada vez que se realiza el trasiego al tanque de guarda y se retira al término de la recarga.

Estación de regulación de presión

Es una instalación destinada a reducir y controlar la presión del gas natural a una presión determinada por el Cliente. Consta de tres ramas, dos de regulación de presión y una válvula de paso libre (By Pass).

Cada una de las ramas de regulación de presión constará de dos válvulas de corte y el regulador de presión. Todos los componentes de manifold serán fabricados en acero inoxidable.

Sistema de Elevo de Presión (PBU)

Cuando hay consumo, la presión de servicio del depósito tiende a descender.

Para recuperar la presión de trabajo, el recipiente incorpora un regulador de presión que permite el paso de una pequeña cantidad de líquido a través del serpentín de elevación de presión que, al gasificarse, restablece la presión a la que ha sido regulado el recipiente interior.

Sistema de Medición de Flujo

Para el conteo de la cantidad de gas natural entregada al cliente se instalará un medidor de flujo. El dispositivo de medición de flujo será dimensionado de acuerdo con los consumos del cliente y sus equipos.

Ubicación

La Terminal Remota se ubicará en terrenos que ocupa la Planta del Cliente en una superficie en comodato de 500 m², de los cuales 33.601 m² corresponden a la ocupación de un tanque de guarda, un vaporizador natural de operación, un vaporizador natural auxiliar y un tanque estacionario para odorización. Eventualmente se ocupará una superficie aproximada de 90 m², a un costado del tanque de guarda, donde se estacionará el Isotank que es ocupado para las actividades de recarga del Gas Natural Licuado.

La Terminal Remota se ubicará en la cercanía de la carretera Mexicali – San Felipe, en el interior del predio propiedad del cliente.

La Planta del Cliente se ubica en la Entidad Federativa de Baja California en el Municipio de Mexicali, teniendo como dirección la siguiente:

Tabla 1. Municipio, Localidad y Entidad Federativa donde se ubica la Estación.

No. de AGE	Clave AGEM	Entidad Federativa	Clave Localidad Geoestadística	Municipio o Delegación	Localidad
02	002	Baja California	3228	Mexicali	Colonia Cuatro Cerro Prieto

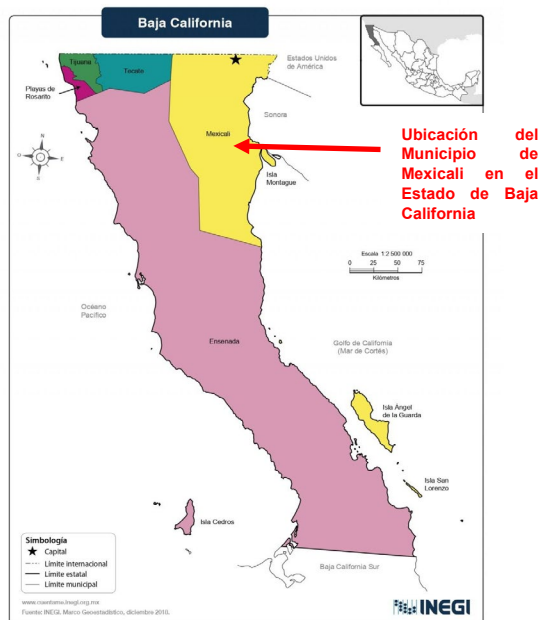
Fuente: Elaboración propia con información del Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades, INEGI (Dic 2020), consultado en: <https://www.inegi.org.mx/app/ageem/>

Las coordenadas geográficas del área en comodato donde se pretende ubicar la Terminal son las siguientes:

Latitud: [REDACTED]
Longitud: [REDACTED]

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 1. Ubicación territorial del municipio de Mexicali en el Estado de Baja California.



El proyecto se ubicará dentro del municipio de Mexicali en el estado de Baja California.

El municipio de Mexicali se localiza en la porción noroeste del estado de Baja California, entre las coordenadas 30° 51' y 32° 44' de latitud norte y las coordenadas 114° 43' y 115° 41' de longitud oeste; colindando al norte con el estado de California (E.U.A.), al noreste con los estados de Arizona (E.U.A.) y Sonora; al este con el Golfo de California; al sur con el municipio de Ensenada y al oeste con los municipios de Tecate y Ensenada, Baja California. El municipio de Mexicali representa aproximadamente 20% de la superficie del estado de Baja California con una superficie aproximada de 13,000 km², en donde se distribuyen, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de INEGI (2010), 1650 localidades -en su

mayoría (98.8%) rurales- tres de ellas son localidades urbanas: La ciudad de Mexicali, capital del estado de Baja California, colindando con el estado de California; el poblado Guadalupe Victoria en el valle de Mexicali y San Felipe en la parte sureste del territorio como puerto de cabotaje.

En la figura siguiente se muestra la localización del área del proyecto en la localidad.

Figura 2. Localización del área de proyecto en la localidad.



La Terminal se localizará en las instalaciones del Cliente en la localidad de Cerro Prieto. La principal vialidad para acceder al área es la Carretera Mexicali-San Felipe.

La ubicación de la Terminal Remota dentro del predio del cliente, así como sus colindancias se muestra en la **Figura 3**.

Figura 3. Ubicación y Colindancias de la Terminal Remota dentro del predio de la Planta del Cliente.



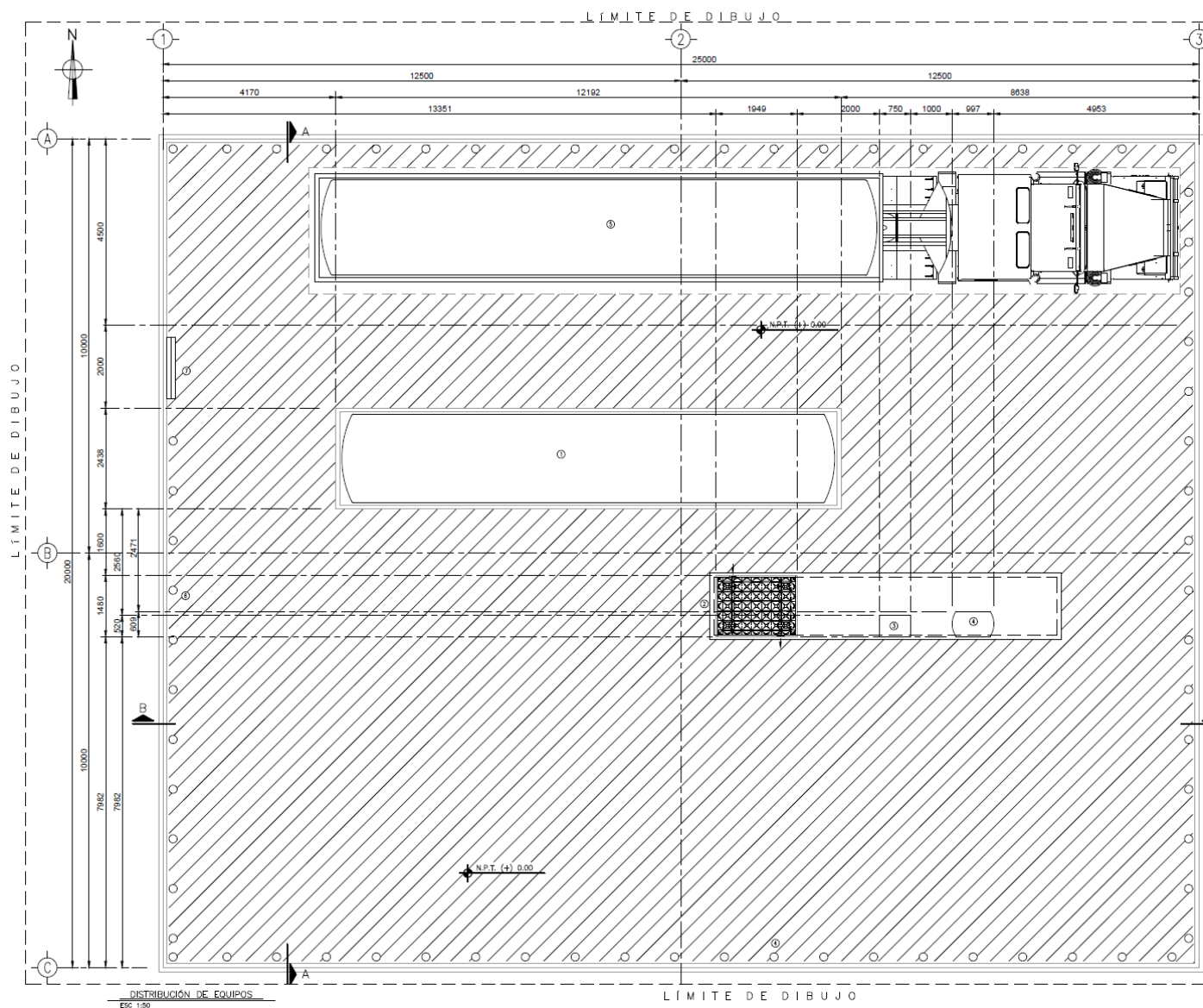
La ubicación y distribución de los equipos dentro de la superficie en comodato se muestra en la **Figura 4**.

Figura 4. Ubicación de los equipos.



El plano de arreglo general de equipo se incluye en la **Figura 5**.

Figura 5. Arreglo General de Equipo.



En la **Tabla 2**, se presentan las normas aplicables a la instalación de la Terminal Remota.

Tabla 2. Criterios de Diseño y Normatividad Aplicable a la Terminal Remota.

Concepto	Normas de referencia	Dependencia
Especificaciones del gas natural, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 19 de marzo de 2010.	NOM-001-SECRE-2010	NOM-SECRE (ASEA)
Requisitos de seguridad para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de terminales de almacenamiento de gas natural licuado que incluyen sistemas, equipos e instalaciones de recepción, conducción, vaporización y entrega de gas natural	NOM-013-SECRE-2012	ASEA
National Fire Protection Association	NFPA 59A	NFPA
Instalaciones eléctricas (utilización), publicadas en el DOF el 29 de noviembre de 2012.	NOM-001-SEDE-2012	NOM-SEDE
Señales y avisos para protección civil.- Colores, formas y símbolos a utilizar, publicada en el DOF el 23 de diciembre de 2011.	NOM-003-SEGOB-2011	NOM-SEGOB
Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad, publicada en el DOF el 24 de noviembre de 2008.	NOM-001-STPS-2008	NOM-STPS
Condiciones de seguridad, prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, publicada en el DOF el 9 de diciembre de 2010.	NOM-002-STPS-2010	NOM-STPS
Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo, publicada en el DOF el 31 de mayo de 1999.	NOM-004-STPS-1999	NOM-STPS
Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, publicada en el DOF el 2 de febrero de 1999.	NOM-005-STPS-1998	NOM-STPS
Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, publicada en el DOF el 9 de octubre de 2015.	NOM-018-STPS-2015	NOM-STPS
Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad, publicada en el DOF el 27 de diciembre de 2011.	NOM-020-STPS-2011	NOM-STPS
Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, publicada en el DOF el 25 de noviembre de 2008.	NOM-026-STPS-2008	NOM-STPS

Concepto	Normas de referencia	Dependencia
Sistema general de unidades de medida, publicada en el DOF el 27 de noviembre de 2002.	NOM-008-SCFI-2002	NOM-SCFI
Process Piping	ASME B31.3	ASME
Tanques de guarda	Tanque interno ASME SA-240 304 Tanque Externo S235JR EN 10025 being carbon steel ASME Sec. VIII, Div. 1; ASME B 31.3 USDOT SPECIFICATION MC-338 COMPRESSED GAS ASSOCIATION (CGA) 341 NFPA 59A NFPA 385 NFPA 70	ASME NFPA CGA US DOT

Descripción de accesos (marítimos, terrestres y/o aéreos)

El acceso a la Terminal Remota es básicamente por carretera. La segunda carretera en importancia es la Carretera Federal 5 (Mexicali – San Felipe), ésta enlaza la ciudad de Mexicali con el puerto de San Felipe y tiene por tanto un sentido norte-sur, es una autopista de cuatro carriles desde Mexicali hasta la población de El Faro y desde ahí hasta San Felipe es una carretera de un solo cuerpo de dos carriles. Después de San Felipe la carretera continúa hacia otras comunidades costeras más pequeñas del sur de la península. En el extremo norte en Mexicali, la carretera llega a la garita fronteriza con Estados Unidos, convirtiéndose en la ciudad de Caléxico, en la Ruta 111 de California. La principal vialidad para acceder al área es la Carretera Mexicali – San Felipe.

Autorizaciones con las que cuenta la Instalación.

El predio donde se ubicará la Terminal Remota no es propiedad de Enestas S.A. de C.V., se cuenta con contrato con el Cliente donde se entrega en comodato una superficie de 500 m², en la cual única y exclusivamente se usará para el suministro de gas natural. Por esta razón, Énestas no requerirá tramitar permiso de uso de suelo.

Así mismo, es importante mencionar que para la instalación de la Terminal Remota, no se realizará algún tipo de actividad de “preparación del sitio” tales como: cambio de uso de suelo, apertura de caminos de acceso, construcción, uso de maquinaria y equipo de trabajo, etc.; ni se realizará construcción alguna, ya que el Cliente otorga en comodato el lugar donde se instalará la Terminal Remota, el cual se debe entregar previamente preparado para la colocación de los equipos, por lo que no se requerirá un permiso de construcción.

Integración a Programas de Desarrollo

Es importante mencionar que las actividades de la Terminal Remota, se encuentran contempladas o permitidas en los Programas de Desarrollo Urbano municipal, estatal o nacional. A continuación, se presenta una breve descripción al respecto.

Para la realización de este apartado se emplearon fuentes de información de los diferentes instrumentos de planeación en los ámbitos federal, estatal y municipal y que además tienen incidencia en el área donde se ubica la Terminal Remota.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (POEGT).

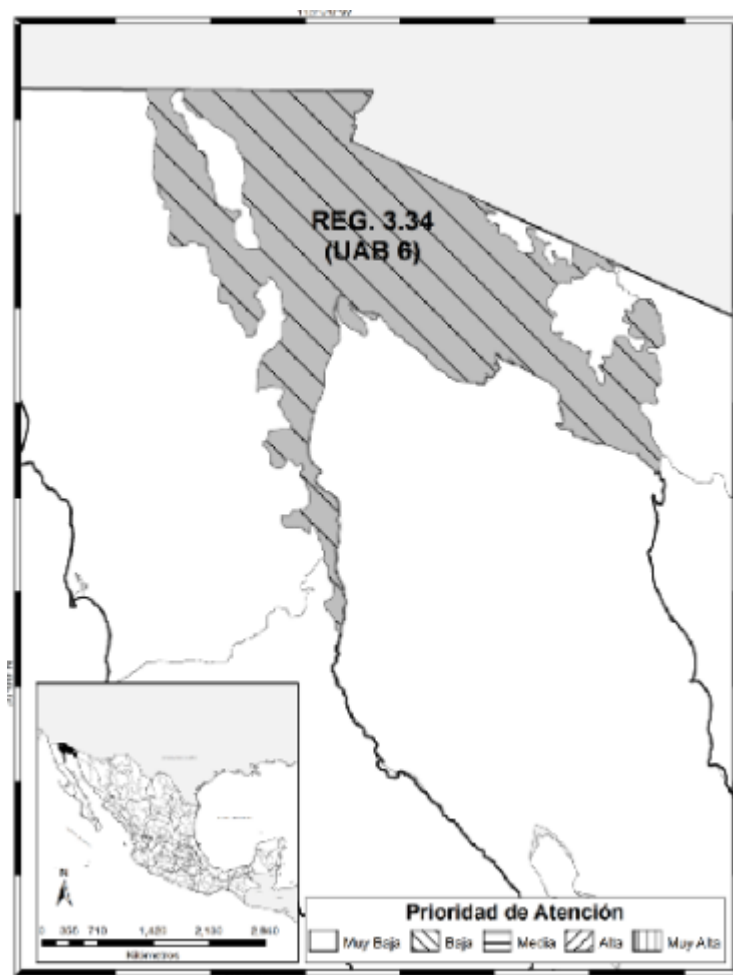
El Ordenamiento Ecológico es el “Instrumento de Política Ambiental cuyo objetivo es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de éstos” (LGEEPA, 1988).

El sitio seleccionado para la realización del proyecto se encuentra ubicado dentro de la REGIÓN ECOLÓGICA: 3.34, a la cual le aplican los lineamientos que se muestran a continuación.

Tabla 3. Descripción de la Región Ecológica 3.34 donde se ubicará el presente proyecto.

Unidad Ambiental Biofísica (UAB)	6. Desierto de Altar (Baja California)
Prioridad de atención	Baja
Estado actual del medio ambiente 2008	Estable a Medianamente estable. Conflicto Sectorial Nulo. La mitad encuentra ocupada por ANP's. Baja degradación de los Suelos. Media degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es Baja. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km ²): Baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación y Areas desprovistas de vegetación. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 7.1. Muy baja marginación social. Muy alto índice medio de educación. Medio índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Muy bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Muy alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola altamente tecnificada. Baja importancia de la actividad minera. Media importancia de la actividad ganadera.
Escenario al 2033	Inestable
Política Ambiental	Preservación, Protección y Aprovechamiento Sustentable
Rectores del desarrollo	Turismo
Coadyuvantes del desarrollo	Forestal
Asociados del desarrollo	Preservación de Flora y Fauna
Estrategias sectoriales	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 28, 29, 31, 33, 36, 37, 42, 44

Figura 6. Ubicación del proyecto en la UAB 6 Desierto de Altar (Baja California).



En la siguiente tabla se presentan las estrategias pertenecientes a la Unidad Ambiental Biofísica de Desierto de Altar:

Tabla 4. Estrategias correspondientes a la UAB 6 Desierto de Altar (Baja California).

Estrategias		Vinculación
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio		
A) Preservación	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad.	El proyecto no involucra la conservación <i>in situ</i> de ecosistemas y no afectará a la biodiversidad de la región.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	El presente proyecto no afectará a especies en riesgo debido a que se desarrollará en un área ya impactada.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	No se afectará a la biodiversidad de la región para la implementación del proyecto.

Estrategias		Vinculación
B) Aprovechamiento sustentable.	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	No se utilizarán recursos naturales para el desarrollo del presente proyecto.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	No se utilizarán recursos forestales para el desarrollo del presente proyecto.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	Esta estrategia no aplica debido a las características del proyecto.
C) Protección de los recursos naturales.	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	No se afectarán acuíferos o cuencas de agua para el desarrollo del proyecto.
	10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	El presente proyecto no involucra la utilización de agua como insumo principal o materia prima,
	12. Protección de los ecosistemas.	Debido a que el proyecto se encontrará en un área ya impactada no se afectará al ecosistema de la región.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	El presente proyecto no está relacionada con agroquímicos, por lo cual no serán utilizados durante las etapas de desarrollo, operación y mantenimiento del mismo.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Esta estrategia no aplica debido a las características del proyecto.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	Esta estrategia no aplica debido a las características del proyecto.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	El presente proyecto no está relacionado ni involucra actividades mineras.
	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	El presente proyecto no está relacionado con el sector turístico.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	El presente proyecto no está relacionado con el sector turístico.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista)–beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	El presente proyecto no está relacionado con el sector turístico.

Estrategias		Vinculación
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
C) Agua y saneamiento	28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	Esta estrategia no aplica debido a el proyecto no requerirá del consumo de agua para su ejecución, esto debido a que no necesita agua como insumo o materia prima.
	29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	El presente proyecto no implica el consumo de agua, debido a que no requiere agua como materia prima o insumo.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional.	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	Esta estrategia no aplica debido a las características y objetivos del proyecto.
E) Desarrollo Social.	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	Esta estrategia no aplica debido a que no está relacionada con la naturaleza del proyecto.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	Esta estrategia no aplica debido a la naturaleza del proyecto.
	37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas	Esta estrategia no aplica debido a la naturaleza del proyecto.
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	Esta estrategia no aplica debido a la naturaleza del proyecto.
	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	Esta estrategia no aplica debido a la naturaleza del proyecto.

Estrategias		Vinculación
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico.	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	Debido a que el presente proyecto se desarrollará en un área perteneciente a las instalaciones del cliente, no se afectarán los derechos de las propiedades rurales.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial.	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	Esta estrategia no aplica debido a la naturaleza del proyecto.

De la revisión de la ficha técnica que corresponde a la Unidad Ambiental Biofísica número 6: Desierto de Altar, se concluye que no existen restricciones para el desarrollo del presente proyecto. Asimismo, es necesario resaltar que el área seleccionada para el desarrollo del proyecto se encuentra ubicada en una zona que ha sido previamente impactada y, en la zona no se encuentran especies que puedan considerarse en riesgo y el área no presenta riqueza en biodiversidad animal o vegetal como para ser considerada zona que requiere ser preservada.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA

El estado de Baja California se caracteriza por una fuerte variación espacial de las condiciones climatológicas, fisiográficas y edafológicas que se acompaña de un alto valor paisajístico. La fisiografía accidentada actúa como una barrera natural para la comunicación terrestre y el desarrollo territorial que integre, de manera homogénea, las actividades económicas y sociales, bajo la perspectiva que da el aprovechamiento sostenido de los recursos naturales con el propósito de disminuir los costos ambientales tanto local como regionalmente.

Tabla 5. Descripción de la Unidad de Gestión Ambiental 2 donde se ubica el presente proyecto.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL	UGA 2 URBANO
	
Política Ambiental	Aprovechamiento sustentable con consolidación
Uso estratégico y/o actual	Urbano
Usos compatibles	Turismo, suburbano, agrícola
Lineamientos ecológicos y/o metas	
- Se aprovecha al máximo el espacio desarrollado y los recursos naturales disponibles con criterios de sustentabilidad y adaptación al cambio climático. - Se crece con apego y vigilancia a los instrumentos de planeación. - Se adoptan criterios de sustentabilidad urbana con base en la LGEEPA, buscando la disminución de la huella ambiental de los asentamientos humanos. - Las zonas urbanas evitan crecer a expensas del territorio agrícola productivo, tampoco sobre áreas expuestas a riesgos naturales ni antropogénicos	
Criterios de regulación ecológica	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7, U8, U9, U10
Observaciones particulares:	Superficie de la UGA: 679,658.649 ha. Cobertura vegetal: MATORRAL XEROFILO, AGRICOLA-PECUARIA-FORESTAL, BOSQUE DE CONÍFERAS. Área prioritaria: Región Terrestre Prioritaria: Sierra de Juárez, delta del Colorado, San Thelmo-San Quintín, Santa María el Descanso. UMA: Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (Conservación, Manejo y Aprovechamiento cinegético).

Riesgo: bajo, medio, alto.
 Conflicto ambiental: medio alto, muy alto.
 Otros: llanuras, mesetas y lomeríos

A continuación, se presenta la vinculación de los criterios de regulación ecológicas aplicables a la unidad ecológica en la que se ubica el proyecto:

Tabla 6. Criterios de regulación ecológica de la UGA 2 del Ordenamiento Ecológico del estado de Baja California, aplicables al presente proyecto.

Criterio de regulación ecológica	Motivación	Vinculación con el proyecto
1. El desarrollo de áreas urbanas se realizará de acuerdo a las leyes y reglamentos vigentes en materia ambiental.	El crecimiento desmedido en áreas urbanas se da en muchas ocasiones sin contar con las autorizaciones correspondientes, por lo que se pretende se realice con apego a la normativa ambiental vigente	El proyecto no estará enfocado en el desarrollo de las áreas urbanas.
2. Para la creación o ampliación de centros de población se requerirá de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, que será evaluada por la autoridad estatal competente.	Se pretende que los centros de población tengan una evaluación de impacto ambiental que permita identificar los impactos que se provocarían con la presencia de estos.	El presente proyecto no se enfoca en la ampliación o creación de centros de población.
3. No se autorizarán construcciones en terrenos cuya ubicación, uso o destino corresponda a zonas prohibidas a dichos usos.	Existen muchas edificaciones que se encuentran en zonas prohibidas o restringidas.	El terreno donde se pretende ubicar el presente proyecto no corresponde a una zona prohibida.
4. Las áreas urbanas contarán con zonas de amortiguamiento para evitar el crecimiento urbano hacia zonas agrícolas, ganaderas y forestales altamente productivas, zonas de recarga de acuíferos, áreas protegidas y áreas de importancia ecológica, las cuales se establecerán en los programas de desarrollo urbano de los centros de población. Para estas áreas se propone una distancia mínima de 200 m.	La importancia de las zonas de amortiguamiento radica en que brinda protección, prevención y control de las actividades productivas que se desarrollan en las áreas urbanas.	El proyecto no está enfocado en la creación de zonas urbanas.
5. Se definirá una zona de amortiguamiento entre la línea de costa con referencia al nivel medio del mar, y la línea base para la construcción de infraestructura. Para la determinación de dicha franja se deberá de considerar, además de los criterios establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, las características del litoral. Se propone que para las zonas expuestas a riesgo, tales como tsunamis (maremotos), oleaje de tormenta y erosión, la distancia sea de 30 m adicionales a los 20 m de la franja costera de resguardo o	La importancia de las zonas de amortiguamiento radica en que brinda protección, prevención y control de eventos naturales.	El presente proyecto no se encuentra ubicado en una zona costera.

Criterio de regulación ecológica	Motivación	Vinculación con el proyecto
hasta la cota de 4 msnm.		
6. No se permite la ubicación de zonas habitacionales dentro de las áreas destinadas a uso industrial y en áreas próximas a las mismas o dentro de los conos de dispersión de emisiones contaminantes.	La competencia de los asentamientos humanos por terrenos de vivienda ocasiona en muchas de las ocasiones se instalen en zonas industriales, lo que conlleva a problemas de salud pública.	El proyecto no se trata de la construcción de zonas habitacionales.
7. No se permite la ubicación de industrias en zonas habitacionales o viceversa	La competencia de los asentamientos humanos por terrenos de vivienda ocasiona en muchas de las ocasiones se instalen en zonas industriales, lo que conlleva a problemas de salud pública.	El presente proyecto no se ubicará en zonas habitacionales.
8. En los planes y programas de desarrollo urbano se deberán establecer áreas de preservación ecológica en zonas circunvecinas a los asentamientos humanos y se implementará el uso de senderos interpretativos y zonas específicas para la observación de la flora y fauna.	La importancia de contar con espacios verdes permite a la población concientizarse sobre el medio ambiente y la educación ambiental.	Este lineamiento no aplica a al proyecto debido a su naturaleza.
9. La rectificación de cauces deberá hacerse preferentemente con los métodos de canalización o consolidación de bordos (evitando el entubamiento), para no afectar el microclima.	Las obras de rectificación de cauces deberán realizarse con énfasis a la protección ambiental.	El proyecto no implica la rectificación de ningún cauce.
10. Para la realización de obras que interfieran en los corredores biológicos se requerirá una manifestación de impacto ambiental, la cual será evaluada por la autoridad correspondiente	Con el fin de no afectar los corredores biológicos, las obras que se realicen en ellas deberán contar con la autorización correspondiente	El proyecto no afectará corredores biológicos.

El proyecto es compatible con los criterios de la UGA ya que no se consumirá recursos naturales propios de la zona ni se plantea realizar un cambio de uso de suelo además de que no se contempla el cambio de cauces naturales ni implica la afectación de áreas urbanas. Además, las especies originarias de la región no se ponen en riesgo debido a la magnitud del proyecto ya que este se pretende desarrollar dentro de las instalaciones del cliente y la superficie en comodato ya se encuentra impactada.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL MUNICIPIO DE MEXICALI, B.C.

Para la elaboración del Programa de Ordenamiento Ecológico se tuvo como marco de referencia el Plan de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California.

Uno de los problemas ambientales que enfrenta el municipio de Mexicali es la contaminación atmosférica, la cual se atribuye a las emisiones del gran parque vehicular y a las emisiones provenientes de las actividades industriales (calderas industriales) y de las ladrilleras.

Para el Valle de Mexicali el Modelo de Ordenamiento Ecológico aplicable es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Modelo de Ordenamiento Ecológico aplicable al Valle de Mexicali.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL	POLÍTICA GENERAL	POLÍTICAS PARTICULARES
Valle de Mexicali	Aprovechamiento con impulso	-Aprovechamiento con regulación. -Aprovechamiento con consolidación.

Los lineamientos aplicables para la Unidad de Gestión Ambiental son los que se muestran a continuación.

Tabla 8. Lineamientos aplicables al Valle de Mexicali.

LINEAMIENTOS	VINCULACIÓN
Vigilar que toda actividad económica cuente con los permisos en materia ambiental de las autoridades competentes.	El presente proyecto cumple con este lineamiento al presentar para su evaluación la presente Manifestación de Impacto Ambiental.
Instalar las industrias con las características y las distancias a los centros de población tales que los impactos ambientales y riesgo que producen puedan ser mitigados.	Con las medidas de mitigación propuestas más adelante pretenden mitigar y prevenir los impactos que puedan derivarse de la implementación del proyecto.
Buscar combustibles alternativos que permitan disminuir la contaminación provocada por la actividad ladrillera.	La finalidad del Proyecto consiste en la instalación de una terminal remota de Gas Natural, el cual es un combustible que genera emisiones menos contaminantes en comparación con otros.
Vigilar que toda actividad industrial cuente con un plan de contingencia ambiental.	El presente proyecto cumplirá con las obligaciones que deriven de los permisos y autorizaciones que obtenga para la operación del mismo.
Aprovechar los recursos naturales mediante programas de manejo específicos de conformidad con los lineamientos de la autoridad federal correspondiente.	El presente proyecto no requerirá de la utilización de recursos naturales.
Promover alicientes a los agricultores a mantener las tierras bajo cultivo cuando no estén en uso para evitar la erosión del suelo y la contaminación del aire.	El presente proyecto no está vinculado a actividades de agricultura ya que consiste en la instalación y operación de una Terminal Remota para el suministro de Gas Natural.
Aplicar programas de reforestación en los cuales se deberán utilizar vegetación adecuada para las características de la zona.	El presente proyecto no está vinculado con actividades de reforestación.
Restringir el desarrollo de actividades en lugares donde exista peligro de afectar los cuerpos de agua subterráneos.	El proyecto no se encuentra ubicado cerca de la presencia de cuerpos de agua subterráneos.
Desarrollar programas de difusión y educación ambiental para el manejo adecuado de los recursos.	El presente proyecto no requerirá de la utilización de recursos.
Limitar las descargas o infiltraciones de aguas residuales en los suelos. Para llevar a cabo estas actividades deberá contar con el permiso de la Autoridad correspondiente.	De la operación del presente proyecto no se derivarán aguas residuales.
Apoyar programas para la reutilización de aguas tratadas para el riego de parques y jardines.	De la operación del presente proyecto no se derivarán aguas residuales ya que no requiere agua como insumo.
Restringir las actividades productivas en las que se favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características naturales del suelo.	El proyecto no está relacionado con la modificación de las características naturales del suelo.
Permitir la quema vegetal para zonas agrícolas y	El proyecto no implica llevar a cabo actividades

LINEAMIENTOS	VINCULACIÓN
pecuarias bajo los lineamientos que dicten las autoridades correspondientes.	agrícolas.
Evitar abrir sitios de extracción de materiales pétreos si estos no cuentan con un estudio de vocación e impacto ambiental.	El proyecto no está relacionado con la extracción de materiales pétreos.
Mejorar el manejo y disposición adecuado a las excretas en los establecimientos de producción ganadera, de tal manera que se minimicen olores y se evite contaminar el suelo y los mantos freáticos.	El proyecto no está relacionado con la producción ganadera, ya que se trata de la instalación y operación de una terminal remota para el suministro de gas natural.
Utilizar la flora nativa de la zona específica, a fin de proteger e impulsar el desarrollo de los ecosistemas naturales.	El proyecto no implica la utilización de flora nativa de la zona.

De la vinculación del presente proyecto con el Programa de Ordenamiento Ecológico del municipio de Mexicali, B.C. se puede concluir que la implementación del Proyecto no interfiere con los lineamientos establecidos en el Programa ya que para su implementación y desarrollo no se llevará a cabo la extracción de materiales pétreos, además de que no se llevará a cabo la quema de vegetación para su implementación. El presente proyecto además se alinea con el Programa ya que la utilización de Gas Natural como combustible en comparación con otros combustibles genera menor impacto debido a las emisiones atmosféricas, además, para la implementación del proyecto el promovente presenta la Manifestación de Impacto Ambiental.

PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO DEL MUNICIPIO DE MEXICALI, B.C. 2020-2021.

El Objetivo ambiental del Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Mexicali está enfocado en contribuir a tener un medio ambiente sano con enfoque de sostenibilidad, que impulse la capacidad de adaptación y mitigación del cambio climático mediante la implementación de los instrumentos de planeación del territorio y programas de preservación ambiental.

La estrategia 1.2 Calidad del aire indica que se debe de contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático mediante programas y acciones que permitan mejorar la calidad del aire. Lo anterior mediante el monitoreo de la calidad del aire, así como de la consolidación de políticas públicas en materia de conservación, protección y restauración de los recursos naturales.

El presente proyecto se encuentra vinculado de manera especial a esta estrategia puesto que la utilización de gas natural en procesos productivos permite eficientizar los procesos además de que la utilización de gas natural como combustible fomenta la mitigación del cambio climático.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) es reglamentaria de las disposiciones constitucionales en lo relativo a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección del ambiente en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción; sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable.

El presente proyecto se someterá al procedimiento de evaluación del impacto ambiental de acuerdo con el artículo 28 de esa Ley, debido a que se trata de una planta de distribución y regasificación de gas natural licuado (GNL) e implica actividades altamente riesgosas. Dicho artículo establece lo siguiente.

“La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;”

Asimismo, en el artículo 30 se establece que:

“Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente”.

En cumplimiento a dicha disposición, mi representada somete a evaluación la presente Manifestación de Impacto Ambiental con Estudio de Riesgo.

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto ambiental

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, se requerirá previamente de la autorización de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) en materia de impacto ambiental, conforme a lo establecido en el artículo 5° de este Reglamento, inciso D) Actividades del sector hidrocarburos, fracción VII. Construcción y operación de instalaciones para el procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como de instalaciones para el transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de gas natural.

En cumplimiento a lo dispuesto en el artículo antes mencionado, mi representada que pretende realizar actividades de guarda y regasificación de gas natural licuado, somete a su evaluación la presente manifestación de impacto ambiental con actividades altamente riesgosas, ante esa Agencia, para ser evaluadas para su realización.

Cabe mencionar que, de acuerdo con el Análisis obtenido en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el sitio donde se pretende desarrollar el proyecto no presenta influencia con cuerpos de agua ni Áreas Naturales Protegidas de carácter federal, estatal o municipal; así como tampoco forma parte de Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Regiones Terrestres Prioritarias, áreas de importancia para la conservación de aves y sitios Ramsar..

Vías de acceso.

Como se mencionó la vía de acceso a la Terminal Remota es la Carretera Mexicali – San Felipe y las vialidades internas de la planta del cliente.

Agua Potable.

El proyecto no requiere servicio de agua potable.

Drenaje.

El proyecto no requiere servicio de drenaje.

Energía Eléctrica.

En caso de requerirse, el suministro de energía eléctrica será proporcionado por el cliente.

Requerimientos de la Terminal Remota.

Debido a la naturaleza de la Estación, la cual consistirá en una Terminal Remota, en la que se realizará la guarda y regasificación de Gas Natural Licuado (GNL), y la entrega de gas natural por parte del Regulado Enestas S.A. de C.V. al Usuario Final (Cliente), no se requerirán servicios básicos para la operación tales como consumo de agua (eventualmente se pueden llegar a emplear aproximadamente 20 litros de agua en la operación de recarga del tanque guarda, cuando las tuberías presentan congelamiento), uso de red de drenaje ya que no se generan descargas de agua residual, uso del tiradero municipal ya que no se generan residuos, etc. Se requiere el uso de vías de acceso para el trayecto que recorre el tractocamión que realiza la descarga de GNL, con las cuales ya se contaba previamente.

En lo que respecta al consumo de energía eléctrica, este servicio será proporcionado por el Cliente en caso de requerirse.

Es importante mencionar que, para la instalación de la Terminal Remota, no se realizará algún tipo de actividad de “preparación del sitio” tales como: cambio de uso de suelo, apertura de caminos de acceso, construcción, uso de maquinaria y equipo de trabajo, etc.; ni se realizará construcción alguna. Para la instalación de los equipos la empresa Enestas contratará los servicios de un prestador de servicios que no generará ningún tipo de descarga al medio ambiente, ya sea emisiones al aire, agua, suelo y subsuelo o la generación de residuos (sólidos urbanos, de manejo especial o peligrosos). La Terminal Remota consistirá en lo siguiente:

- Un tanque criogénico de guarda horizontal estacionario, montado sobre ruedas, con una capacidad de 44 m³ (medido como capacidad en litros de agua a 20°C), que se encarga de resguardar el gas en fase líquida previo a ser regasificado.
- Tuberías superficiales de acero inoxidable, montadas en soportes anclados al piso con taquetes. Dichas tuberías se utilizan al momento de realizar las actividades de recarga del GNL.
- Tubería superficial de acero inoxidable, montada en soportes anclados al piso con taquetes, la cual conecta al tanque de guarda de GNL con su vaporizador. Se cuenta con elementos de control a través de válvulas de corte, regulador y válvulas de seguridad.
- Un vaporizador natural encargado de transformar el gas natural de la fase líquida a la fase gaseosa.

- Un vaporizador natural auxiliar (de sistema economizador), de 2,000 SCFH, con capacidad de 120 m³/h.
- Un tanque estacionario para odorización de Gas Natural en estado vapor, con una capacidad nominal de 180 litros (medido como capacidad en litros de agua a 20°C).
- Tubería superficial de acero inoxidable, montada en soportes anclados al piso con taquetes, la cual conecta el vaporizador con la sección de regulación y medición. Se cuenta con instrumentos para la medición de parámetros y elementos de control. Después de la medición, se tiene la entrega al cliente a través de la tubería. La entrega se realiza en la salida de la Terminal Remota, a partir de lo cual se realiza el cambio de custodia sobre el gas, misma que queda bajo responsabilidad del cliente.
- Equipo portátil contra incendio.

El área donde se proyecta la ubicación de la Terminal Remota estará delimitada por una malla metálica, para evitar el paso de personal no autorizado.

II. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.

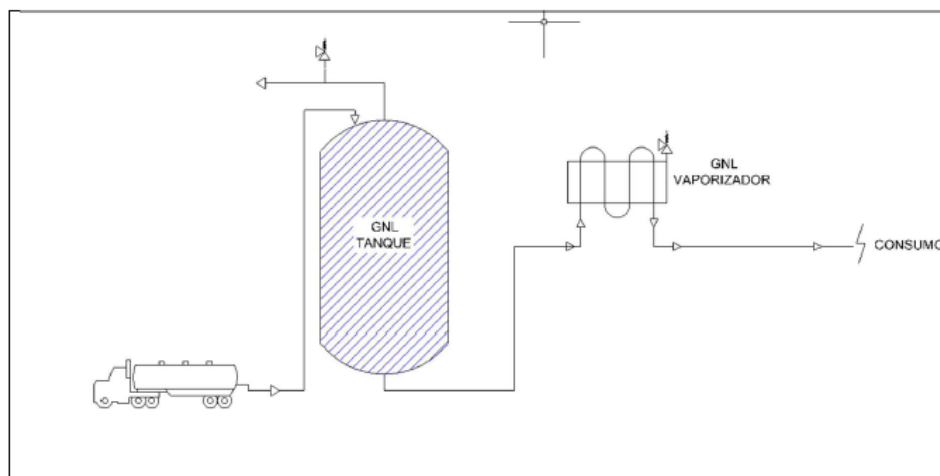
La instalación consistirá en un conjunto de equipos de guarda y regasificación de Gas Natural Licuado (GNL) para suministrar gas natural al Usuario Final (Cliente), en sus instalaciones en Mexicali, Baja California.

El GNL provendrá de una planta de procesamiento y luego será transportado por vía terrestre mediante autotankers criogénicos hasta las instalaciones del usuario en las que se encuentran los equipos de guarda y regasificación.

De manera periódica, del autotankero de recarga se realizará el trasiego de GNL al tanque de guarda. El GNL se conducirá en forma paulatina del tanque de guarda hacia el vaporizador donde se elevará su temperatura por el intercambio térmico con el ambiente y ocurrirá el cambio de fase. A la salida del vaporizador el gas natural se encontrará en estado gaseoso y a temperatura ambiente. En este punto el Gas Natural en estado gaseoso será odorizado.

El gas se conducirá a la sección del regulador y a la salida de éste, el gasto será medido en el flujómetro. De este punto, el gas será entregado a la red interna del cliente y enviado a los puntos de consumo. Se contará con válvula de corte (punto de transferencia de custodia) en el límite de la Terminal. A partir de este punto, el gas natural será entregado al Usuario Final. En la **Figura 7** se presenta un diagrama esquemático del proceso.

Figura 7. Diagrama Esquemático de Operación.



Las operaciones que se llevarán a cabo en las instalaciones se realizarán a través de la aplicación de los siguientes procedimientos:

Procedimiento PR-SAI-OP-03 Trasvase de GNL a Estaciones/Terminales

5. Desarrollo

El gas natural licuado es trasvasado en tanques criogénicos, los cuales contienen un tanque interno de acero inoxidable, posteriormente es transportado por medio de tubería

de acero inoxidable hacía vaporizadores ambientales, donde inicia el proceso de regasificación, y posteriormente hacia el proceso interno de del cliente.

El gas natural en estado líquido es recibido a una temperatura promedio de -162°C por lo que se considera un producto criogénico y se debe de portar el EPP cuando se realice la actividad de trasvase de GNL hacia los tanques estacionarios de guarda de las estaciones/terminales de suministro de gas natural a los clientes.

5.1 Controles de antes de la carga

Esta etapa del proceso es llevada a cabo por el operario de la unidad de transporte de GNL cuando se requiera realizar el proceso de trasvase de GNL a la estación del cliente, en cualquiera de las estaciones de gas natural licuado que requieran ser suministradas constantemente de producto por parte de Énestas.

Para llevar a cabo este proceso, favor de seguir las indicaciones descritas en el FO-SAI-OP-02 Lista de Verificación para Carga de Isocontenedores en su sección de controles de antes de la carga.

El operador deberá portar el EPP básico y específico según se requiera en todo momento de la actividad, así como el tomarse una fotografía y enviarla al supervisor antes de dar inicio al trasvase.

5.2 Preparativo de descarga de GNL

Esta etapa del proceso es llevada a cabo por el operario de la unidad de transporte de GNL cuando se requiera iniciar con la verificación inicial de las condiciones y posiciones de las válvulas implicadas en el proceso de trasvase de GNL a una estación del cliente.

Para llevar a cabo este proceso, favor de seguir las indicaciones descritas en el FO-SAI-OP-02 Lista de Verificación para Carga de Isocontenedores.

En caso de requerir llevar a cabo un trasvase de producto entre unidades de transporte, es necesario ejecutar el documento FO-SAI-OP-23 Traspase de GNL entre unidades de transporte.

5.3 Desconexión de la pipa de transporte

Esta etapa del proceso representa la última parte de todo el proceso de trasvase de GNL a una estación/terminal del cliente, por lo que es llevada a cabo por el operador de la unidad de transporte de GNL. Es necesario seguir las indicaciones descritas en el FO-SAI-OP-02 Lista de Verificación para Carga de Isocontenedores en su sección de Desconexión de la pipa de transporte.

5.4 Controles durante la carga

Esta etapa del proceso representa la última parte de todo el proceso de trasvase de GNL a una estación del cliente, por lo que es llevada a cabo por el operador de la unidad de transporte de GNL. Es necesario seguir las indicaciones descritas en el FO-SAI-OP-02 Lista de Verificación para Carga de Isocontenedores en su sección de Controles durante la carga.

5.5 Paro de emergencia

En caso de presentarse alguna situación que represente una condición insegura que atente contra la integridad física del personal en sitio y de las instalaciones, se debe interrumpir el proceso de trasvase de GNL activando el paro de emergencia (presionar botón de paro de emergencia) situado al exterior de la estación o el paro de emergencia de la unidad de transporte de GNL.

5.6 Indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño para el presente documento muestran el grado de cumplimiento de los lineamientos y actividades descritas en el procedimiento.

El indicador de desempeño propio del presente documento es definido como el número de incidentes generados durante el proceso de trasvase y el producto remanente que no se haya podido trasvasar al tanque de guarda del cliente.

II.1. Hojas de seguridad.

El documento correspondiente se encuentra en el **Anexo 1**.

II.2. Guarda de Gas Natural Licuado.

Tanque de guarda

Se contará con tanque contenedor criogénico horizontal modelo UNT75 para guarda de Gas Natural Líquido (GNL), de 40' ISO. Presión de Trabajo Máxima Admisible (MAWP): 7.93 BARG/115 PSI, a prueba de impactos, transportable, peso máximo bruto de 34,000 KG, 74,954.16 LB, (TARE 12,065 Kg, 26,598.77 lb), capacidad nominal de 44,000 l (44.00 m³), medido como capacidad en litros de agua a 20°C.

En la **Tabla 9** se presentan los datos del tanque de guarda con que se contará en la Terminal Remota.

Tabla 9. Datos del tanque de guarda.

V.1 Parámetro	Valor
Marca	ACT
Modelo	UNT75
Largo [m]	12.192
Ancho [m]	2.438
Alto [m]	2.590
Capacidad en litros de agua a 20°C [m ³]	44,000
Presión Máxima de Trabajo Permitida [bar]	7.93
Presión de prueba [bar]	14.60
Temperatura de diseño [°C]	-196

Fuente: Elaboración propia con información del Fabricante.

II.3. Equipos de proceso y auxiliares.

Vaporizador natural (regasificador)

Vaporizador CRYOQUIP, temperatura de diseño de -320°F a 150°F (-196°C A 66°C), presión designada de 450 PSIG (31 BARG), presión de prueba de 495 PSIG (34 BARG), peso aproximado de la unidad de 1,800 lbs (816 Kg), con una capacidad de 20,000 SCFH (566.34 m³/h) modelo HAI-848-F.

Los datos del vaporizador se presentan en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Datos de la unidad vaporizadora (vaporizador natural).

Parámetro	Dato/Valor
Marca	Cryoquip
Modelo	HAI-848-F
Largo [m]	1.949
Ancho [m]	1.480
Alto [m]	2.923
Capacidad de diseño [m ³ /h]	566.34
Presión de diseño [bar]	31
Presión de prueba [bar]	34
Temperatura de diseño [°C]	-196 a 66

*Fuente: Elaboración propia con información del Fabricante.
Los datos presentados son valores nominales*

Vaporizador natural Auxiliar (Sistema Economizador)

Vaporizador RIME 2000 SCFH, presión máxima de trabajo de 250 PSIG (17.23 BARG), capacidad de 120 m³/h, modelo 06 ZIBAC 10.

Tanque estacionario (Sistema de Odorización)

Tanque estacionario CYTSA, presión de diseño 250 PSI (17.58 kgf/cm²), temperatura de diseño 125 °F (51.6 °C), presión de prueba hidrostática 325 PSI (22.85 kgf/cm²), servicio no corrosivo, capacidad nominal de agua 180 litros.

Tanque de recarga de capacidad variable.

El tanque de recarga es de características similares a la del tanque de guarda, cuenta con tanque contenedor criogénico horizontal para guarda de Gas Natural Líquido (GNL), Capacidad Máxima 41.63 m³ (11,000 USG), a prueba de impactos, transportable. Este tanque no es parte de la Terminal. Es transportado en un tractocamión al sitio cada vez que se realiza el trasiego al tanque de guarda y se retira al término de la recarga.

Componentes del sistema para el lado criogénico.

La descripción de los componentes del sistema para el lado criogénico es presentada en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Descripción de componentes del lado criogénico.

Componente	Diámetro Nominal DN
Tubería Extremos Planos ASTM A312 TP304, 304L ASME B3619M Ced. 40	2"
Brida de Acero Inoxidable LJ CL150 LBS R.F Bore 52 mm ASTM A182 GR F304, ASME B16.5, Ced. 40	2"
Válvula de sobrepresión de Bronce de 200 psi B- 3132-10	1"
Válvula Check Criogénica Herose de Acero Inoxidable PN50 ASTM A351 CF8, Disco A276 Grado 304	2"
Regulador Economizador FR 13785 marca Tyco	1"
Manguera de Acero Inoxidable de 0.5 m de longitud con extremos bridados	1.5"
Tubería Extremos Planos ASTM A312 TP304, 304L ASME B3619M Ced. 40	2"
Brida de Acero Inoxidable LJ CL150 LBS R.F Bore 52 mm ASTM A182 GR F304, ASME B16.5, Ced. 40	2"
Válvula de sobrepresión de Bronce de 200 psi B- 3132-10	1"
Manómetro Seco de Caratula Dual con medidas en KPa y PSI de 200PSI	1/4"
Manómetro Seco de Caratula Dual con medidas en KPa y PSI de 100PSI	1/4"
Válvula de corte Criogénica WORCESTER de vástago corto	1 1/2"
Válvula Check Criogénica Herose de Acero Inoxidable PN50 ASTM A351 CF8, Disco A276 Grado 304	2"
Regulador Economizador FR 13785	1"
Soportería en PTR en acero inoxidable	2"

Fuente: Elaboración propia con información de Énestas.

Estación de regulación de presión (manifold)

Es una instalación destinada a reducir y controlar la presión del gas natural a una presión determinada por cada Cliente. Consta de tres ramas, dos de regulación de presión y una válvula de paso libre (By Pass).

Cada una de las ramas de regulación de presión consta de dos válvulas de corte y el regulador de presión. Todos los componentes del manifold son fabricados en acero inoxidable.

Sistema de Medición de Flujo

Para el conteo de la cantidad de gas natural entregada al cliente se instalará un medidor de flujo. El dispositivo de medición de flujo será dimensionado de acuerdo con los consumos del cliente y sus equipos.

A continuación, se presenta una descripción de los proyectos considerados para la implementación de la Terminal Remota.

Proyecto civil.

Para las obras objeto del presente estudio no aplicó la elaboración de un proyecto civil, toda vez que no se contemplan actividades de construcción. Todas las actividades se realizarán en un área previamente acondicionada por el cliente.

Proyecto mecánico.

Las actividades para la realización del proyecto consistirán en las siguientes etapas:

- Instalación de tanque criogénico de guarda horizontal estacionario, montado sobre ruedas, con una capacidad de 44 m³ (medido como capacidad en litros de agua a 20°C), destinado a guardar el GNL previo a ser regasificado.
- Instalación de tubería superficial de acero inoxidable, montada en soportes anclados al piso con taquetes. Dicha tubería es utilizada al momento de realizar las actividades de recarga del GNL desde el autotanque al tanque de guarda.
- Instalación de tubería superficial de acero inoxidable, montada en soportes anclados al piso con taquetes, la cual conectará el tanque de guarda de GNL con el vaporizador. Incluye elementos de control.
- Instalación de vaporizador natural encargado de transformar el gas natural de la fase líquida a la fase gaseosa.
- Instalación de un vaporizador natural auxiliar (de sistema economizador), de 2,000 SCFH, con capacidad de 120 m³/h.
- Instalación de un tanque estacionario para odorización de gas natural en estado vapor, con una capacidad nominal de 180 litros (medido como capacidad en litros de agua a 20°C).
- Instalación de tubería superficial de acero inoxidable, montada en soportes anclados al piso con taquetes, la cual conectará el vaporizador con la sección de regulación y medición, y finalmente con la red interna del cliente.

Los planos y diagramas, integrantes del proyecto mecánico, se encuentran en el **Anexo 2** incluyendo:

- Isométrico General de la Instalación.
- Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- Diagrama Estructural de Tanque de Guarda.
- Diagrama de Vaporizador Natural.

Así mismo, en este anexo se incluye el Diagrama de flujo de proceso, en el cual se indican las temperaturas de diseño y las corrientes de la operación, en cuanto al balance de masa, en este sentido, dado que la operación es básicamente la guarda de gas natural licuado, su conducción, su regasificación y

entrega a los clientes para su consumo, no habiendo reacciones químicas ni derivaciones, la materia que entra es la que se entrega al cliente.

Proyecto sistema contra-incendio.

El proyecto no incluyó la instalación de sistema fijo contraincendio. En la Terminal Remota se contará con equipo portátil contra incendio.

II.4. Condiciones de Operación.

En la **Tabla 12** se presentan las condiciones de operación correspondientes a las distintas etapas de operación.

Tabla 12. Condiciones de Operación.

Etapa									
Trasiego a tanque de guarda		Tanque de Guarda-Salida a Vaporizador		Salida de Vaporizador-Entrada a Regulador		Salida de Regulador		Entrega a Cliente	
Presión lb/pulg ²	Temp. °C	Presión lb/pulg ²	Temp. °C	Presión lb/pulg ²	Temp. °C	Presión lb/pulg ²	Temp. °C	Presión lb/pulg ²	Temp. °C
90	-162	60	-162	40	23	40	23	40	23

Elaboración propia con datos proporcionados por Énestas.

II.5. Relación de sustancias peligrosas manejadas.

La única sustancia peligrosa manejada en la Terminal Remota es el Gas Natural (como metano).

Cálculo de cantidad de la sustancia peligrosa manejada.

A continuación, se presenta el cálculo de la cantidad de la sustancia peligrosa a manejarse.

Capacidad volumétrica del tanque de guarda (m ³)	44
Cantidad de tanques de guarda	1 (uno)
Capacidad volumétrica del autotanque de recarga (m ³)	41.63
Densidad de la sustancia conforme a hoja de seguridad (kg/m ³)	450.00
Capacidad másica nominal de cada tanque de guarda (kg)	(44 m ³)(450 kg/m ³)= 19,800.00 kg
Capacidad másica nominal del autotanque de recarga (kg)	(41.63 m ³)(450 kg/m ³)= 18,733.5 kg

Cantidad total que existiría en el área en caso de tener el tanque de guarda y el autotanque de recarga llenos al mismo tiempo en la Terminal.	38,533.5 kg
--	-------------

No obstante, y debido a que el trasiego de gas natural desde el autotanque hacia el tanque de guarda se realiza por diferencia de presiones, para poder realizar la operación, se requiere que el tanque de guarda a ser recargado no contenga más de 2.3 m³ de gas natural licuado para que pueda recibir los 41.63 m³ del autotanque, debido a que si contiene más volumen, el diferencial de presiones no es suficiente que se realice el trasiego completo del volumen del autotanque hacia el tanque de guarda. Entonces, en condiciones operativas normales la cantidad que podría tenerse en la Terminal Remota sería la suma del volumen del tanque de guarda al volumen requerido para hacer posible la recarga, más el volumen del autotanque de recarga, es decir 2.3 m³ + 41.63 m³ = 43.93 m³, lo que equivale a 19,768.5 kg.

Resumiendo:

Cantidad de gas natural en el tanque de guarda conforme a capacidad nominal del mismo	19,800.00 kg
Cantidad de gas natural si se tiene el tanque de guarda y el autotanque de recarga llenos al mismo tiempo en la Terminal (situación no probable, aunque posible)	38,533.5 kg
Cantidad de gas natural si se tiene el tanque de guarda con el contenido máximo para poder realizar el trasiego del total del autotanque de recarga y el autotanque de recarga lleno.	19,768.5 kg
Cantidad de reporte para el gas natural (metano) conforme al segundo listado de actividades altamente riesgosas	500 kg

Conforme lo expuesto, la actividad se clasifica como altamente riesgosa en cualquiera de los casos, toda vez que se rebasa la cantidad de reporte en todos los supuestos.

A continuación, en la **Tabla 13**, se presenta un resumen de la sustancia manejada.

Tabla 13. Sustancias manejadas

No.	Sustancia	Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Capacidad		Cantidad de reporte en el Listado de Actividades Altamente Riesgosas
				C	R	E	T	I	Producción (ton/día)	Cantidad presente (ton) Conforme a capacidad nominal del tanque de guarda	
1	Gas Natural	Metano	74-82-8						N.A.	19.80	2°listado 500 kg en estado gaseoso

El régimen operativo, en cuanto al suministro de gas natural al cliente será de tipo continuo. En cuanto a la recepción de gas natural en autotanque para su manejo en el tanque guarda es por lotes.

III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

III.1. Ubicación de la instalación

Como previamente se ha mencionado, el proyecto se ubicará en un predio ocupado por el cliente o usuario final, en una superficie en comodato de 500 m², de los cuales, los equipos utilizarán 33.601 m² de dicha superficie, que será el área destinada para la instalación de un tanque de guarda, un vaporizador de proceso, un vaporizador auxiliar, un tanque estacionario y eventualmente para estacionar el vehículo que realizará la recarga de GNL. Cabe mencionar que la superficie en comodato, se encuentra ya impactada por las actividades propias del cliente, como se muestra en el **Anexo 9**.

El área donde se ubicará la Terminal Remota se encuentra en el Municipio de Mexicali, aproximadamente 8 km al sur-sureste de la cabecera municipal, en el noreste del Estado de Baja California, teniendo como dirección la siguiente:

DOMICILIO DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Las coordenadas geográficas del área en comodato donde se pretende ubicar la Terminal son las siguientes:

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

III.2. Entorno natural

Es de gran importancia conocer los elementos físicos y biológicos que conforman al área donde se pretende implementar el presente proyecto, esto con la finalidad de determinar que no se pongan en riesgo dichos elementos, siendo necesario tener en consideración las características edafológicas, climatológicas, geológicas, hidrológicas, flora y fauna silvestre del lugar, para así poder determinar los daños que puedan incidir de cierta forma en los factores físicos para su deterioro ambiental.

En el caso de la caracterización del medio físico, social, económico y cultural, así como los diferentes usos de suelo que existen en el lugar, se realizó una descripción precisa de los distintos elementos basados en una revisión bibliográfica, documentos oficiales publicados, así como la información que se originó de las visitas de campo a la zona de estudio.

Los alrededores donde se pretende ubicar el proyecto se realizan actividades antropogénicas de carácter ganadero, por lo que se tiene escasa vegetación y fauna nativa dentro de la zona y alrededores del proyecto a instalar.

ASPECTOS ABIÓTICOS.

A. Clima

A.1 Temperatura y Precipitación

En el municipio de Mexicali predominan los climas de tipo muy secos, son climas extremosos, con temperaturas máximas, principalmente durante los meses de julio y agosto donde la evaporación excede

en gran medida a la precipitación. Este tipo de clima se subdivide en dos subtipos el semicálido y el templado. A continuación se detallan los principales subtipos que caracterizan al municipio.

Muy seco muy cálido y cálido (lluvia de verano): Las lluvias en estos climas son en verano, aunque también se presentan en invierno mínimamente. La precipitación total anual se encuentra alrededor de 40 a 60 mm. Septiembre es el mes en el que se registra mayor precipitación, mientras que los meses más secos son mayo y junio. Las temperaturas medias más altas se presentan en julio y agosto apenas menores a 32 °C y la mínima mensual se presenta en enero y oscila entre 11 y 14 °C.

Muy seco semicálido (lluvias de invierno): Este tipo de clima se distribuye a lo largo de la parte este del municipio de Mexicali. Es el más cálido de los climas muy secos, con lluvia invernal en la entidad. El mes de mayor precipitación es diciembre con un promedio mensual de 25 a 30 mm, siendo los meses más secos mayo, junio y julio, con promedio de precipitaciones en orden de décimas de milímetro. En cuanto a las temperaturas, registra una temperatura media anual entre los 18 y 22 °C, las medias mensuales más elevadas se presentan en los meses de julio y agosto, superiores a los 25 °C, mientras que el mes más frío es enero, con una media mensual apenas mayor a los 13 °C.

Muy Seco Templado (lluvia en invierno): Estos climas se distribuyen en la porción oriental de la sierra de Juárez y noreste de la sierra de San Pedro Mártir, donde las elevaciones sobre el nivel del mar oscilan entre 600 y 1300 m, en las porciones de mayor elevación de las sierras que bordean al Golfo de California. La temperatura en las porciones montañosas y las mesetas son más extremosas, en los meses de julio y agosto se tienen la máxima media mensual de 25 a 26 °C y la mínima de 6 a 7 °C en enero. La precipitación más alta se da en los meses de diciembre y enero, con medias de 15 a 20 mm en zonas de mayor elevación. Las mínimas se registran en los meses de mayo, junio y julio con medias menores a 1 mm.

La temperatura media anual en la zona del proyecto es de 23°C.

Figura 8. Temperatura promedio registrada en el municipio de Mexicali, Baja California en los años de 1981 a 2010 (Fuente: CONAGUA).

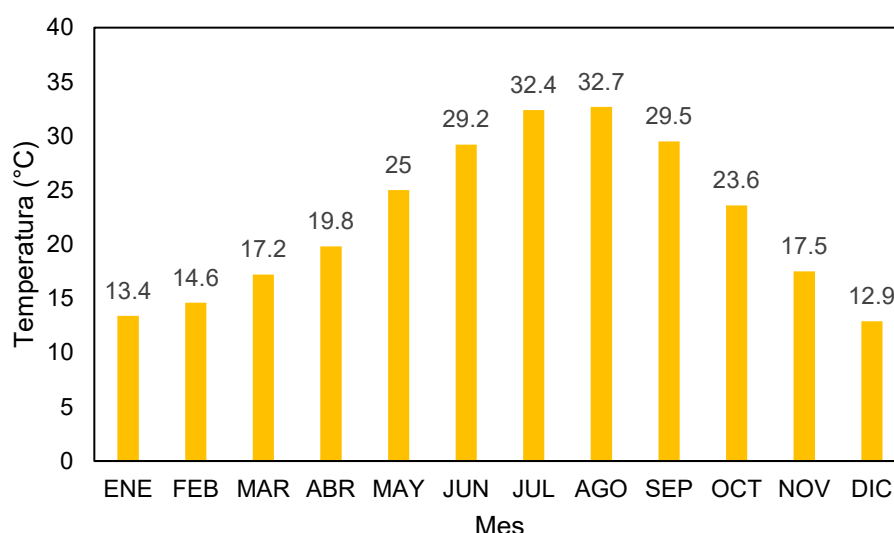
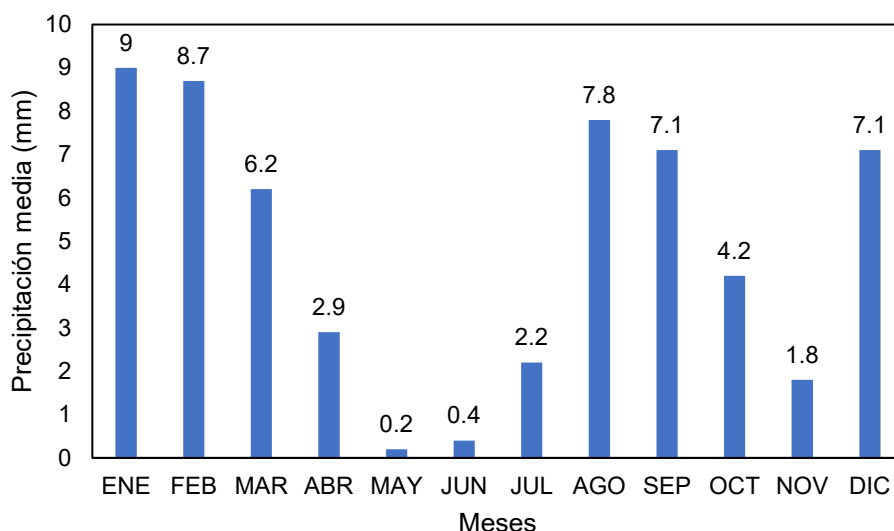


Figura 9. Datos de precipitación normal registrados en el municipio de Mexicali, Baja California en los años de 1981 a 2010.



A.2 Viento

La velocidad promedio del viento por hora en Mexicali tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 3.5 meses, del 14 de marzo al 29 de junio, con velocidades promedio del viento de más de 12.0 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 4 de mayo, con una velocidad promedio del viento de 14.0 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 8.5 meses, del 29 de junio al 14 de marzo. El día más calmado del año es el 11 de enero, con una velocidad promedio del viento de 10.0 kilómetros por hora.

A.3. Humedad

En Mexicali la humedad percibida varía considerablemente.

El período más húmedo del año dura 3.0 meses, del 27 de junio al 25 de septiembre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 10 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 12 de agosto, con humedad el 42 % del tiempo.

El día menos húmedo del año es el 19 de marzo cuando básicamente no hay condiciones húmedas.

B. Geología y Geomorfología

De acuerdo con la información de Lira (2005), el valle de Mexicali se encuentra ubicado en una cuenca tectónica con una profundidad aproximada de 5200 metros. Esta cuenca es originada por el escalonamiento en dirección noreste de las fallas Cucapá, Cerro Prieto y Michoacán junto con la falla imperial del lado oriental, es decir, se origina por el desplazamiento de las fallas que rodean el valle de Mexicali.

La capa superficial de la cuenca está compuesta de sedimentos aluviales y deltaicos de edad reciente -plio-cuaternarios- que fueron aportados principalmente por el Río Colorado. Estos sedimentos están compuestos por conglomerados y depósitos no consolidados de arena, grava, arcilla, limo y cantos rodados que en conjunto alcanzan un espesor de 2500 metros.

También afloran en la superficie otro tipo de rocas de diferentes edades y que en orden de mayor a menor edad son: rocas prebatolíticas, rocas batolíticas y rocas posbatolíticas.

Las rocas prebatolíticas, se localizan al oeste del Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP). Son metasedimentos, los más antiguos de la región de edades Pérmico-Jurásico compuestas por gneis cuarzofeldespáticos, esquistos de cuarzo-mica, mármoles, anfibolitas y cuarcitas.

Las rocas batolíticas, son rocas intrusivas que forman parte del Batolito Peninsular que es la estructura principal de toda la península de Baja California, y están representadas por tonalitas del Jurásico-Cretácico (Jkt), que se encuentran intrusionando a las rocas metamórficas paleozoicas, además de granitos y granodioritas del Cretácico Inferior (Kgd), los cuales afloran en su mayor parte en la Sierra Cucapá.

Las rocas post-batolíticas, están representadas por dacitas y andesitas miocénicas localizadas en la porción norte de la Sierra Cucapá. Se presentan en forma de domos riodacíticos forman la estructura volcánica de Cerro Prieto, la cual consta de dos centros eruptivos que se superponen. Ambos domos están asociados a flujos e intrusiones riodacíticas con una edad de 110 mil a 10 mil años.

Presencia de fallas y fracturamientos:

En el área donde se pretende ubicar el presente proyecto no se han encontrado fallas o fracturamientos en el suelo.

Susceptibilidad:

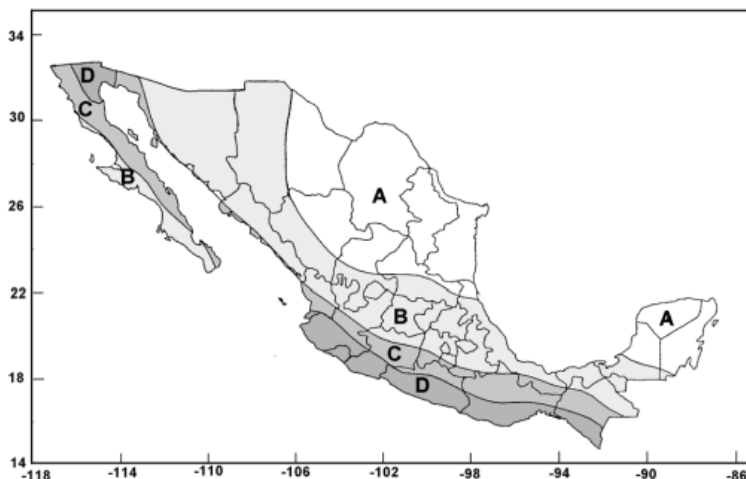
Sismicidad:

De acuerdo con la regionalización sísmica de México elaborada por la Comisión Federal de Electricidad y Cenapred, el municipio de Mexicali se sitúa en una región con categoría D. En las zonas con esta categoría han ocurrido con frecuencia grandes temblores (sismos mayores a 7) y las aceleraciones del terreno pueden ser superiores al 70% de gravedad por ello se consideran zonas de muy alto peligro sísmico.

La alta actividad sísmica en Mexicali, se debe principalmente a las fallas activas localizadas en la región, generadas por el desplazamiento de la placa tectónica del Pacífico con respecto a la de Norteamérica. En la Zona Sísmica de Mexicali (ZSM), localizada entre las dos principales fallas transformes Cerro Prieto e Imperial, se producen enjambres de sismos de baja intensidad, mientras que los sismos de gran intensidad (de magnitud $M \geq 6$), se producen a lo largo de las trazas de estas dos fallas.

El municipio de Mexicali, desde el punto de vista sísmico, forma parte de una región mayormente microsísmica, aunque también se manifiestan secuencias de sismos precursores, con un evento principal y réplicas o bien, en forma de enjambre.

Figura 10. Regionalización sísmica de México. Fuente: Cenapred.



Deslizamientos:

De acuerdo con la zonificación de laderas inestables de Cenapred el municipio de Mexicali se encuentra en una zona con potencial para la ocurrencia de colapsos, esto ocurre a lo largo de las formaciones serranas de la península y, en particular, por la presencia de las sierras de Juárez, Las Tinajas, Cucapá, El Mayor, La Pintas, San Felipe, San Pedro Mártir y Abandonada, en el municipio.

Para que un talud se considere inestable debe estar formado con material frágil, es decir, de baja resistencia a la movilidad y encontrarse depositado en pendientes pronunciadas que originen o faciliten su desplazamiento o desprendimiento (flujo, deslizamiento o derrumbe). Por lo anterior, en la evaluación de los taludes se tomó en cuenta las formaciones geológicas y edafológicas así como las pendientes del terreno.

En el Municipio de Mexicali las formaciones geológicas frágiles son aquellas unidades de materiales poco consolidados, entre ellas se encuentran las unidades sedimentarias de conglomerados y areniscas, y los suelos, cuyo proceso de formación las convierte en estructuras de baja cohesión y por ello presentan poca resistencia a la movilidad y dispersión por acción de la gravedad o de una fuerza específica.

Actividad volcánica:

En el municipio de Mexicali, aproximadamente a 20 kilómetros al sur de la ciudad de Mexicali se localiza el volcán Cerro Prieto, el cual tiene una altura de 260 msnm. Sólo se tiene información acerca del registro de un fuerte evento sísmico asociado al volcán, pero ninguno sobre erupción, debido a ello se encuentra clasificado en la categoría 6 de Cenapred denominada “volcanes con información insuficiente”.

El volcán Cerro Prieto es considerado de tipo monogenético, es decir, que sólo erupciona una sola vez, a través de una fisura o boca construyendo un pequeño edificio en forma de “domo”. Los volcanes tipo domo están formados por masas de lava relativamente pequeñas. Esta lava es demasiado viscosa para fluir a grandes distancias, por lo que se apila sobre y alrededor de su centro emisor.

De acuerdo con Cenapred es muy improbable que este tipo de volcanes representen un nivel significativo de peligro, pero deben ser estudiados para poder contar con los elementos mínimos para su evaluación

definitiva, la cual sólo podrá realizarse cuando exista evidencia geológica que defina las probabilidades de erupción de éste. Es importante mencionar que el volcán Cerro Prieto forma parte de un yacimiento geotérmico 22 que actualmente es utilizado para generar energía eléctrica.

C. Suelos

El suelo con mayor distribución en el municipio es el litosol (23.54%) ubicado en las formaciones serranas. En segundo lugar se encuentra el regosol (22.67%) el cual se distribuye en la zona de bajada con lomerío y en el valle de Mexicali. El vertisol se distribuye en la porción poniente del valle y abarca 7.89% de la superficie municipal. El solonchak cubre 15.89% del municipio y se distribuye en las depresiones topográficas alrededor de la laguna Salada y en el sureste en las proximidades al Golfo de California.

Los litosoles son suelos poco desarrollados tienen poco espesor (menor de 10 centímetros) debido a su distribución sobre roca dura e incluso en varios lugares son parte de la roca misma, presentan una estructura muy débil y una textura media, arenosa y gravosa, por lo tanto, su permeabilidad fluctúa de alta a muy alta.

Los regosoles son suelos poco profundos (menos de 50 centímetros), se localizan sobre las zonas de montaña y están limitados por roca (fase lítica); el resto son suelos profundos (mayor de 1 metro) sobre los terrenos planos, algunos presentan altas concentraciones de sales de sodio (fase sódica) como sucede en las proximidades del Río Colorado. Son característicos de la roca origen, sin desarrollo de textura arenosa o gravosa y de muy alta permeabilidad.

Los suelos solonchack son producto de altas temperaturas, aguas salobres y depósitos aluviales finos y gruesos. Por lo tanto, su característica más relevante es la alta concentración de sales. Son suelos profundos, sin embargo, sobre el delta del Río Colorado son de baja permeabilidad, debido a su estructura fuerte y textura fina, presentan además altas concentraciones de tipo de sal de sodio (fase sódica).

Los vertisoles, son formados a partir de depósitos superficiales de textura fina, en clima árido y semiárido, con vegetación de gramíneas altas o de bosque espinoso, en zonas planas o de pendientes suaves y poca altura. Este suelo presenta grietas en tiempos secos y se expanden con la humedad.

D. Hidrología

D.1 Hidrología Superficial

En el municipio de Mexicali convergen dos regiones hidrológicas, la región hidrológica número 4 o Baja California Noreste y la región hidrológica 7 o Río Colorado. Cada una de estas regiones se encuentra integrada por una serie de cuencas y subcuencas, como se describe en los siguientes párrafos.

De la región hidrológica 7, la cuenca del Río Colorado abarca la porción noreste del municipio, cuenta con una superficie de 5,052.625 km². El rasgo hidrológico más importante de esta cuenca es el Río Colorado, el cual nace en los Estados Unidos recorre 185 km en territorio mexicano y desemboca en el Golfo de California, sirviendo como límite internacional entre México y Estados Unidos, y como límite territorial entre los estados de Sonora y Baja California.

El Río Colorado es la principal corriente de la entidad y representa tanto para el valle como para el resto del estado de Baja California la principal fuente del recurso agua con una aportación anual de 1,850.234

millones de m³. Las obras hidráulicas de mayor importancia que permiten aprovechamiento de este cuerpo de agua son la presa derivadora José Ma. Morelos y una numerosa red de canales constituida por 470 km de canales principales, 2,432 km de canales secundarios y 1,662 km de drenes destinados principalmente para el uso agrícola.

Por su parte, la región hidrológica 4 o Baja California Noreste (Laguna Salada), abarca gran parte de la superficie municipal. Está conformada por las cuencas Arroyo Agua Dulce-Santa Clara y Laguna Salada-Arroyo del Diablo, sus aguas son vertidas al Golfo de California y a la Laguna Salada.

La cuenca Arroyo Agua Dulce-Santa Clara, se localiza en la parte sur del municipio, con una superficie de 7,862.186 km². El arroyo Taraiso representa uno de los escurrimientos más importantes de esta cuenca, nace entre los límites de las sierras de Juárez y San Pedro Mártir, en su trayectoria recorre 40.25 km hasta verter sus aguas en la depresión La Salada en el valle de Santa Clara, posteriormente atraviesa Valle Chico y se le suman otros afluentes hasta desembocar en el Golfo de California. El escurrimiento medio anual de esta zona se ha calculado en 39.529 millones de m³.

La cuenca Laguna Salada-Arroyo del Diablo se localiza en la porción noroeste del municipio, con una superficie de 7,481.55 km² se considera una cuenca cerrada donde el drenaje es deficiente y origina la formación de lagunas y médanos, sin que el escurrimiento logre desembocar en el Golfo de California. Lo anterior debido a que presenta lejanía con respecto a la costa y escasez de agua en los cauces. El drenaje más distintivo está formado por el arroyo Grande que nace en el cerro La Noche y finaliza su recorrido en la Laguna Salada, fluyendo luego hacia el norte. El agua superficial se ha calculado en 40.902 millones de m³ anuales.

D.2 Hidrología subterránea

En lo que respecta a las aguas subterráneas, el acuífero del valle de Mexicali es el de mayor capacidad del estado de Baja California y el más importante por su volumen de explotación. Es un acuífero de tipo libre, presenta una recarga media anual de 700 millones de m³; recibiendo aportaciones subterráneas del canal Todo Americano, localizado al sureste del valle Imperial en California; recargas subterráneas del Valle de Yuma, Arizona, ambos en los Estados Unidos.

El acuífero presenta un nivel de extracción de 719 millones de m³, lo que crea un déficit o sobreexplotación de 19 millones de m³. Esta operación se realiza mediante un total de 1081 pozos de los cuales 192 (17.8%) se destinan al uso agrícola, 80 (7.4%) para abastecimiento de agua potable a los centros de población, 685 más (63.3%) para cubrir las necesidades del uso doméstico-abrevadero y los 124 pozos restantes (11.5%) son utilizados por el sector industrial. Los pozos utilizados por el sector industrial corresponden a los que se localizan en el campo geotérmico Cerro Prieto y debido a que explotan niveles profundos en rocas fracturadas se considera que pertenecen a otra unidad acuífera.

ASPECTOS BIÓTICOS.

Para la integración de la flora y la fauna, se consultó información especializada (bases de datos, artículos, informes técnicos y sitios web de instituciones gubernamentales), además de visitas al lugar de trabajo.

A. Vegetación terrestre

La flora es la común de zonas semidesérticas, la cual trae como consecuencia la presencia de especies silvestres típicamente xerofitas. A lo largo de las costas del Golfo de California se pueden apreciar las especies de: chamizos, yerba resina, rosas, alfombra, pepinillo, etcétera. La agrupación matorral

esclerófilo se encuentra representada por: *vara prieta*, *chamizo colorado*, *brasillo*, *salvia*, *encinillo*, *hierba de oro* y *gramíneas*. De las agrupaciones denominadas bosque ecuamifolioso tiene: *guata*, *mezquitillo*, *valeria*, *canutillo*, *jojoba*, *mexcalito*, *zacate* y *sitarión*. En la agrupación bosque aciculifolio se tiene *pino Jeffrey*, *pino ponderosa*, *pino sugar*, *cedro* y *madroño*.

La vegetación típica es de raíces extensamente ramificadas, de escasa talla, algunas espinosas de hojas pequeñas y a veces pubescentes, otras bastantes cutinizadas y algunas más con el tallo protegido por una capa serosa impermeable, todas dispersas y ampliamente esparcidas.

Tabla 14. Tipo de vegetación terrestre ubicada en el municipio de Mexicali.

Nombre común	Nombre científico
Quelite	<i>Amaranthus bypocondriacos</i>
Chove	<i>Opuntia fulgida</i>
Cachanilla	<i>Plucea serícea</i>
Mirasol amarillo	<i>Helianthus rigidus</i>
Pino Salado	<i>Casuarina sp</i>
Mostaza	<i>Brasica campestris</i>
Girasol	<i>Helianthus annus</i>
Tule	<i>Typha latifolia</i>
Ocotillo	<i>Fouquieria splendens</i>
Abrojo o Branderilla	<i>Cenchrus echinatus</i>
Avena silvestre	<i>Avenua fatua</i>
Alpiste	<i>Palarus minor</i>
Cola de Zorra	<i>Polypogon monspelian</i>
Gramma	<i>Cynodon dactylon</i>
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>
Zacate Pinto	<i>Echinochloa colonum</i>
Fiebre o Sesbania	<i>Sesban sororoe</i>
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>
Palo Fierro	<i>Prosopis palmeri</i>
Palo Verde	<i>Cercidium sp</i>
Tornillo	<i>Prosopins pubescens</i>
Chamizo Cenizo	<i>Atriplex hastata</i>
Alamo	<i>Populus fremontii</i>
Pinillo Salado	<i>Tamarix pentandra</i>
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>

B. Fauna

La fauna del municipio de Mexicali se encuentra representada por una variedad de especies adaptadas a diferentes ecosistemas, tales como grandes zonas marinas, desérticas y bosques. En las marinas se tienen totoaba, arepa, angelito, lisa, bagre, bocón, carpa, mojarra, curvina, lenguado, pulpo, tiburón y pez sierra, entre otros.

En las desérticas existen especies de: lagartija, iguana, culebra y víbora de cascabel. Y, en las zonas de bosques se encuentran diferentes especies de aves: faisán, codorniz, paloma huijota, pato golondrino, cercetas, correcaminos, búho, gaviota y pelícano; mamíferos: murciélago, liebre, conejo, ardilla, coyote, zorra, mapache, tejón, zorrillo, venado y borrego cimarrón. En la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, vive en su ambiente natural la vaquita marina, uno de los cetáceos más pequeños y amenazados del mundo y única especie endémica de mamífero marino en México.

C. Paisaje

La inclusión del paisaje en un estudio de impacto ambiental se sustenta en dos aspectos fundamentales: el concepto «paisaje» como elemento aglutinador de toda una serie de características del medio físico y la capacidad de asimilación que tiene el paisaje de los efectos derivados del establecimiento del proyecto.

Visibilidad: dada la escasa vegetación arbórea el área presenta una visibilidad del 100%, esto es que, desde cualquier límite, se puede observar completamente el área.

Calidad paisajística: en cuanto a las características intrínsecas del sitio se puede determinar que la calidad paisajística es baja.

Fragilidad: la fragilidad de este tipo de áreas es considerada como alta, ya que es altamente influenciada por efectos nocivos ocasionados por contaminación y desechos sólidos provenientes de industrias.

Es importante señalar que, debido a las características físicas y biológicas que existen en el área no se cuenta con una gran diversidad de flora, esto debido a que es una zona donde actualmente el cliente desarrolla sus actividades, por lo cual se registra que el paisaje ya ha sido impactado previamente.

Con base en lo anterior, se determinó que no existen componentes claves, relevantes o críticos en el área donde se pretende instalar la Terminal Remota de Suministro de Gas Natural, para que el funcionamiento del sistema en general sufra alteraciones, modificaciones o cambios mayores de los que actualmente se presentan en la zona.

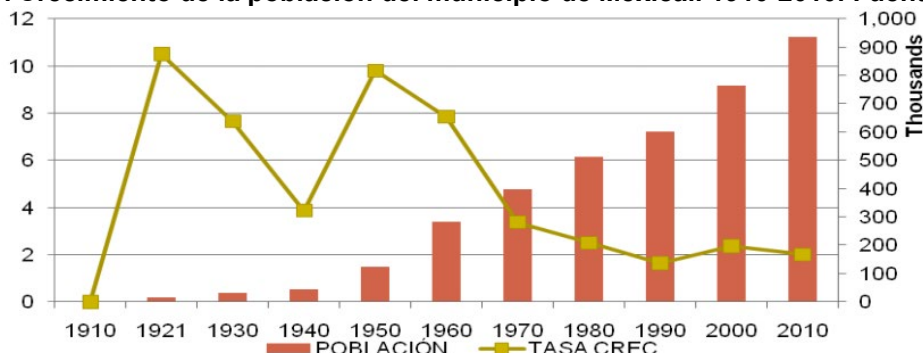
D. Medio socioeconómico

Los componentes demográficos de los que se hace mención en esta caracterización, corresponden a las variables estadísticas poblacionales, generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), recopilada a través de los Censos y Conteos Poblacionales, con los que se construye los indicadores que muestran la manera en la que está estructurada la población.

D.1 Demografía

El municipio de Mexicali se caracteriza por un crecimiento demográfico intenso. Del período comprendido entre 1910 y 2010, la población municipal se multiplicó 661 veces. De esta etapa sobresalen los años sesenta con una tasa de crecimiento promedio anual de 7.8 por ciento; mientras que entre los años 2000 y 2010, ésta fue de 2 por ciento. La tasa de crecimiento se estabilizó a partir de los años setenta con un ligero descenso en décadas subsecuentes. En los años setenta la población municipal ascendía a 281,333 habitantes y para el año 2010 se triplicó.

Figura 11. Crecimiento de la población del municipio de Mexicali 1910-2010. Fuente: INEGI.

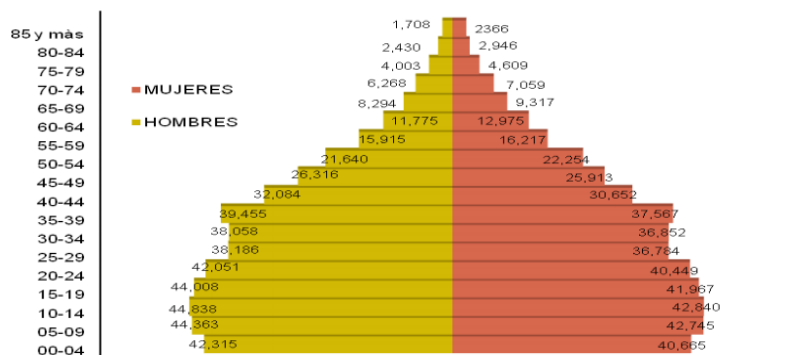


La superficie del territorio municipal es de 13,935.61 km², en ella se distribuyen 936,826 habitantes (INEGI, 2010) con una densidad de 67 habitantes por kilómetro cuadrado, sin embargo, la densidad no es homogénea en el territorio, al contrario, la población se concentra en pocas localidades, mientras que grandes superficies se encuentran despobladas.

En el año 2010 se registraron 1,650 localidades en la extensión municipal, 99% de ellas son rurales y el 1% restante son urbanas y semiurbanas (INEGI, 2010). Sin embargo, de cada 100 habitantes 89 pertenecen a localidades urbanas y semiurbanas y sólo 11 pertenecen a localidades rurales.

La población del municipio de Mexicali representa un 30% del total del estado de Baja California y se distribuye en 265,805 viviendas, resultando un promedio de 3.52 ocupantes por vivienda. De esta población 50.51% son hombres y 40.49 son mujeres y se distribuyen en los grupos de edades que se muestran en la gráfica 3 donde se observa el predominio de la población joven-adulta en un bloque más o menos homogéneo de 30 a menos años de edad.

Figura 12. Pirámide poblacional por edad y sexo. Fuente: INEGI.



Los principales grupos de edad municipal en el 2010 se manifiestan de la siguiente manera: el 27.51% tienen edades de 0 a 14 años, mientras que 62.59% son jóvenes y adultos de con edades de 15 a 59 años y el 7.87% restante son adultos mayores (de 60 años y más). La edad mediana de la población del municipio es de 27 años; 27 las mujeres y 26 los hombres.

Aspectos socioeconómicos

La población económicamente activa representa el 43% del total municipal, mientras que la población

ocupada abarca el 41% de la población total. Este indicador tuvo un descenso con respecto al 2005 cuando se presentaron los niveles de pobreza que se muestran en la tabla, donde se observa que Mexicali presenta el segundo lugar estatal en los distintos tipos de pobreza por ingresos y que al menos 10 de cada 100 habitantes presenta pobreza de patrimonio.

Tabla 15. Niveles de pobreza municipal.

Municipio	Pobreza por ingresos		
	Pobreza alimentaria	Pobreza de capacidades	Pobreza de patrimonio
Mexicali	1.5	2.6	10.3
Tecate	1.0	1.8	8.1
Tijuana	0.5	1.1	7.1
Playas de Rosarito	0.9	1.8	8.8
Ensenada	3.7	5.5	14.3

Por su parte, en materia de rezago social de la población, el municipio presenta niveles muy bajos, con excepción de los indicadores de educación básica, derechohabiencia a servicios de salud y la disposición de ciertos bienes en la vivienda.

Tabla 16. Indicadores de rezago e índice de rezago de los municipios de Baja California 2005.

Municipio	Mexicali	Tecate	Tijuana	Playas del Rosarito	Ensenada
% de población de 15 años o más analfabeta	2.8	3.6	2.52	3.45	2.05
% de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	3.63	3.71	5.1	4.58	6.16
% de población de 15 años y más con educación básica incompleta	35.29	44.89	39.48	46.8	42.11
% de hogares con población de 15 a 29 años, con algún habitante con menos de 9 años de educación aprobados	26.13	35.32	34.27	42.53	35.58
% de población sin derechohabiencia a servicios de salud	29.89	31.76	38.56	48.25	35.45
% de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	2.53	3.13	3.81	2.8	3.72
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario	8.58	13.71	13.11	17.4	8.83
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública	2.87	15.3	4.49	22.43	8.47
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	8.88	7.84	4.43	5	17
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica	7.9	15.14	11.95	17.49	9.69
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora	18.55	28.82	33.59	38.79	28.87
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	9.67	18.1	16.71	21.5	18.77
Promedio de ocupantes por cuarto	-0.06	0	0.04	0.1	-0.02
Índice de rezago social	-1.499	-1.126	-1.152	-0.806	-1.118
Grado de rezago social	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo

D.2 Factores socioculturales

Monumentos

Históricos: Al general Álvaro Obregón, construido a fines de la década de los años veinte; Mexicali cuenta con monumentos a Benito Juárez, Lázaro Cárdenas, Vicente Guerrero, Francisco Zarco, Rodolfo Sánchez Taboada y Los Pioneros, este último ubicado en el Centro Cívico de la ciudad, en honor a los primeros pobladores.

Arquitectónicos: Edificio de La Colorada River Land Co., construida en 1924; Rectoría de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC); antiguo Palacio de Gobierno, se inauguró en 1922; templo Iglesia Metodista del Divino Redentor, construido por la población china en 1920; escuela Cuauhtémoc, una de las primeras edificaciones de concreto armado, construida en 1915; edificio de los tribunales y juzgados de Distrito; antiguo Palacio Municipal, construido en 1924; escuela Leona Vicario, inaugurada en 1924; edificio de la Delegación Municipal Progreso, construido en 1925; Plaza de los Tres Poderes.

Museos

Mexicali cuenta con dos galerías en donde se exponen obras de artistas regionales y nacionales. La ciudad también cuenta con algunos teatros entre los que destacan el del IMSS, el del Estado, el de la UABC, así como el del CETYS-Universidad.

Tradiciones

Es tradición que durante todo el año se celebran carreras de off road en las que participan competidores nacionales y extranjeros. Estas se llevan a cabo en vehículos modificados que se corren por caminos de terracería. El carnaval San Felipe es un Festival Popular en donde el principal atractivo son sus carros alegóricos.

El presente Proyecto no afecta ninguno de los factores sociales que han sido descritos previamente, toda vez que como se ha mencionado previamente el área en comodato cuenta con una superficie de m² y en esta área no se encuentra la presencia de edificaciones de carácter cultural e histórico. Asimismo, no interfiere con las actividades de recreación y de cultura del municipio.

Áreas Naturales Protegidas, Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Regiones Terrestres Prioritarias, áreas de importancia para la conservación de aves y sitios Ramsar.

A este respecto, de acuerdo con el Análisis obtenido en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el sitio donde se pretende desarrollar el proyecto no presenta influencia con cuerpos de agua ni Áreas Naturales Protegidas de carácter federal, estatal o municipal; así como tampoco forma parte de Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Regiones Terrestres Prioritarias, áreas de importancia para la conservación de aves y sitios Ramsar.

III.3. ¿El sitio de la instalación de la planta, está ubicado en una zona susceptible a:

(si) Terremotos (sismicidad)?

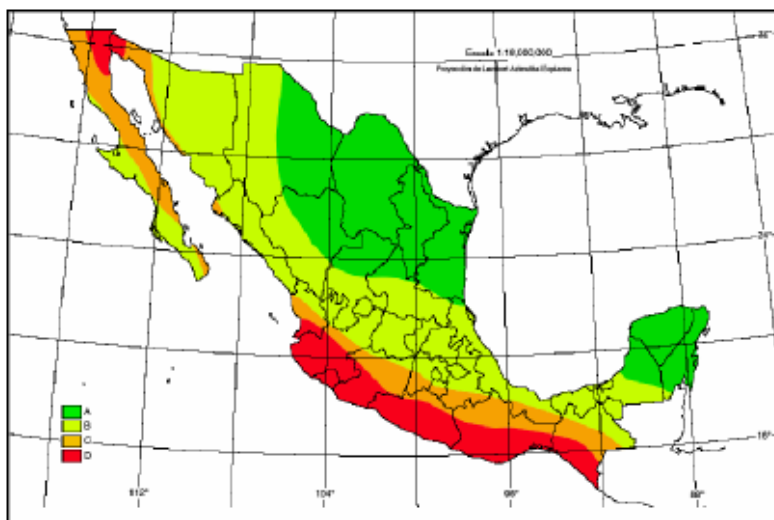
Respecto de riesgos sísmicos en la zona donde se ubica la instalación, de acuerdo con la figura de Regionalización Sísmica de la República Mexicana (**Figura 13**) incluida en el documento “Diagnóstico de

Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México”, Versión Electrónica de 2014 emitido por la CENAPRED, el Estado de Baja California y la zona de estudio se encuentra en la zona D. En la zona D han ocurrido con frecuencia grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70% de g, se ha detectado alta sismicidad en la escala de Mercalli, con Sexto Grado en el Centro de Población que incluye las delegaciones del El Sauzal, Cabecera Municipal, Chapultepec y Maneadero, y Séptimo Grado en la delegación de Real del Castillo.

VI Grado.- El temblor es sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.

VII Grado.- Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.

Figura 13. Regionalización Sísmica de la República Mexicana.



Fuente: Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México

En conclusión, la Terminal Remota, se ubica en un sitio susceptible a sismos.

En función de que la zona pretendida para la instalación del proyecto se ubica en la cercanía del municipio de Ensenada y que varias de sus características corresponden a dicho municipio con mayor concordancia, a continuación se desarrollan los aspectos de susceptibilidad empleándose en algunos casos los datos del municipio de Ensenada.

Históricamente en la zona se han registrado sismos de mediana y alta magnitud con relativa constancia, siendo los más relevantes los siguientes:

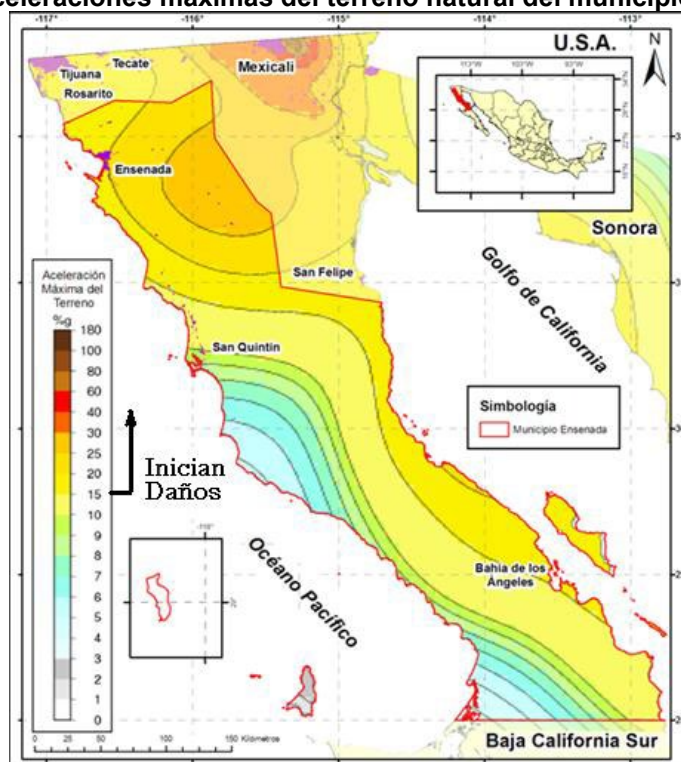
Tabla 17. Sismos Relevantes en la zona del proyecto.

Localización del epicentro			Fecha	Hora	Magnitud en escala Richter
Latitud Norte	Longitud Oeste	Localidad Próxima			
29	-114.0	Laguna Chapala	12-Dic-1902	23:10	7.8

Localización del epicentro			Fecha	Hora	Magnitud en escala Richter
Latitud Norte	Longitud Oeste	Localidad Próxima			
28.5	-113.0	Sta. Gertrudis, Bahía de los Ángeles	29 abril 1954	11:34	7.0
31.9	-115.8	Ensenada, El Sauzal	9 febrero 1956	14:34	6.7
32.1	-115.5	Laguna salada, Mexicali	4 abril 2010	15:40	7.2

Las aceleraciones sísmicas en Ensenada son mayores en las delegaciones de Bahía de los Ángeles, Puertecitos, Valle de la Trinidad, Colonet, Santo Tomás, Maneadero, Cabecera Municipal y Real del Castillo, debido a que sus aceleraciones máximas son superiores a 15%g. Esto se muestra en la **Figura 14**.

Figura 14. Aceleraciones máximas del terreno natural del municipio de Ensenada



Fuente: Atlas de riesgos naturales del municipio de Ensenada

(Si) Corrimientos de tierra?

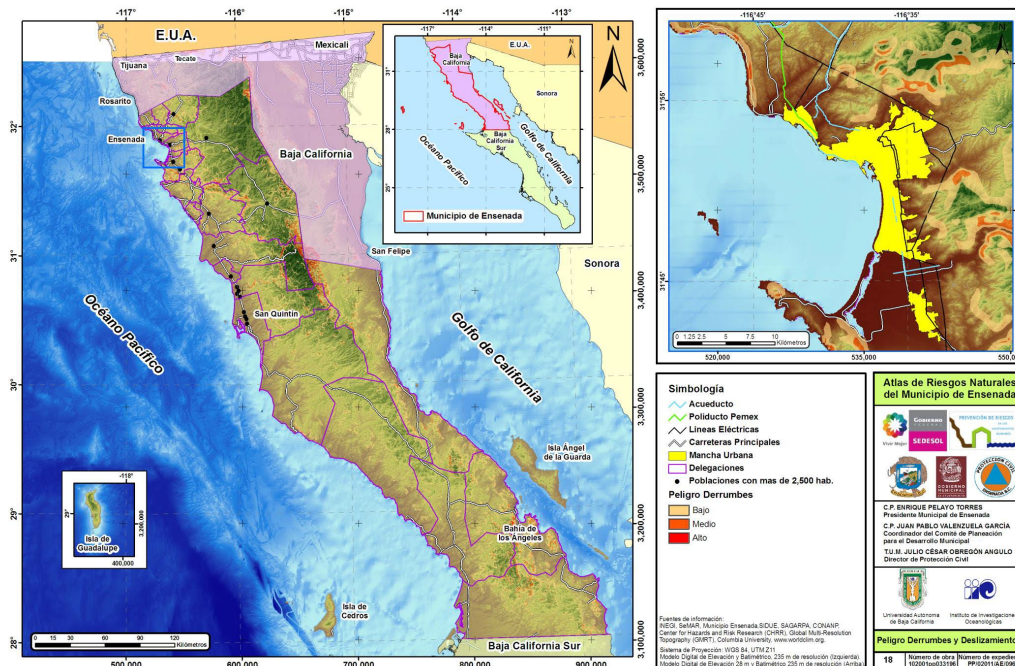
Inestabilidad de laderas

A nivel regional, contenido en el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Ensenada se reporta un nivel de riesgo alto por los movimientos de material que se presentan en laderas o a lo largo de un talud, debidos a factores como la caracterización de formaciones litológicas, la energía de relieve, densidad de lineamiento, densidad de disección del terreno, precipitación total, zonificación de uso de suelo y, la acción

de la fuerza de gravedad, resultando afectadas varias localidades aledañas a la zona del proyecto, pertenecientes a la cabecera municipal. Se interpreta que la intensa actividad tectónica ha provocado un rápido levantamiento y la formación de un relieve escarpado, principalmente en la zona costera.

En la **Figura 15** se representa el Peligro de Derrumbes y Deslizamientos en los cuales sobresale la Península de Punta Banda la delegación de Maneadero, así como el lado Este de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir.

Figura 15. Peligro de derrumbe y deslizamiento



Fuente: Atlas de riesgos naturales del municipio de Ensenada

Flujos

Si se entiende por flujos:

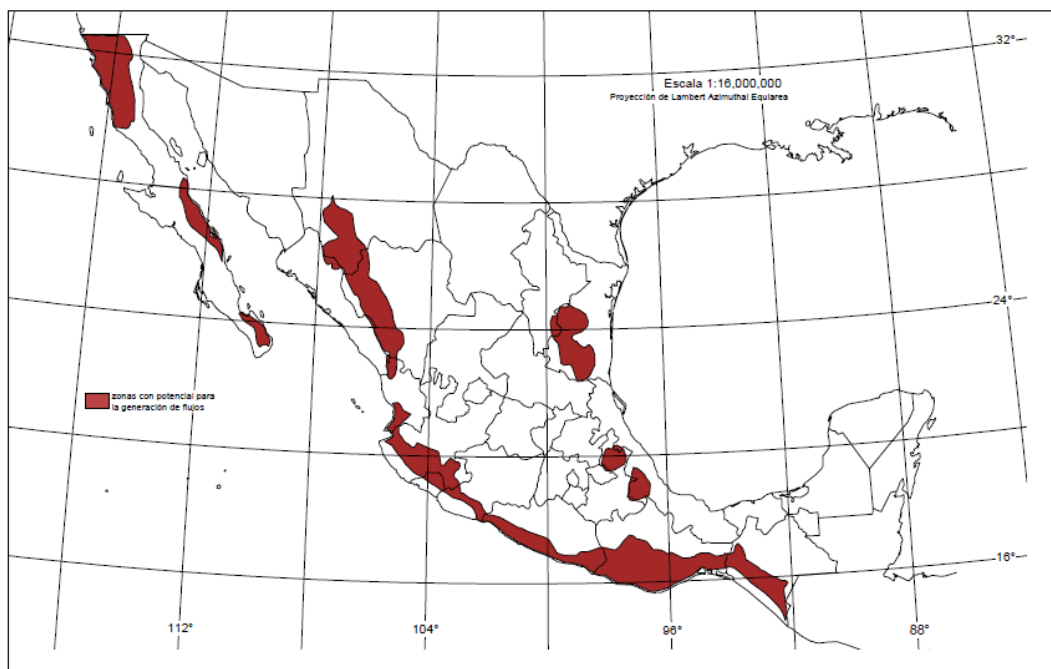
Son masas de material sin cohesión que fluye como un fluido viscoso al sobrepasar su límite líquido, pueden formarse en cualquier material poco consolidado (inclusive puede llegar a afectar los niveles superiores de roca alterada o intemperizada) y hasta en rocas, especialmente pelíticas y esquistosas más o menos descompuestas. Se pueden desplazar grandes distancias.

Son fenómenos básicamente estacionales, es decir, frecuentes en temporada de lluvias, aunque son numerosos los casos relacionados con roturas de conductos de agua, depósitos de agua, o por efecto de la aceleración de deslizamientos, por trastornos en el régimen hidrogeológico e, inclusive, por sacudida sísmica (licuación de arenas). Suele involucrar volúmenes variables de material fino con alto contenido de limos y arcillas. Las velocidades de desplazamiento igualmente pueden ser variables y suelen estar relacionadas con factores como la pendiente de la ladera y la cantidad de agua involucrada en la movilización del material.

Ante el alto potencial destructivo de los flujos se elaboró el mapa de la **Figura 16** de zonificación de peligro a nivel nacional, tomando en cuenta las características geomorfológicas, geológicas y de mayor

probabilidad de incidencia de precipitaciones pluviales que pudieran detonar un flujo de lodo y/o escombros. Además, se tomaron en cuenta las condiciones climatológicas y ambientales que pueden originar una fuente de intemperización de las formaciones geológicas.

Figura 16. Flujos de lodo y escombros por lluvia



Fuente: Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México

(No) Derrumbamientos o hundimientos?

Caídos y derrumbes

Los derrumbes ocurren cuando la resultante de las fuerzas aplicadas a un bloque cae fuera del tercio medio en la base del mismo. El giro o volteo se produce alrededor de un punto de pivote. Este tipo de falla es común en masas rocosas con discontinuidades casi verticales. Hay dos formas, volteo con flexión y volteo de bloques de acuerdo al mecanismo en su estructura física que los provoca.

Por otro lado, los caídos como movimientos que se refieren al descenso rápido y libre de bloques de una serie de discontinuidades en la roca con tamaños y geometría variable, con fuerte pendiente de acantilados influenciados por la gravedad, la erosión y el agua. El movimiento puede incluir deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre.

Referente a la geología del municipio, las áreas presentan un contacto litológico de rocas sedimentarias calizas en alternancia con lutita intercalada con arenisca, por lo que es roca inestable respecto a su estado físico, como por ejemplo: las lutitas son blandas y fácilmente excavables por los agentes erosivos, principalmente agua.

En el municipio de Ensenada inciden los sismos y debido a la liberación de energía, genera vibraciones en la roca en donde incide el deslizamiento como en las calizas escasamente consolidadas.

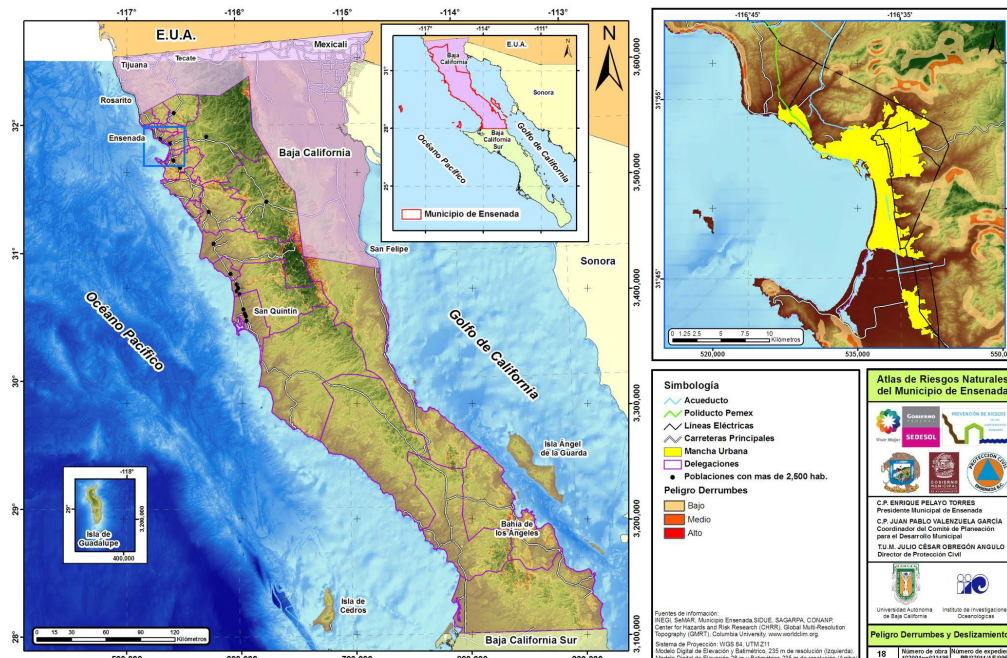
Respecto a las condiciones meteorológicas en periodos de lluvia, tanto en tormentas invernales como en huracanes, las precipitaciones debilitan la resistencia del suelo, principalmente si no hay cobertura vegetal que amortigüe el efecto de la precipitación, la incidencia se da especialmente en zonas donde la topografía es abrupta.

En la zona comprendida entre los kilómetros 84 y 98 de la carretera Escénica Tijuana-Ensenada, la ocurrencia de deslizamientos por gravedad afecta principalmente a zonas donde predominan las rocas sedimentarias de la Formación Rosario. La poca competencia de estas rocas y su buzamiento hacia el W-SW, además de la presencia de lutitas interestratificadas, facilitan el deslizamiento en la dirección de las pendientes. Dicha zona es sísmica y pueden presentarse sismos someros y de tipo enjambre, incrementando la inestabilidad de la zona.

La región en su conjunto tiene una sismicidad moderada y las localizaciones epicentrales no se pueden asociar directamente con las estructuras cartografiadas debido en parte a la inexactitud de la localización. Se interpreta que la intensa actividad tectónica ha provocado un rápido levantamiento y la formación de un relieve escarpado, principalmente en la zona costera.

En la **Figura 17** se muestra el mapa que representa el Peligro de Derrumbes y Deslizamientos en los cuales sobresale la Península de Punta Banda la delegación de Maneadero, así como el lado Este de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir.

Figura 17. Flujos de lodo y escombros por lluvia Peligro de hundimiento por sobreexplotación de acuíferos.



Fuente: Atlas de peligros del Estado de Baja California

En el municipio de Ensenada las partes planas están constituidas por suelo aluvial, eólico y lacustre, el rango granulométrico varía entre grava, arena, limo y arcilla, las partes serranas del mismo están constituidas por rocas consolidadas como Granodiorita y Tonalita.

Las fallas geológicas y los sismos influyen para la formación de los hundimientos, ya que provocan el reacomodo de material.

También el clima, en temporada de lluvias, provoca que los materiales de limo y arcilla se saturen de agua expandiéndose, mientras que en la sequía sucede la contracción.

En una zona ubicada al norte del municipio de Ensenada, hay importantes áreas donde extraen agua por medio de pozos, y en el caso de sobre explotación, ocasionan descenso en el nivel freático y con esto la compactación de los materiales, manifestándose en hundimientos diferenciales, como en la delegación de Maneadero.

(Sí) Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)?

Tormentas eléctricas

Para conocer el índice de peligro por tormenta eléctrica a nivel municipal, se consultó la información de los “Mapas de índice de Riesgo a Escala Municipal por Fenómenos Meteorológicos” de la Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos del CENAPRED en su edición de marzo del 2012, observándose en la siguiente **Figura 18** un índice bajo días de tormenta eléctrica.

Figura 18. Categorización del índice de peligro por tormenta eléctrica a nivel municipal.



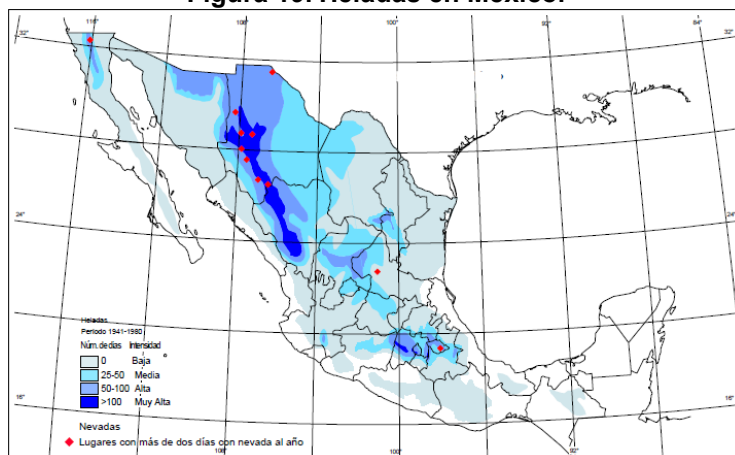
Fuente: Mapas de índice de Riesgo a Escala Municipal por Fenómenos Meteorológicos, CENAPRED

Heladas

A nivel estatal, la temperatura media anual oscila entre 6° en las sierras, hasta 24° en la costa sur municipal del Golfo de California en las delegaciones de Bahía de los Ángeles y Villa de Jesús María. Lo anterior se observa en la siguiente **Figura 19** como Peligro por Bajas Temperaturas que se concentran principalmente en las partes altas de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir. Existen comunicados de autoridades de salud que indican que las bajas temperaturas incrementan un 25 % los problemas de la población en sus vías respiratorias.

En general, el peligro por heladas en el municipio es bajo con 0 días de evento de heladas.

Figura 19. Heladas en México.



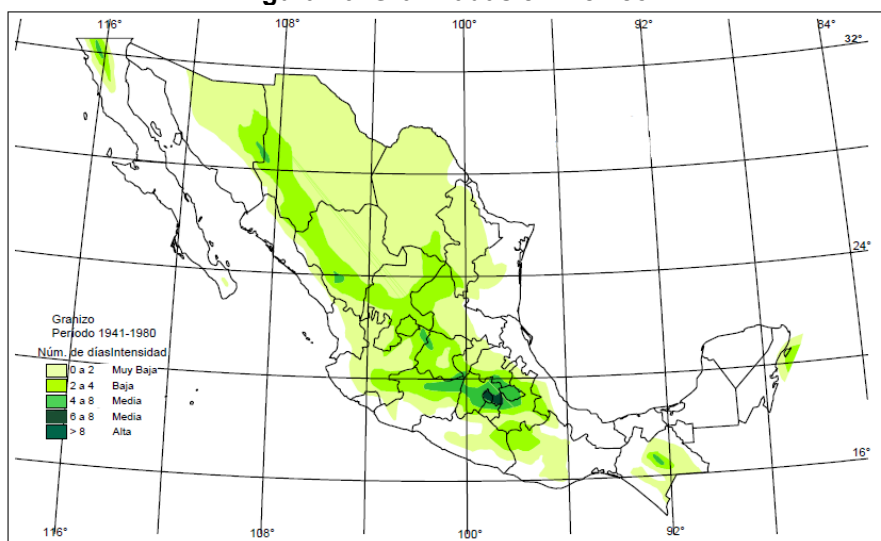
Fuente: Atlas Nacional de México, UNAM, Instituto de Geografía, 1990

Granizadas

Las zonas más afectadas de México por tormentas de granizo son el altiplano de México y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Esto se observa en la **Figura 20**.

Durante el periodo de 1979-1988, según registros de la Comisión Nacional del Agua, los estados que sufrieron más daños en la agricultura fueron: Guanajuato (109,767 ha), Chihuahua (56,355 ha), Tlaxcala (51,616 ha), Nuevo León (37,837 ha) y Durango, (35,393 ha).

Figura 20. Granizadas en México.



Fuente: Atlas Nacional de México, UNAM, Instituto de Geografía, 1990.

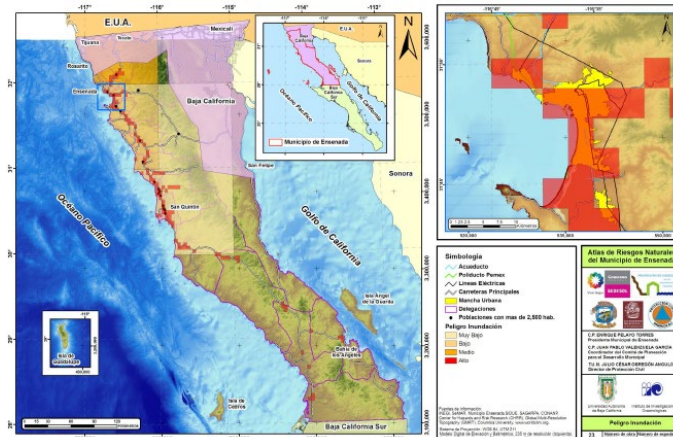
Fuente: Atlas Nacional de México, UNAM, Instituto de Geografía, 1990

Afecta a una zona muy limitada del municipio con intensidad baja a muy baja presentándose de 2 a 4 días.

(No) Inundaciones (historial de 10 años)?

A nivel estatal se detectaron y georreferenciaron 121 zonas con alto riesgo de inundación y se determinaron los milímetros de lluvia que al acumularse a lo largo de un día representarán para Protección Civil lo siguiente: 24 mm acción, 44 mm inundación menor, 58 mm inundación moderada y 78 mm inundación mayor y evacuación. Estas locaciones se concentran en la zona costera que están alejadas de la localidad de Mexicali donde se ubica el proyecto del presente estudio, como se observa en la **Figura 21**.

Figura 21. Inundaciones.



Fuente: Atlas de peligros del Estado de Baja California

(Sí) Pérdidas de suelo debido a la erosión?

La palabra erosión proviene del latín erosión que significa: el desgaste que se produce en la superficie del suelo por la acción de agentes externos como el viento y el agua y que son acelerados por la acción del Hombre.

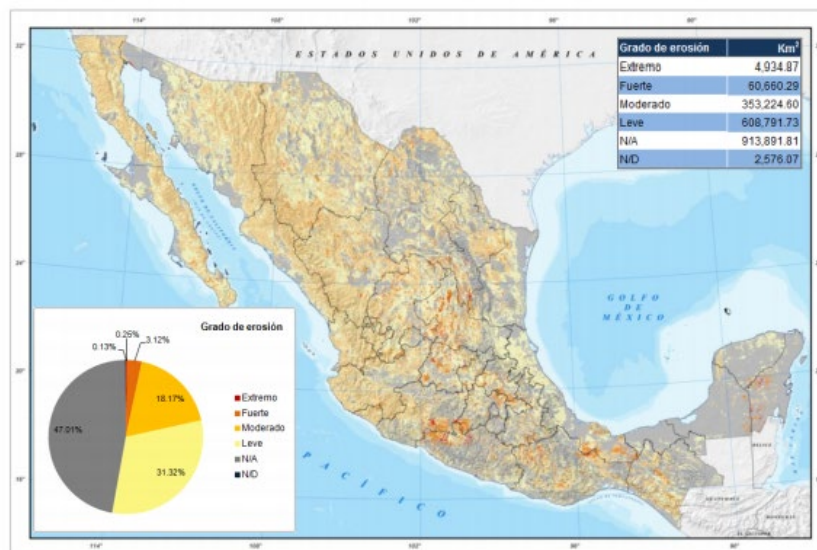
Tipos de erosión antrópica Ocurre cuando el agente causal directo es el Hombre, al modificar el paisaje natural de manera abrupta e irreversible (mediante la construcción de carreteras, presas, asentamientos urbanos, líneas de transmisión, gasoductos, etc.)

Erosión hídrica Resulta cuando el agente causal de la erosión es el agua, en sus formas de torrente, lluvia, arroyadas, granizadas, crecida de ríos y el efecto del riego. El agua es un agente erosivo muy energético.

Erosión eólica Sucede cuando el agente causal de la erosión es el viento en diversas formas como remolino, tolvánicas o tornados.

En la siguiente **Figura 22**, se muestra el grado de erosión a nivel nacional y en la localidad de Mexicali se presenta un grado moderado.

Figura 22. Grado de erosión.



Fuente: INEGI (2014b)

(No) Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión?

(No) Riesgos Radiológicos?

(Si) Huracanes?

No se consideró la influencia de los vientos generados por tornados debido a que existe escasa información al respecto y por estimarlos como eventos de baja ocurrencia, que de manera perceptible sólo se presentan en algunas regiones de los estados de Sonora, Coahuila, Nuevo León, Chihuahua y Tamaulipas, tal y como lo reporta la National Climatic Data Center de Estados Unidos, en su análisis de zonas con probabilidad de presentar tornados en América del Norte.

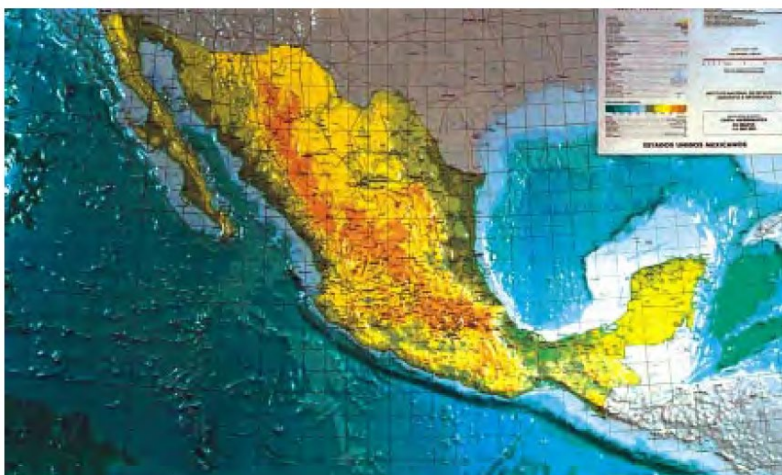
La marea de tormenta, es a escala mundial, la principal causa de pérdidas de vidas humanas asociadas a los huracanes; en México, venturosamente, no tiene la importancia que adquiere en otros países, como los Estados Unidos de Norteamérica o Bangladesh, por ejemplo. Esto se debe a que la plataforma continental es muy abrupta en la mayor parte de nuestros mares y el perfil costero adquiere rápidamente pendientes pronunciadas; sin embargo, no siempre se da la situación anterior, que además no evita que en huracanes intensos haya inundaciones importantes en la franja más cercana a la costa.

La información disponible sobre la incidencia de huracanes y sobre la batimetría y topografía costera permite identificar regiones con distinto grado de peligro por este fenómeno. Una representación general del problema se muestra en el mapa de la **Figura 23** y **Figura 24**, que se fundamenta en las siguientes consideraciones (Rosengaus, 1998):

La costa del Pacífico desde la frontera con Guatemala hasta Puerto Ángel tiene un peligro moderado porque la plataforma continental tiene un desarrollo bastante largo, aunque la topografía costera es relativamente abrupta. Desde Puerto Ángel hasta Cabo Corrientes, el peligro es bajo porque la plataforma continental es muy corta. De allí hasta bien entrado el Golfo de California, el riesgo es moderado: la plataforma continental es angosta y las aguas son profundas; sin embargo, hay efectos asociados con la forma del golfo que amplifican el fenómeno. En la parte norte del Golfo de California la batimetría es poco

profunda y la dinámica del golfo propicia mareas altas; sin embargo, se trata de una zona donde la incidencia de huracanes es menor, por lo que el riesgo es también moderado. En la parte externa (occidental) de la península de Baja California se tiene un riesgo moderado hasta San Quintín, y bajo al norte de esa localidad.

Figura 23. Batimetría de la República Mexicana.



Fuente: Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México

Figura 24. Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales.



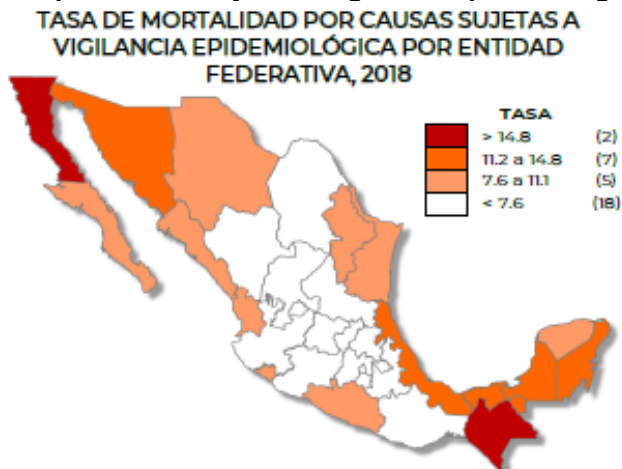
Fuente: Mapas de índice de Riesgo a Escala Municipal por Fenómenos Meteorológicos, CENAPRED

III.4. Sí es de su conocimiento que existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área de las instalaciones, proporcione la información correspondiente.

En adelante se exponen los resultados en el mapa de la **Figura 25** que integran el informe de Panorama Epidemiológico y Estadístico de la Mortalidad por Causas Sujetas a Vigilancia Epidemiológica en México 2018, elaborado por la Secretaría de Salud. Para el cumplimiento con el alcance de este apartado se

reportarán los resultados a nivel estatal para Baja California que presenta una tasa alta mayor a 14.8 defunciones por causas sujetas a vigilancia epidemiológica.

Figura 25. Tasa de mortalidad por causas sujetas a vigilancia epidemiológica por entidad federativa, 2018.



Fuente: informe de Panorama Epidemiológico y Estadístico de la Mortalidad por Causas Sujetas a Vigilancia Epidemiológica en México 2018

III.5. Puntos importantes de interés cercanos a la instalación o proyecto en un radio de 500 metros

DOMICILIO DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

La localización pretendida de la Terminal Remota es:

El único punto de interés cercano a la instalación dentro del radio de 500 metros está constituido por las instalaciones del Cliente (Procesadora y Empacadora de Carnes, S.A. de C.V., Don Fileto), no se ubica ningún área habitacional, de servicios, centros de trabajo ni ningún otro punto de interés desde el punto de vista de posible afectación a la población. Tampoco hay áreas naturales o hábitats sensibles que puedan verse afectados. En la **Figura 26** se muestra la ubicación de la Terminal Remota y el aspecto del entorno en un radio de 500 metros.

Figura 26. Ubicación de la Terminal Remota y puntos de interés en su entorno.



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth Pro y Google Maps.

La Terminal Remota se ubicará en el interior de la Planta del Cliente.

Las localidades o asentamiento humanos cercanos a distancias mayores a 500 m de la Terminal Remota, son las siguientes:

PUNTO CARDINAL	POBLACIÓN
Noreste	4.94 km Ejido Guanajuato
Norte	1.0 km Localidad El Encanto
Noroeste	1.15 km Instalaciones agropecuarias y asentamientos humanos
Este	0.5 km Campos de cultivo
Sur	1.1 km Instalaciones agropecuarias y asentamientos humanos

En un radio mayor a 1 km se observan asentamientos irregulares e instalaciones de tipo agropecuaria y localidades de asentamientos humanos y a menos de 1 Km al Norte la localidad El Encanto. No se identificaron otras áreas de interés en la cercanía de la Terminal Remota.

Dadas las características y ubicación de la Terminal Remota (dentro del predio del Cliente), las posibles afectaciones serían principalmente las instalaciones de la misma Terminal Remota y del Cliente, tales como:

- Tanque de guarda criogénico.
- Vaporizadores.
- Estación de regulación (Manifold).
- Autotanque en caso de carga.
- Unidades vehiculares localizadas en la cercanía.
- Personal ubicado en el perímetro de 500 m.
- Infraestructura del Cliente (instalaciones eléctricas, áreas productivas, etc.).

III.6. Medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal de la instalación, para evitar deterioros del medio ambiente.

Es importante señalar que, durante las visitas al predio, se observó que, por las condiciones físicas y biológicas presentes en la zona, se encuentra impactados por las actividades que se han realizado en el área, mismas que han incidido en la eliminación de la vegetación y en la emigración de la fauna silvestre. Por otra parte, el área donde se ubicará la Terminal Remota se encuentra ubicada dentro de una zona de desarrollo industrial, lo que hace que la flora y la fauna que existía en el lugar sea nula o escasa.

Vegetación en el sitio de Proyecto de la Terminal Remota

En el área en comodato donde se pretende realizar la instalación del proyecto no se presenta el tipo de vegetación que se describe en el municipio pues, hoy en día el área destinada al proyecto es industrializada debido a que se encuentra dentro del área en comodato del cliente.

Fauna en el sitio de Proyecto de la Terminal Remota

Debido a que el proyecto se ubicará dentro de un predio ya impactado previamente, no existe la presencia de fauna en dicho predio. En el área en comodato, correspondiente a una superficie de 500 m² no se ha registrado la presencia de fauna silvestre.

Paisaje.

La inclusión del paisaje en un estudio de impacto ambiental se sustenta en dos aspectos fundamentales: el concepto «paisaje» como elemento aglutinador de toda una serie de características del medio físico y la capacidad de asimilación que tiene el paisaje de los efectos derivados del establecimiento del proyecto.

Visibilidad: dada la escasa vegetación arbórea el área presenta una visibilidad del 100%, esto es que, desde cualquier límite, se puede observar completamente el área.

Calidad paisajística: en cuanto a las características intrínsecas del sitio se puede determinar que la calidad paisajística es baja.

Fragilidad: la fragilidad de este tipo de áreas es considerada como alta, ya que es altamente influenciada por efectos nocivos ocasionados por contaminación y desechos sólidos provenientes de industrias.

Es importante señalar que, debido a las características físicas y biológicas que existen en el área no se cuenta con una gran diversidad de flora, esto debido a que es una zona donde actualmente el cliente desarrolla sus actividades, por lo cual se registra que el paisaje ya ha sido impactado previamente.

Con base en lo anterior, se determinó que no existen componentes claves, relevantes o críticos en el área donde se instale la Terminal Remota de Suministro de Gas Natural, para que el funcionamiento del sistema en general sufra alteraciones, modificaciones o cambios mayores de los que actualmente se presentan en la zona.

Diagnóstico ambiental.

En este punto se realizará un análisis con la información que se recopiló en la fase de caracterización ambiental, con el propósito de hacer un diagnóstico del sistema ambiental previo a la realización del proyecto, en donde se identificarán y analizarán las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro natural y grado de conservación del área de estudio y de la calidad de vida que pudieran presentar en la zona por el aumento demográfico y la intensidad de las actividades productivas, considerando aspectos de tiempo y espacio.

A. Integración e interpretación del inventario ambiental

El proyecto se ubicará dentro del municipio de Mexicali en el estado de Baja California, como se mencionó anteriormente por lo que se tomó en cuenta los datos del municipio para cubrir los aspectos del inventario ambiental.

En el municipio de Mexicali predominan los climas de tipo muy secos, son climas extremos, con temperaturas máximas, principalmente durante los meses de julio y agosto donde la evaporación excede en gran medida a la precipitación. En cuanto a los vientos, la parte más ventosa del año dura 3.5 meses, del 14 de marzo al 29 de junio, con velocidades promedio del viento de más de 12.0 kilómetros por hora.

En cuanto a la hidrología del municipio, convergen dos regiones hidrológicas, la región hidrológica número 4 o Baja California Noreste y la región hidrológica 7 o Río Colorado, sin embargo, en el predio en comodato donde se pretende implementar el proyecto, no se ubican corrientes hidrológicas. De igual manera, en este predio no se ubican cuerpos de agua subterráneas.

Por otro lado, en cuanto la vegetación de la región, esta flora es la común de zonas semidesérticas, la cual trae como consecuencia la presencia de especies silvestres típicamente xerofitas. No obstante, en el sitio en comodato debido a que cuenta con un área de 500 m² y debido a que este se encuentra impactado por las actividades del cliente, no se registra la presencia de vegetación en el área donde se instalarán los equipos.

En cuanto a la fauna, en la región existen especies de: lagartija, iguana, culebra y víbora de cascabel. Debido a que el proyecto se ubicará dentro de un predio ya impactado previamente, no existe la presencia de fauna en dicho predio. En el área en comodato, correspondiente a una superficie de 500 m² no se ha registrado la presencia de fauna silvestre.

En cuanto al paisaje, se registra que el paisaje ya ha sido impactado previamente debido a las actividades que el cliente lleva a cabo.

B. Síntesis del inventario

Tomando en cuenta lo anterior, así como las características del Sistema Ambiental objeto de estudio y considerando los lineamientos de la Región Ecológica 3.34 donde se ubica la Unidad Ambiental Biofísica 6. Desierto de Altar en Baja California, se refieren un ambiente donde existe una baja degradación de los

suelos y una degradación media de la vegetación. Asimismo, se reporta que en esta UAB existe un porcentaje de cuerpos de agua muy bajo.

Por lo anterior y con base en el trabajo de campo y a la evidencia fotográfica que se anexa, es claro que el proyecto no afecta a componentes ambientales como vegetación natural, especies de fauna silvestre, sin presencia de especies protegidas, dada que se localiza en zona urbana impactada.

El diagnóstico ambiental resulta de analizar el Sistema Ambiental que se da en la Unidad Biofísica Ambiental en que se encuentra ubicado el predio donde se pretende realizar la instalación de la Terminal Remota de GNL con base en la política ambiental, lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica. En ese sentido se considera que el proyecto en sí mismo no modificará el Sistema Ambiental existente esto debido a que el área donde se pretende implementar abarca una superficie de 500 m², además que esta superficie en comodato se encuentra dentro de las instalaciones del cliente, y dicha superficie ha sido impactada previamente debido a las actividades propias del cliente.

Como se ha mencionado previamente, debido a la superficie del predio en comodato donde se pretende implementar el presente proyecto y debido a que se localiza dentro de las instalaciones del cliente, donde este realiza sus actividades productivas, no se registra en esta área la presencia de flora y fauna silvestre. Esto sugiere que a pesar de que el predio tiene antecedentes de perturbación antrópica desde hace años, el hecho de instalar los equipos para el suministro de gas natural licuado genera impactos de menor magnitud.

Como resultado de la evaluación de las características ambientales, y de acuerdo con la información cartográfica y el trabajo de campo realizado, se puede concluir que la ubicación geográfica del proyecto se encuentra en un lugar estratégico y privilegiado, pues las afectaciones al medio ambiente por causa de su instalación serán menores. En las diversas visitas realizadas a campo, no se logró observar especies de flora y fauna catalogadas con algún estatus de protección.

Cercano al predio no se localizan fallas ni fracturas geológicas de ningún tipo. El área del Proyecto, así como el resto de la zona es asísmica, no presenta derrumbes, y deslizamientos.

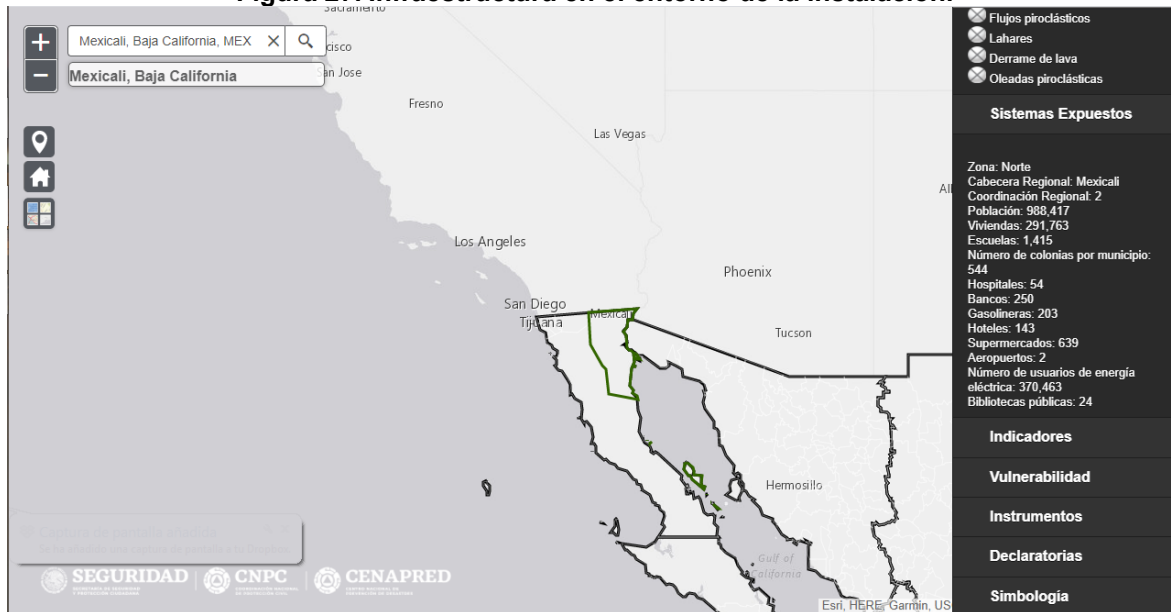
Por otra parte, la zona de intervención del proyecto no interferirá con los flujos hídricos del municipio debido a que no existen corrientes cercanas al área de intervención.

Finalmente, el proyecto no representa una amenaza a sitios históricos y/o culturales del municipio de Mexicali.

Vulnerabilidad y nivel de exposición en la localización de la instalación

De la investigación realizada en el municipio de Mexicali, no se observan receptores de otro tipo o categoría como los identificados en el mapa de Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED que se muestra en la **Figura 27** en el cual se observan los receptores como: colonias, viviendas, escuelas, hospitales, bancos, gasolineras, supermercados, aeropuertos, bibliotecas.

Figura 27. Infraestructura en el entorno de la instalación.



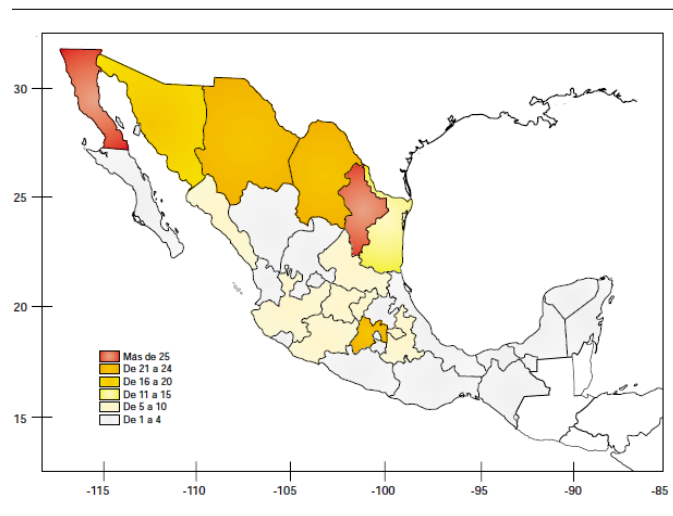
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED

La población más cercana es al Norte y es conocida como “El Encanto”, aproximadamente a 1 km de distancia en dirección Norte.

Agentes perturbadores

Agentes perturbadores de tipo químico tecnológico como son los polvorines no existen en la cercanía, sin embargo, a nivel estatal existe la siguiente caracterización de la industria química que se muestra en el mapa de la **Figura 28**. Así también, a nivel estatal, se ubican sitios de extracción de materiales como se muestra en el mapa mostrado en adelante.

Figura 28. Distribución espacial de parques industriales a nivel estatal.



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos

Sanitario ecológico referente a epidemias y registrados no se localizan en el perímetro de la instalación, sin embargo, se ha comentado este apartado a nivel estatal.

Sobre los hidrometeorológicos, ya han sido previamente comentados.

El riesgo geológico por erosión e inestabilidad de laderas ya ha sido descrito.

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

Como resultado de la evaluación de las características ambientales, y de acuerdo con la información cartográfica y el trabajo de campo realizado, se puede concluir que la ubicación geográfica pretendida para la Terminal Remota se encuentra en un lugar en el cual las afectaciones al medio ambiente por causa de su operación serán menores. En las diversas visitas realizadas a campo, no se logró observar especies de flora y fauna catalogadas con algún estatus de protección.

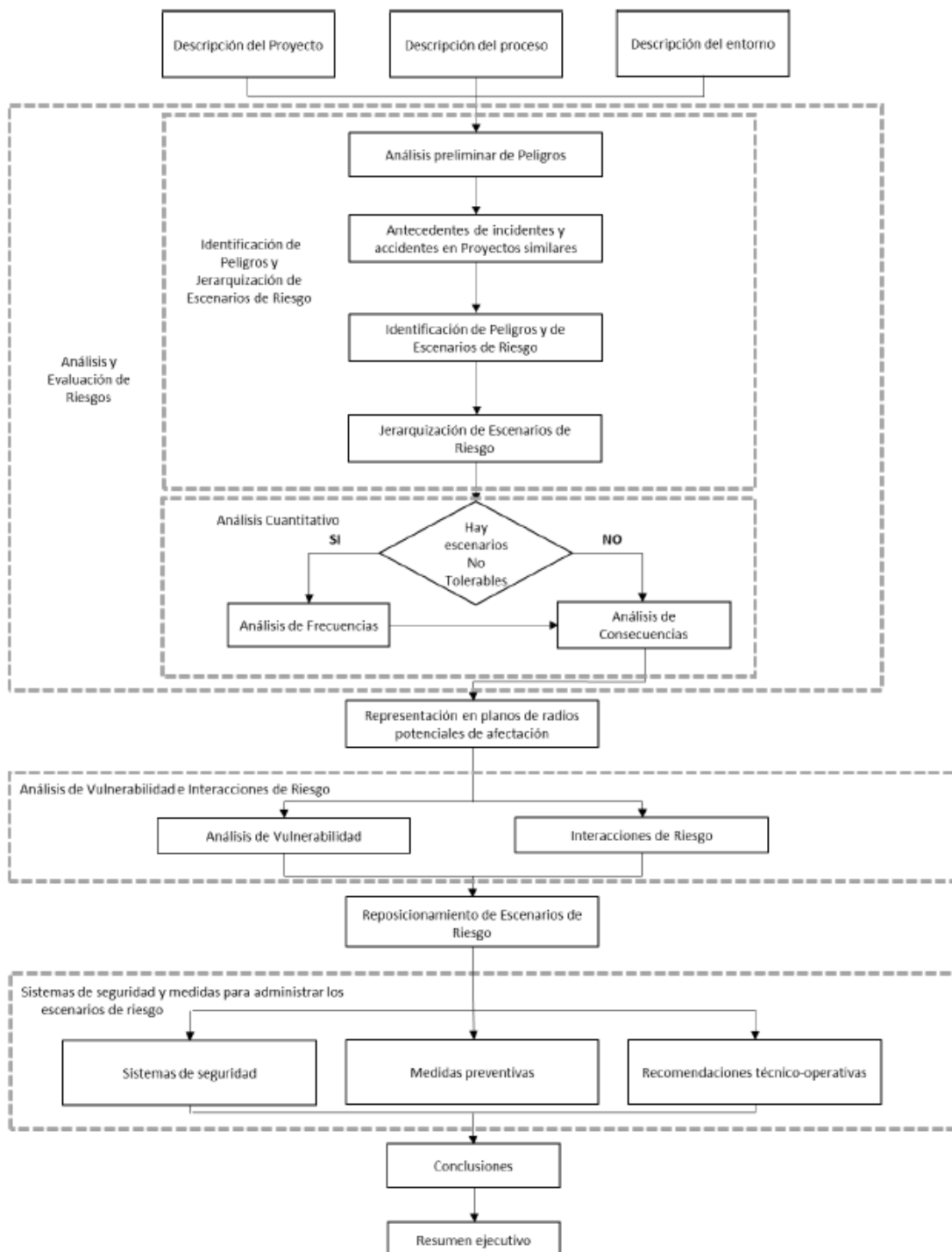
Con base en lo descrito anteriormente se concluye que, para el caso de la ubicación de la Terminal Remota, las condiciones naturales del lugar se encuentran transformadas o modificadas. Por otra parte, la Terminal Remota no interfiere con los flujos hídricos del municipio debido a que no existen corrientes cercanas al área donde se ubica.

Por lo previamente expuesto, se deduce que los efectos de la ocurrencia de los eventos de riesgo, tanto en el caso del más severo como del más probable tendrían un impacto adverso poco significativo para la fauna y la flora debido a que no se encontraron especies nativas de la zona. En cuanto a la posibilidad de afectación a las personas, las implicaciones de la ocurrencia de los eventos antes mencionados, hay alguna posibilidad de implicación para los trabajadores que laboran en las instalaciones del Cliente, solamente en el caso del evento más severo.

IV. SELECCIÓN DE METODOLOGÍAS

El Desarrollo del análisis de riesgo de proceso incluye las actividades descritas en la **Figura 29**.

Figura 29. Diagrama de bloques para el desarrollo del análisis de riesgo.



Para seleccionar las metodologías a emplear para esta etapa, se utilizaron los criterios establecidos por la Guía Técnica para realizar Análisis de Riesgos de Proceso Clave: 800-16400-DCO-GT-75 Revisión: 1, Fecha: 10/08/2012., y que se resumen en la **Tabla 18**.

Tabla 18. Metodologías de acuerdo con la etapa de vida del proceso.

Etapa	LV	¿Qué pasa sí?/LV	FMEA	HAZOP	AAE	AAF	AC
Investigación y desarrollo		✓	✓				
Diseño conceptual	✓	✓	✓				
Operación de planta piloto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ingeniería de detalle	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Construcción y arranque	✓	✓	✓				
Operación rutinaria	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Expansión o modificación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Desmantelamiento	✓	✓	✓				
LV (Lista de Verificación) FMEA (Análisis de modos de falla y sus efectos) AAE (Análisis de árboles de eventos) AAF: (Análisis de árboles de fallas) AC (Análisis de consecuencias)							

Para la elaboración del Análisis de riesgo de proceso, se constituyó un grupo multidisciplinario, esto con la intención de definir los nodos de la totalidad de las áreas productivas y de servicios.

Los nodos identificados por el Grupo Multidisciplinario son los que se muestran en la **Tabla 19**. Adicionalmente, se definen las metodologías seleccionadas para ser aplicadas durante el desarrollo de cada una de las etapas del análisis.

Tabla 19. Aplicación de metodologías por nodo.

Nodo	Equipo / sistema o actividad	Análisis Preliminar de Peligros	Identificación de peligros y evaluación de riesgos
1	Tanque criogénico de guarda de GNL	Lista de verificación	Análisis ¿Qué pasa sí?
2	Vaporizador	Lista de verificación	Análisis ¿Qué pasa sí?
3	Estación de regulación de presión y medición de flujo	Lista de verificación	Análisis ¿Qué pasa sí?
4	Recepción de GNL	Lista de verificación	Análisis ¿Qué pasa sí?
5	Factores ambientales / Factores externos	Lista de verificación	Análisis ¿Qué pasa sí?

Para el análisis de consecuencias se utilizó como herramienta el simulador PHAST, Versión 8.4.

V. ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

V.1. Antecedentes de incidentes y accidentes de proyectos e instalaciones similares.

El análisis histórico de accidentes (AHA) es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos históricos. La ventaja de esta técnica radica en que se refiere a accidentes ya ocurridos y, aunque ello implique singularidad acerca de los sucesos, precursores o eventos intermedios que lo desencadenaron, hay una ventaja en cuanto a la veracidad y calidad de ello si el trabajo de recopilación e integración de registros cumple con estándares y buenas prácticas internacionales.

El análisis histórico de accidentes también es valioso como referente de estudios comparativos o verificaciones y validaciones sobre la modelación de estimación de consecuencias.

Por otro lado, y en relación con el presente análisis, a nivel nacional se obtuvieron los siguientes registros actualizados sobre antecedentes de accidentes en el sector económico industrial.

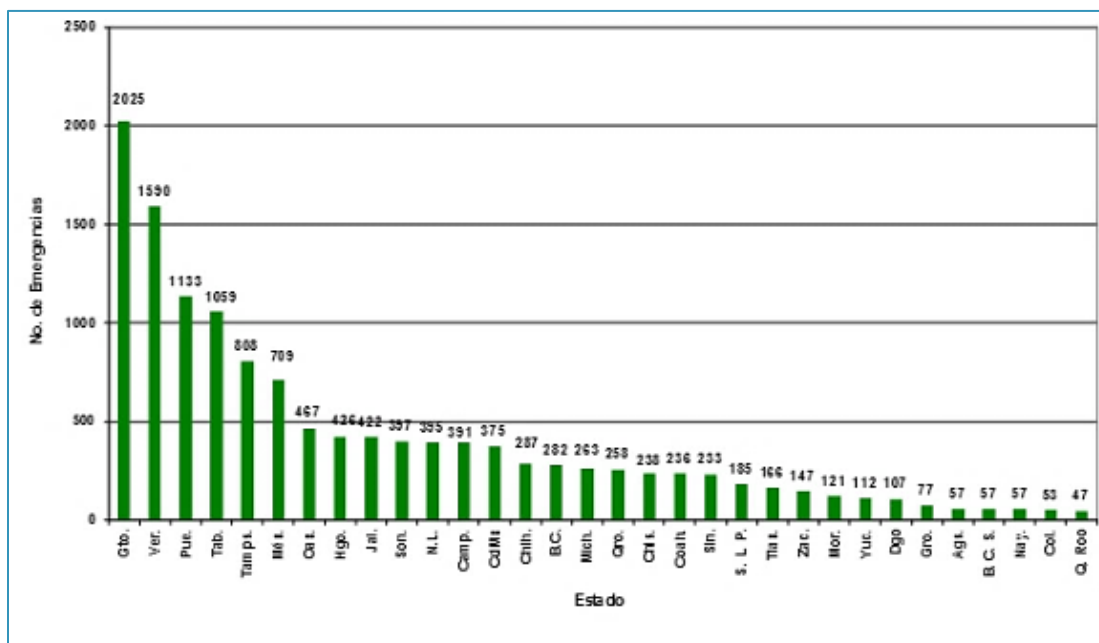
En la **Figura 30**, **Figura 31** y **Figura 32** se muestran los resultados de los análisis estadísticos de accidentes a nivel nacional en la industria química donde se manejan las siguientes sustancias.

Figura 30. Sustancias involucradas en emergencias químicas (2018).



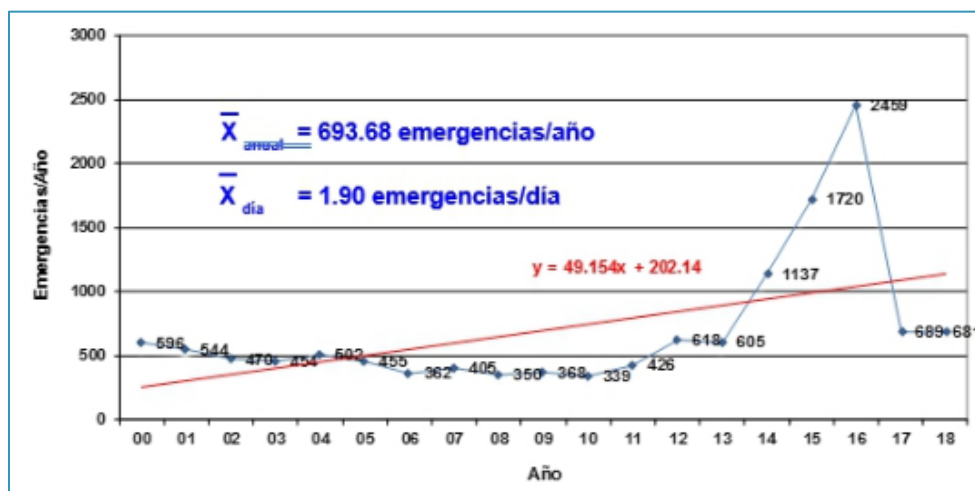
Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

Figura 31. Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (2000-2018).



Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

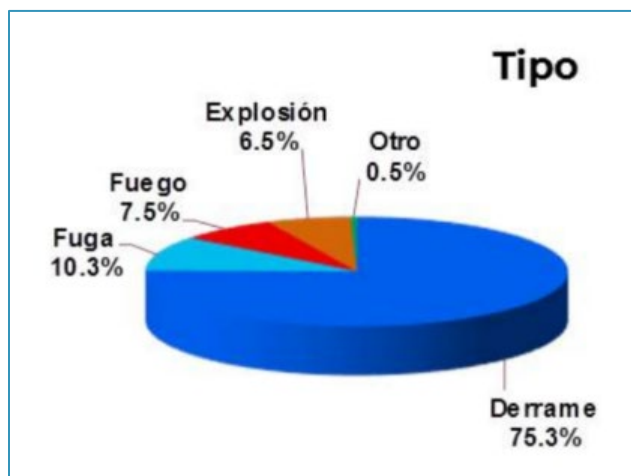
Figura 32. Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (2000-2018) Tendencias.



Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

En la **Figura 33** se presenta el gráfico de los resultados de los análisis estadísticos de accidentes a nivel nacional en la industria, en específico de los ramos de la industria química que manejan las sustancias mencionadas al inicio de este apartado.

Figura 33. Estadística de tipos de accidentes.



Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

Se obtuvo el siguiente gráfico (**Figura 34**) a partir de los resultados del análisis estadístico de los datos integrados para “tipo de evento” pero en relación con la ubicación donde se presentan los accidentes.

Figura 34. Estadística de accidentes por su origen.



Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

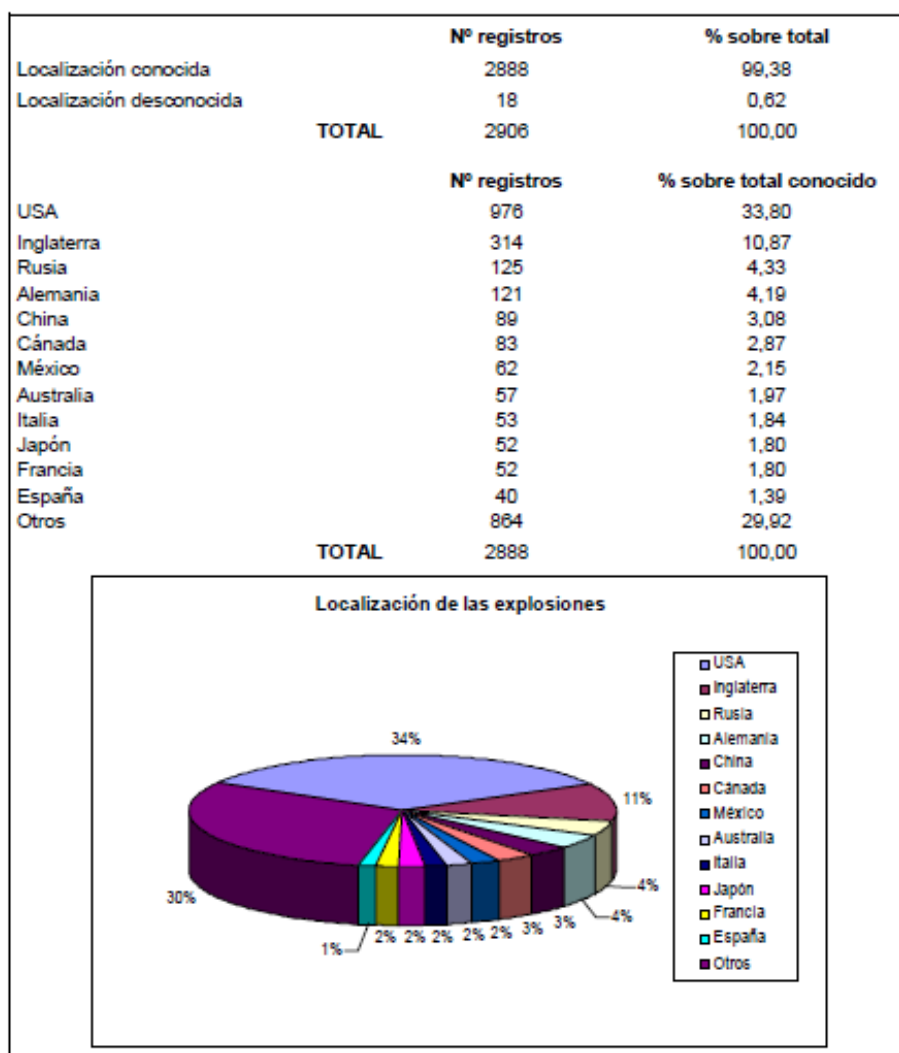
Es importante mencionar que a nivel internacional, el manejo de los datos sobre accidentes en la industria toma referentes y criterios de análisis estadístico diferentes por lo que las bases de datos que se integran, como es la Base de Datos MHIDAS (Major Hazard Incident Data Service) se desarrolla y gestiona por instancias y personal especializado como la SRD (Safety and Reliability Directorate) perteneciente al AEA Technology, en representación del Major Hazard Assessment Unit del United Kingdom Health and Safety Executive.

El sistema que en la actualidad integra más de 11000 registros de accidentes (V. octubre 2013), disponible en CD ROM y actualizada trimestralmente, ha sido creado para registrar detalles de aquellos incidentes que involucran sustancias o materiales peligrosos que han provocado o tienen el riesgo potencial de

producir un impacto grave en la sociedad. La información seleccionada en cada accidente es recuperada por ingenieros profesionales a partir del material publicado en todo el mundo sobre accidentes industriales. MHIDAS contiene registros de más de 95 países de todo el mundo. Esta base de datos se comenzó a principios de los 80's y es constantemente actualizada.

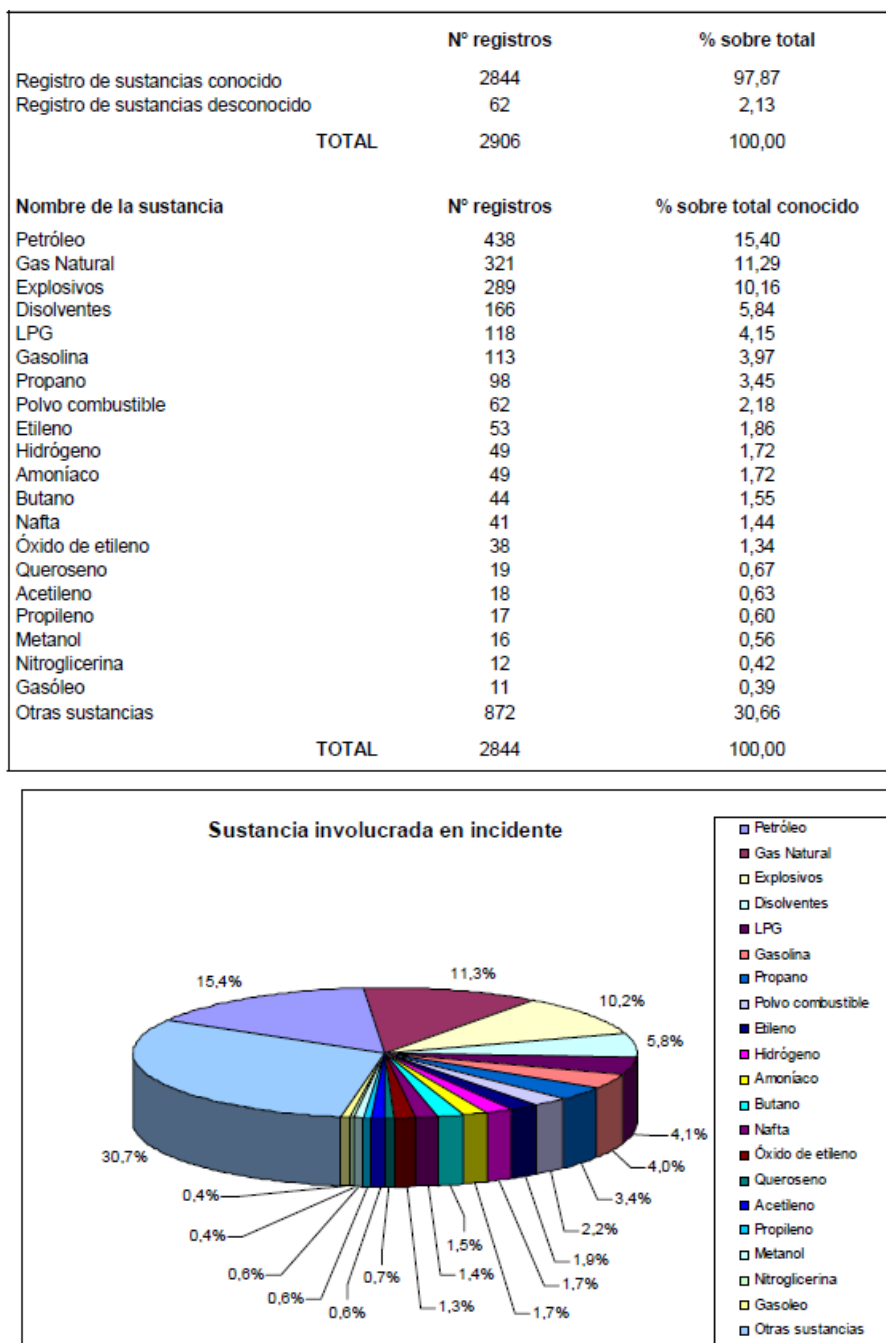
En la **Figura 35** se muestra el lugar que ocupa nuestro país en relación con los accidentes industriales con eventos de explosión, relacionados con el manejo de sustancias químicas, así como de hidrocarburos, registrados y notificados a la autoridad e integrados a las bases de datos como la base de datos MHIDAS.

Figura 35. Estadística de tipos de accidentes por país.



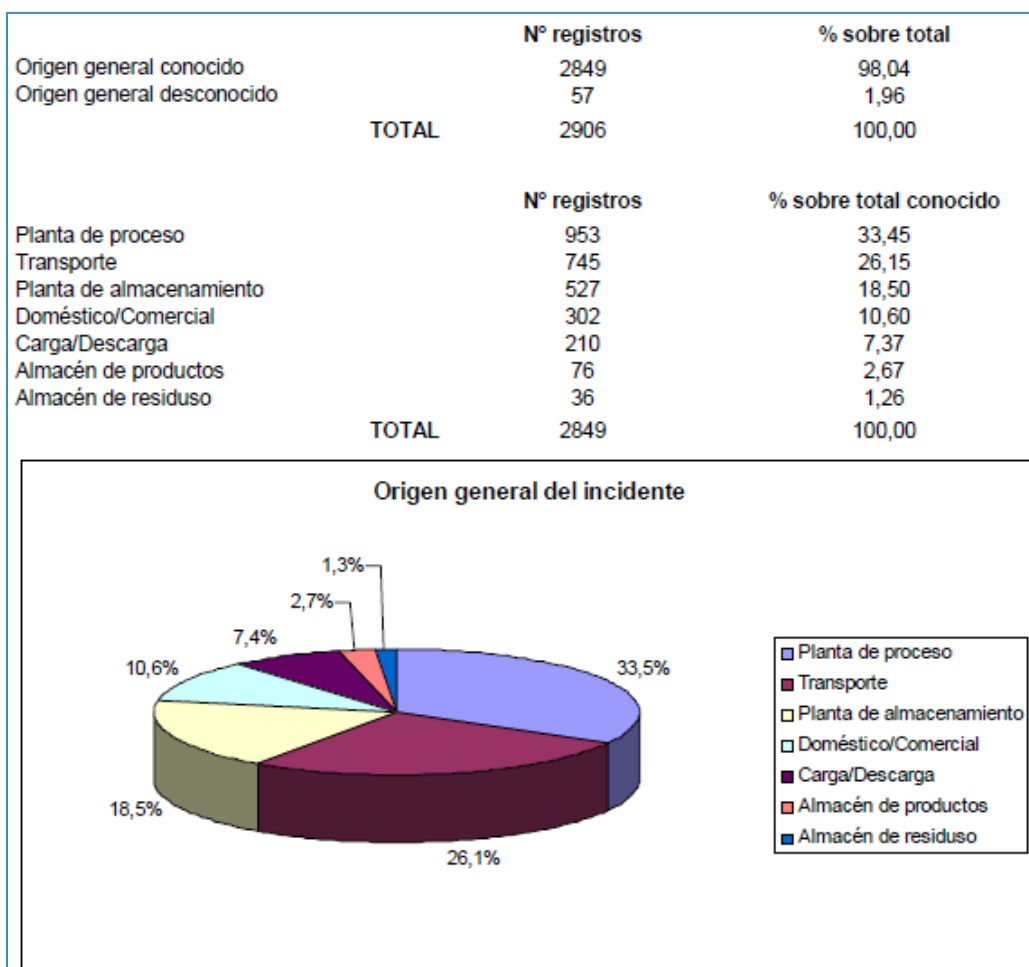
Las sustancias involucradas en accidentes de eventos explosivos, son las que se incluyen en la **Figura 36**.

Figura 36. Estadística de tipos de accidentes por sustancias involucradas.



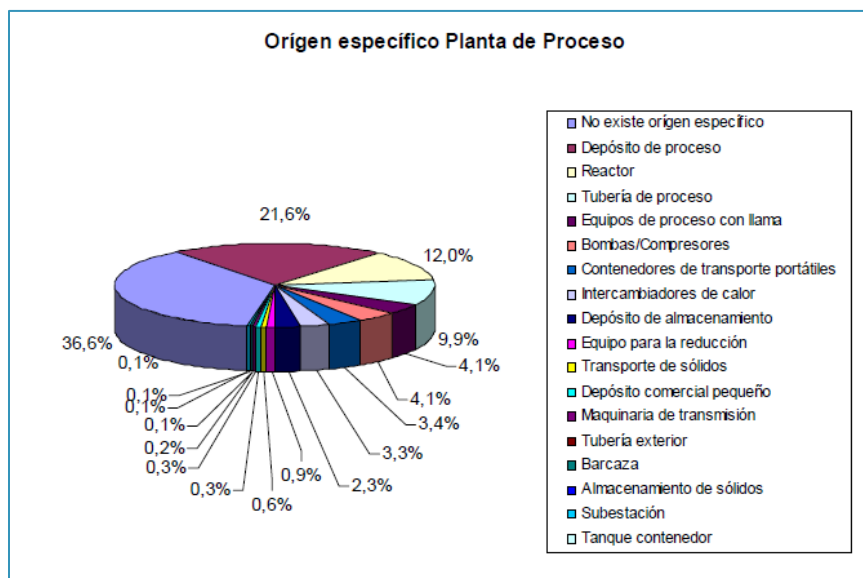
Si se considera el origen genérico de los accidentes se obtiene la **Figura 37** y se observa que los mayores porcentajes le corresponden a planta de proceso y a transporte carretero.

Figura 37. Estadística de tipos de accidentes por su origen/actividad.



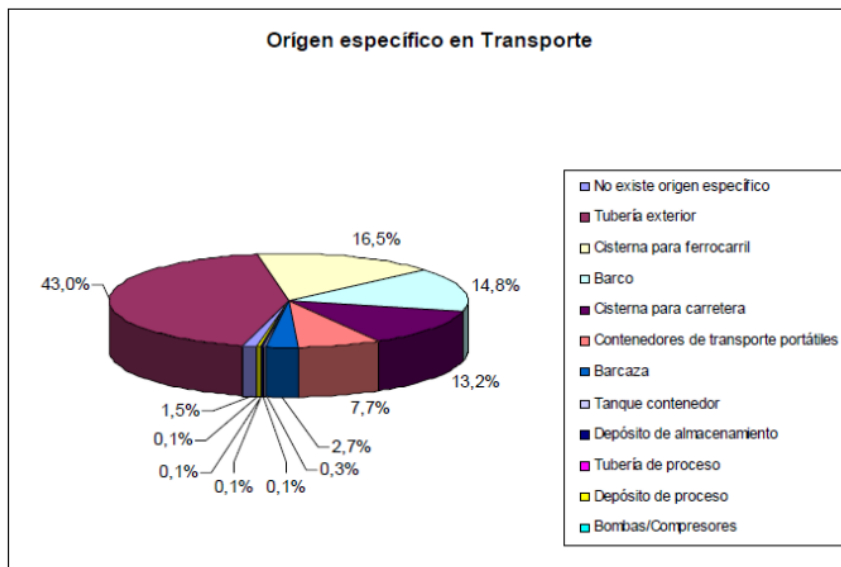
Si se considera el origen específico de los accidentes se obtiene el gráfico mostrado en la **Figura 38** donde se observa que los mayores porcentajes le corresponden a planta de proceso y a transporte carretero.

Figura 38. Estadística de tipos de accidentes por su origen en plantas de proceso.



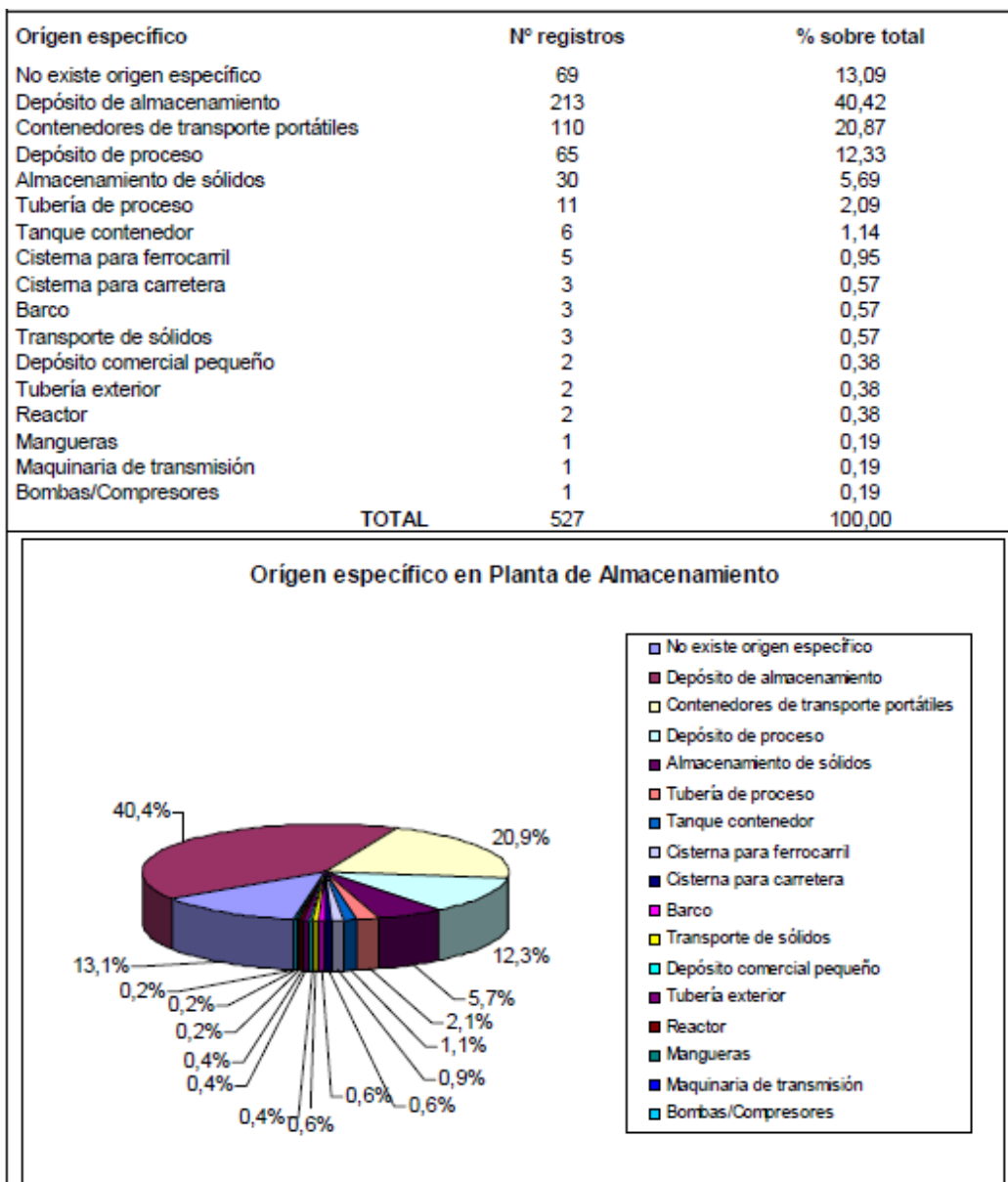
En tanto que, si se considera el transporte de sustancias como origen específico, se obtiene la siguiente gráfica (Figura 39).

Figura 39. Estadística de tipos de accidentes en transporte.



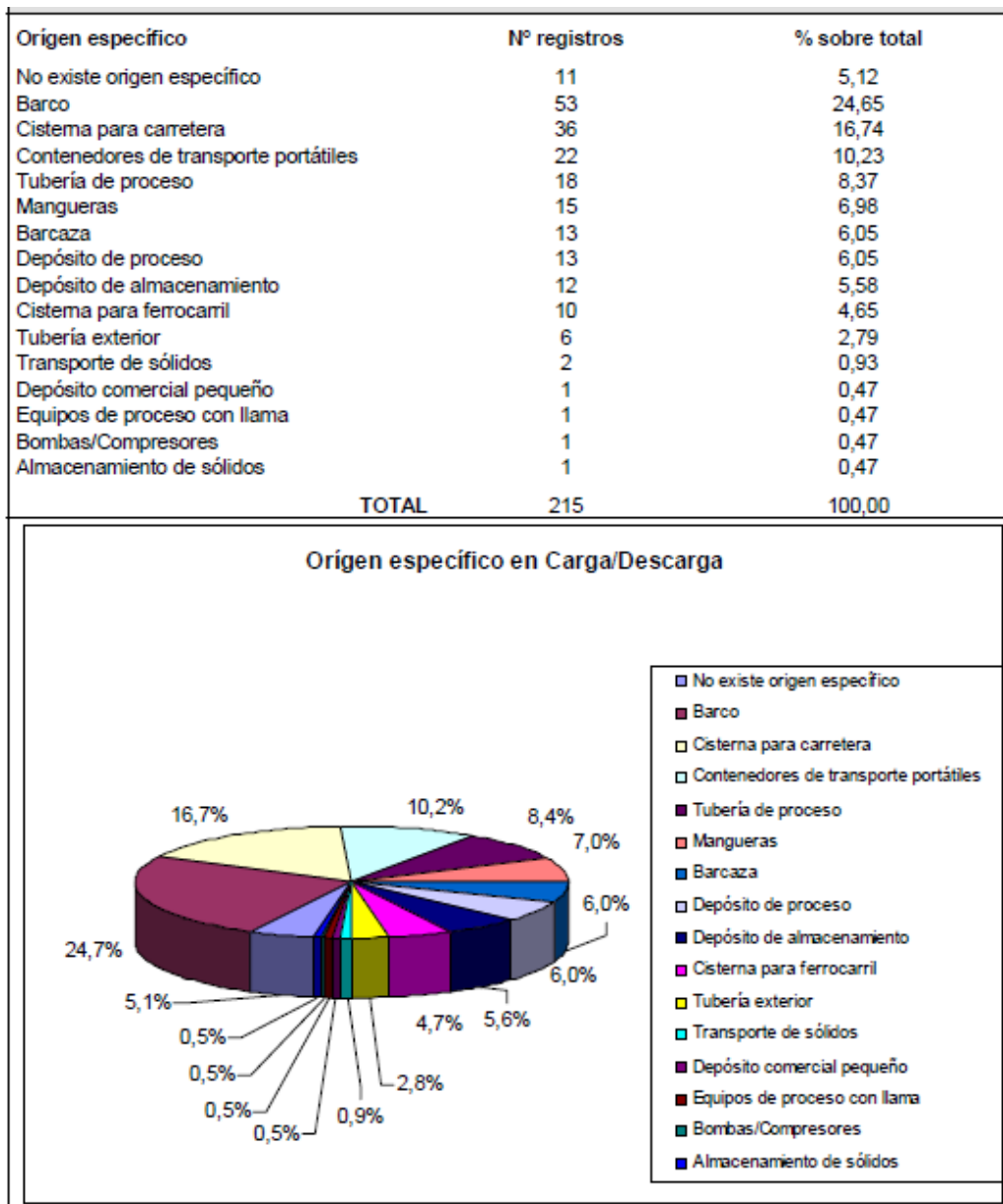
Si se considera una planta de almacenamiento como origen específico, se tiene lo siguiente (Figura 40).

Figura 40. Estadística de tipos de accidentes en plantas de almacenamiento.



Y si se considera la actividad de carga y descarga como origen específico, se tiene lo siguiente (**Figura 41**).

Figura 41. Estadística de tipos de accidentes. Carga y descarga.



Un accidente puede tener asociadas varias causas, razón por la que un registro puede estar replicado dependiendo de la causa y derivado de la falta de independencia de esta variable. En la **Figura 42** se presentan porcentajes que se obtuvieron a partir del conteo del número de registros en los que al menos aparece la causa en cuestión.

Figura 42. Causas de los accidentes.

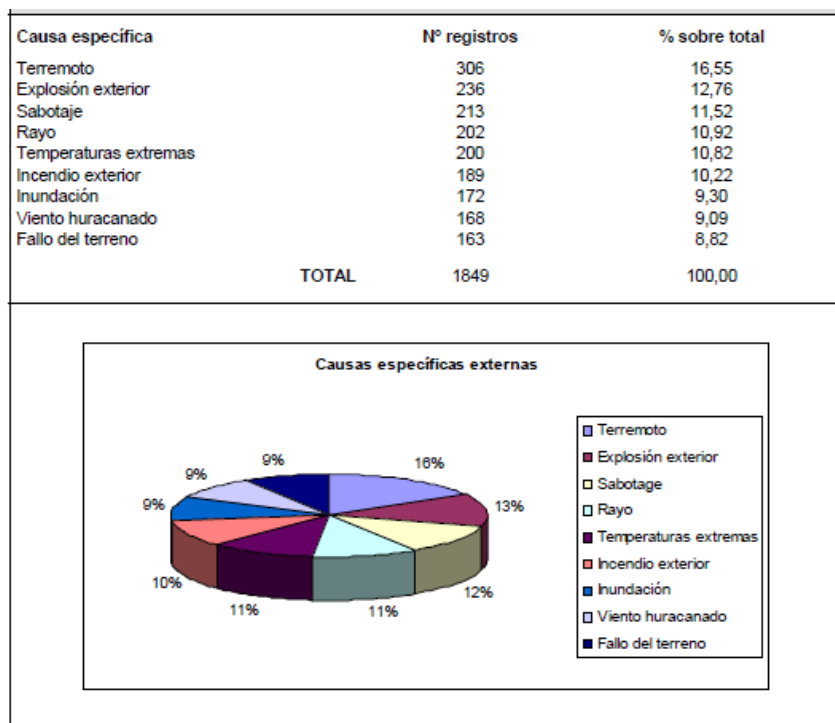
	Nº registros	% sobre total
Causas Generales conocidas	7134	83,48
Causas Generales desconocidas	1412	16,52
TOTAL	8546	100,00

	Nº registros	% sobre total conocido
Causas externas	1849	25,92
Factor humano	1794	25,15
Fallo mecánico	1731	24,26
Fallo por impacto	964	13,51
Reacción Violenta	501	7,02
Fallo de instrumentación	241	3,38
Fallo de servicios	54	0,76
Variación condiciones proceso	0	0,00
TOTAL	7134	100,00

El conocimiento sobre los mayores porcentajes de las causas generales que preceden a un accidente de evento de explosión, permite implementar medidas y programas para prevenir la incidencia de las mismas.

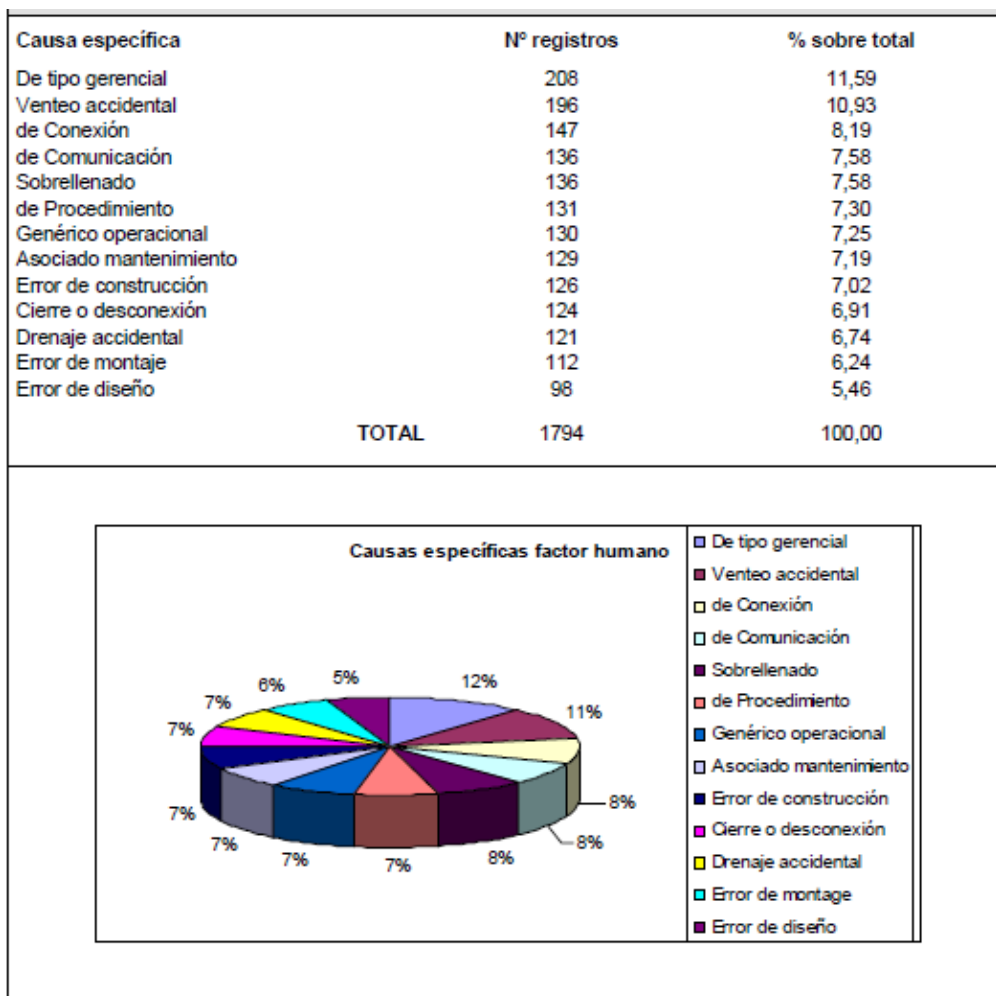
Analizando las causas específicas externas de los accidentes, estas difieren de las causas generales. Lo anterior se observa en la **Figura 43**.

Figura 43. Causas específicas externas de los accidentes.



Atendiendo a las causas específicas por factor humano, se muestra el siguiente gráfico (Figura 44).

Figura 44. Causas específicas de accidentes por factores humanos.



A continuación, se presentan algunos casos específicos de accidentes de manejo de gas natural más relevantes tomados de la base de datos de la Agencia de Seguridad Química e Investigación de Peligros de los Estados Unidos de Norteamérica (CSB, por sus siglas en inglés) ocurridos en los últimos años.

Kleen Energy en Middletown, Connecticut (2010).

Seis trabajadores perdieron la vida durante una actividad de trabajo prevista para limpiar los residuos de las tuberías de gas natural en Kleen Energy en Middletown, en el Estado de Connecticut. Para remover los residuos de la tubería, los trabajadores utilizaron gas natural a alta presión, aproximadamente a 650 psig. Durante este proceso el gas natural encontró una fuente de ignición y explotó.

Con Agra Slim Jim en Garner, Carolina del Norte (junio, 2009).

La CSB realizó la investigación de una explosión catastrófica de gas natural ocurrida en las instalaciones de la planta de Con Agra Slim Jim en Garner, en el estado de Carolina del Norte, el 9 de junio de 2009. Ese

accidente originó la pérdida de cuatro vidas humanas y causó heridas a otras 67 personas. El accidente se produjo durante la operación de purga al aire libre de una tubería de acero de abastecimiento de gas que estaba conectada a un calentador de agua. Debido a las dificultades para encender el calentador de agua, la operación de purga se continuó durante un tiempo inusualmente largo, causando finalmente la nube de gas en el interior del edificio, acumulando gas a una concentración por encima de su límite inferior de explosividad.

La nube de gas causó una explosión al ponerse en contacto con una fuente de ignición, causando daños en los edificios de la planta. La explosión también causó daño a la tubería del sistema de la planta de enfriamiento a base de amoníaco, liberando aproximadamente 18,000 libras de amoníaco anhidro al medio ambiente.

Accidentes en México por el manejo de derivados de petróleo:

- El 11 de febrero del año 2013, se provocó accidentalmente una explosión de gas natural por trabajadores de la empresa OHL, quienes golpearon un ducto de 10 in de diámetro de la empresa Gas Natural de México S.A. (Diganamex), al realizar trabajos de perforación para la construcción de un puente vehicular del Circuito Exterior Mexiquense, tercera etapa, resultando dos personas lesionadas y el desalojo de poco más de cinco mil habitantes.
- El 7 de abril del año 2013, PEMEX notificó que un incendio se produjo en el gasoducto Cinco Presidentes - Complejo Procesador de Gas La Venta de 16 in, el cual fue ocasionado una retroexcavadora de una empresa privada, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio de Huimanguillo, resultando tres personas afectadas por ese accidente, a quienes no reporta con mayores problemas tras ser atendidas por servicios médicos comunitarios.
- El día 8 de julio del año 2005, a las 10:45 PM y a la altura del km 22 de la nueva autopista Reforma-Dos Bocas, personal de una compañía particular bajo cargo del gobierno estatal realizaba reparaciones en el puente "Dren Dos" debido a que presentaba asentamientos. Se provocó la fuga de un gasoducto de 48 in de diámetro recubierto con una capa aislante de 12 cm, el cual fue golpeado por una retroexcavadora provocando una fractura y fuga que se observó cómo burbujeo. Al no poder corregirla optan por suspender actividades y el personal de la empresa contratista abandona el lugar.
- En el año 2001 se presentó una fuga en el gasoducto de 10 in de diámetro del cabezal Muspac-Batería Chiapas, la causa se relaciona con una falla de poro por corrosión exterior. Se desfogó el ducto para despresurizarlo y efectuar reparación provisional.
- En el año 2000, se presentó fuga en un gasoducto de 36 in de diámetro, A.P. Acometida Chiapas. La causa fue falla por rotura causando explosión. Se realizó operativo de cierre de pozo e instalaciones y suspensión del envío de gas.
- El 21 de septiembre de 1991, se produjo un accidente en un gasoducto de gas amargo de PEMEX, en Cunduacán, Tabasco, al estallar un ducto de 16 in de diámetro. Fallecieron 6 obreros de PEMEX. Este percance sucedió cuando los trabajadores realizaban actividades de corte en la línea que transportaba gas amargo, debido a que las líneas no fueron desfogadas antes de los trabajos de corte.
- El 15 de junio de 1992, tuvo lugar una fuga en un gasoducto de gas natural de PEMEX, en Xalostoc, debido a la ruptura de una válvula de alivio. No se reportaron daños ni víctimas.
- Diciembre de 1986, se presentó una fuga de gas natural en el gasoducto cercano al Municipio de Cárdenas. Dicho incidente provocó dos personas intoxicadas y más de 20,000 personas evacuadas. La causa no fue reportada.

Conclusiones.

Los antecedentes estadísticos y particulares mencionados con anterioridad permiten identificar de forma precisa el origen y causas que precedieron a accidentes que sucedieron en instalaciones industriales similares a las descritas en este estudio, al nivel de factor humano y actividades asociadas con el manejo de gas natural licuado GNL, aunque se destaca que no se encontró ningún antecedente directamente relacionado con el manejo de GNL. Esta identificación preliminar de riesgo muestra consistencia con los resultados de la identificación de riesgos aplicando metodología cualitativa específica, en este caso, la metodología ¿Qué pasa si?

Es importante indicar que, en el caso de Énestas, hasta el momento, no se han presentado accidentes en ninguna de sus instalaciones.

V.2. Identificación de peligros

V.2.1. Aplicación de Listas de Verificación

Un análisis con Lista de verificación usa una lista de puntos de un procedimiento para verificar el estado de un sistema. Las listas de verificación varían ampliamente su nivel de detalle y son frecuentemente usadas para indicar el cumplimiento con estándares y políticas. El Análisis Lista de verificación es fácil de usar y puede ser aplicado a cualquier etapa del tiempo de vida de un proceso. Las listas de verificación pueden ser usadas para familiarizar al personal inexperto con el proceso por comparación de los atributos del proceso con varios requerimientos de la lista de verificación. Las listas de verificación además proveen una base común para la revisión por parte de la dirección de las evaluaciones del analista de un proceso u operación.

Una lista de verificación detallada provee las bases para una evaluación estándar de los peligros de un proceso. Puede ser tan extenso como necesario para satisfacer una situación específica, pero debe ser aplicada rigurosamente para identificar problemas que requieren mayor atención. Las listas de verificación de peligros genéricas son frecuentemente combinadas con otras metodologías de evaluación de riesgos para evaluar situaciones peligrosas. Las listas de verificación están limitadas por la experiencia del autor; por lo tanto, estas deben ser desarrolladas por autores que tengan amplia experiencia con el sistema que se está analizando. Frecuentemente, las listas de verificación son creadas por simple organización de la información a partir de códigos, estándares y regulaciones. Las listas de verificación deben ser vistas como documentos de vida y deben ser auditadas y actualizadas regularmente.

En el Análisis Lista de verificación el analista utiliza una lista de puntos específicos para identificar los peligros, designar deficiencias y accidentes potenciales asociados con equipo de proceso y operaciones. La metodología de Análisis Lista de verificación puede ser usada para evaluar materiales, equipo o procedimientos.

Para ser más útiles, las listas de verificación deben ser específicamente confeccionadas para cada instalación evaluada.

Las listas de verificación utilizadas para el Análisis de Riesgo de Énestas, incluyen los siguientes aspectos:

- Tanque criogénico.
- Vaporizador.
- Estación de regulación (manifold).
- Válvulas check.

- Válvulas PSV.
- Tuberías.
- Sistemas de desfogue.
- Sistemas de atención de emergencias.
- Sistemas de detección y alarmas.
- Instalaciones eléctricas y red de tierras.
- Permisos, leyes y autorizaciones.

Una vez que el alcance del análisis ha sido definido, un Análisis Lista de verificación consiste principalmente de tres pasos:

1. Seleccionar o desarrollar una lista de verificación apropiada,
2. Ejecutar la revisión, y
3. Documentar los resultados.

Las listas de verificación fueron aplicadas por el grupo multidisciplinario previamente a la realización de las sesiones ¿Qué pasa si? Los resultados del Análisis Preliminar de Peligros se utilizaron como punto de partida para la fase de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos los datos correspondientes y los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo 3**.

VI. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS

VI.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos.

Conformación del grupo multidisciplinario

El grupo multidisciplinario se conformó de la manera siguiente:

- Líder del análisis de riesgo.
- Auxiliares del análisis de riesgo.
- Personal de la Dirección de Operaciones.
- Personal de la Dirección de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad.

El grupo multidisciplinario constituido para el análisis de riesgo efectuado es el que se muestra en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Integrantes del grupo multidisciplinario de análisis de riesgos.

Nombre	Puesto	Organización
José Manuel Jardines Alarcón	Gerente de Operaciones Ductos. Dirección de Operaciones.	Énestas
Ramón Rafael Serrano Cortés	Gerente de Operaciones. Dir. Operaciones.	
José Blancas Carrillo	Director SSMAC*	
Gloria López Hernández	Gerente SSMAC	
Isaí Cárdenas Velázquez	Analista SSMAC	
Hugo Eduardo Romero Hernández	Ingeniero de Calidad	
Yazmin López Bustos	Gerente Ambiental	
Florencia Moreno	Gerente Comercial	
Mauricio Iván Magaña Lino	Ing. Criogénico. Dir. de Operaciones	
Armando Ayala Ochoa	Líder análisis de riesgo	Prestador de Servicios
Patricia Cortés León	Auxiliar análisis de riesgo	
Martín Orlando Miranda Herrera	Auxiliar análisis de riesgo	

*SSMAC: Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad.

Análisis ¿Qué pasa sí?

La metodología aplicada para la identificación de riesgos fue el Análisis ¿Qué pasa si? Esta metodología tiene el enfoque de una lluvia de ideas en la cual el grupo multidisciplinario familiarizado con el proceso formula preguntas o manifiesta preocupaciones acerca de posibles eventos indeseados. Este análisis no es un proceso estructurado como algunas otras metodologías. En su lugar, este requiere que el analista adapte el concepto básico a la aplicación específica.

El concepto del Análisis ¿Qué pasa si? anima al grupo de evaluación de riesgos a pensar en preguntas que empiecen con “¿Qué pasa si ...?”

Generalmente, se registran todas las preguntas y luego éstas se dividen dentro de áreas específicas de investigación (generalmente relacionadas con las consecuencias de interés), como la seguridad eléctrica, protección contra incendios o seguridad del personal. Cada área es subsecuentemente direccionada a un equipo de una o más personas expertas. Las preguntas se formulan en base a la experiencia y aplicando los diagramas y descripciones de procesos existentes. Para una planta en operación, la investigación incluye entrevistas con el personal de la planta no representado en el grupo multidisciplinario de evaluación

de riesgos. Puede no haber un patrón específico u orden para las preguntas, a menos que el líder suministre un patrón lógico como una división del proceso dentro de sistemas funcionales. Las preguntas pueden direccionarse a cualquier condición no normal relacionada con la planta, no solo componentes de falla o variaciones de proceso.

El propósito del Análisis ¿Qué pasa si? es identificar peligros, situaciones peligrosas o eventos de accidentes específicos que pueden producir una consecuencia indeseable. Un grupo multidisciplinario y experimentado identifica las posibles situaciones de accidente, sus consecuencias y las medidas de seguridad existentes, entonces se sugieren alternativas de reducción de riesgos. El método puede involucrar la revisión de posibles desviaciones del diseño, construcción, modificación o de operaciones. Esto requiere un entendimiento básico de la intención del proceso, junto con la habilidad de combinar mentalmente las posibles desviaciones del diseño que podrían resultar en un accidente. Este es un procedimiento poderoso si el personal es experimentado; de otra manera, los resultados serán probablemente incompletos.

Después de que se ha definido el alcance del estudio el análisis ¿Qué pasa si? consiste en los siguientes pasos:

1. Preparación para la revisión,
2. Ejecución de la revisión, y
3. Documentación de los resultados.

Preparación de la revisión

La información necesaria para el Análisis ¿Qué pasa si? incluye la descripción del proceso, diagramas de tubería e instrumentación, dibujos y procedimientos de operación. Es importante que toda la información esté disponible para el grupo multidisciplinario de análisis de riesgos, preferiblemente antes de las reuniones del grupo.

Si una planta existente es revisada, el equipo revisor puede entrevistar adicionalmente a personal responsable de las operaciones, mantenimiento, instalaciones u otros servicios. Además, si el grupo está llevando a cabo la reunión ¿Qué pasa si? del análisis en sitio, ellos pueden visitar la planta para obtener una mejor idea de las instalaciones, construcción y operación.

La última parte es la preparación de algunas preguntas preliminares para el Análisis ¿Qué pasa si? para las juntas de análisis. El pensamiento de causa y efecto usado en otros tipos de estudios pueden ayudar a formular las preguntas.

En esta etapa se ejecutaron las siguientes actividades:

- Revisión de los procedimientos operativos con los que cuenta Enestas
- Entrevista al personal responsable de la operación de las instalaciones.
- Inspección de las maniobras realizadas para el transporte de GNL.
- Planteamiento de las preguntas aplicadas en las sesiones con el equipo multidisciplinario

Ejecución de la revisión

Las reuniones de revisión deben empezar con una explicación básica del proceso dado por el personal de la instalación quienes tienen todo el conocimiento de la misma y de sus procesos. La presentación debe

también describir las medidas de seguridad de la instalación, equipo de seguridad, y procedimientos de control de salud.

El proceso es revisado por los miembros del grupo quienes comentan las principales preocupaciones de seguridad. Sin embargo, el equipo puede no limitarse para preparar preguntas ¿Qué pasa si? En lugar de eso, ellos deben usar su experiencia combinada con la interacción de equipo para articular cualquier tema que ellos creen necesario para asegurar que la investigación es rigurosa.

Hay dos maneras de que las reuniones pueden ser llevadas a cabo. Una de ellas a veces preferida es primero listar los temas de seguridad y preguntas, entonces empezar a considerarlas. Otra manera es considerar cada pregunta y tema al mismo tiempo, con el equipo determinando lo significativo de cada situación. Ambas maneras pueden funcionar, pero es preferible listar las preguntas antes de responderlas para prevenir interrupciones al momento creativo del grupo. Si el proceso es complejo o largo, puede ser dividido en pequeños segmentos así el equipo no gasta varios días consecutivos solo en listar las preguntas. A veces, el equipo pensará en preguntas adicionales como resultado de sus consideraciones iniciales.

Inicialmente, el líder del equipo debe delinear el alcance propuesto del estudio y el equipo debe de estar de acuerdo con él. El equipo generalmente procede desde el principio del proceso hasta el final del mismo, aunque el líder en evaluación de riesgos puede ordenar el análisis en cualquier orden lógico que se ajuste a las necesidades. Entonces las respuestas del equipo se direccionan a un tema o se indica que se requiere mayor información e identifica el peligro, consecuencias potenciales, medidas de seguridad, y posibles soluciones. En el proceso, se añaden nuevas preguntas ¿Qué pasa si? Se vuelven aparentes durante el análisis. Algunas veces las respuestas propuestas son desarrolladas por individuos fuera de la reunión inicial y se realizan modificaciones.

Las sesiones de trabajo para la ejecución del análisis ¿Qué pasa si? fueron realizadas por el grupo multidisciplinario descrito anteriormente.

El grupo multidisciplinario aplicó los siguientes criterios:

- Se descartaron las causas de los escenarios de accidentes potenciales evaluados.
- Se evaluaron las mismas condiciones, en diferentes escenarios, considerando la etapa de proyecto

Documentación de resultados

Las tablas ¿Qué pasa si? o las preguntas en estilo narrativo y las respuestas generadas por el análisis son los productos normales del análisis. Estos resultados deben ser revisados con los directivos para asegurar que los hallazgos se transmiten a aquellos que son los responsables finales de cualquier acción llevada a cabo. A veces el equipo puede proveer a los directivos explicaciones más detalladas de las recomendaciones del análisis.

Los nodos que fueron evaluados mediante el análisis ¿Qué pasa si?, son los que se muestran a continuación en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Nodos analizados con la metodología ¿Qué pasa sí?

Nodo	Descripción	Intención de diseño
1	Tanques criogénicos de guarda de GNL	Resguardar GNL desde la descarga hasta los vaporizadores.
2	Vaporizadores	Cambio de fase del GNL a GN en estado gaseoso por aumento de temperatura.
3	Estación de regulación de presión (Manifold) y medición	Disminuir la presión del gas natural en fase gas para cumplir con las especificaciones de los clientes.
4	Recepción de GNL	Recibir por autotank GNL para resguardarlo en los tanques de guarda.
5	Factores ambientales / factores externos	-----

Los escenarios de accidentes potenciales que se identificaron se encuentran en el **Anexo 4**.

Jerarquización de escenarios de riesgo.

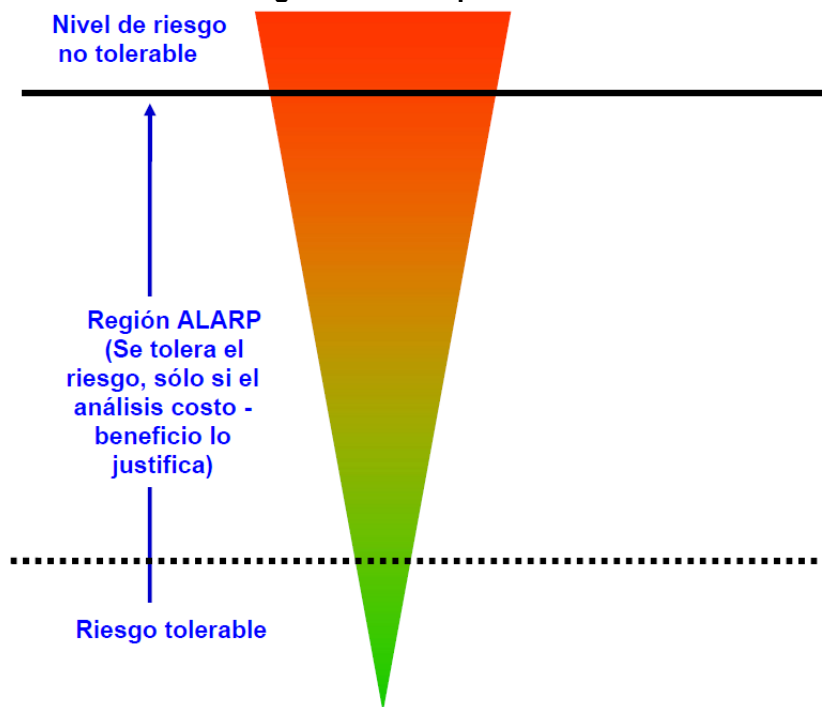
La caracterización y jerarquización de riesgos se basa en el principio ALARP. Las siglas ALARP significan: Tan Bajo Como Sea Razonablemente Práctico, del Inglés As Low As Reasonably Practicable. El concepto ALARP fue desarrollado en el Reino Unido. La legislación de ese país estableció el término ALARP por medio del Health and Safety at Work etc. Act 1974, el cual requiere que se mantengan las instalaciones y sus sistemas “seguros y sin riesgo a la salud” hasta donde fuera razonablemente práctico.

Esta última frase se interpreta como una obligación de los propietarios de las instalaciones para reducir el riesgo a un nivel tan bajo como sea razonablemente práctico.

Existen riesgos que son tolerables y otros riesgos no tolerables. El principio ALARP se encuentra precisamente entre los riesgos que se toleran y los que no. Esta idea se explica con un diagrama que ilustra el principio. En la **Figura 45** se explica que para que un riesgo se considere dentro de la región ALARP, debe demostrarse que el costo relacionado con la reducción del riesgo (su frecuencia y/o consecuencias) es desproporcionado con respecto al beneficio que se obtiene.

El principio ALARP surge del hecho de que emplear una gran cantidad de tiempo, dinero y esfuerzo en tratar de reducir los niveles de riesgo a un valor de cero, en la práctica no es costable ni posible. Adicionalmente, este principio, no debe entenderse como simplemente una medida cuantitativa de los beneficios contra los daños. Se debe entender como una buena práctica de juicio del balance entre riesgo y el beneficio a la sociedad y al negocio.

Figura 45. Principio ALARP.



Una escala de valores de riesgo se diseña para contar con una medida de comparación entre diversos riesgos. Aunque un sistema de este tipo puede ser relativamente simple, la escala debe representar valores que tengan un significado para la organización y que puedan apoyar la toma de decisiones.

Esa escala debe de cumplir con las siguientes características:

- Ser simple de entender y fácil de usar,
- Incluir todo el espectro de frecuencia de ocurrencia de escenarios de riesgo potenciales,
- Describir detalladamente las consecuencias en cada categoría (personal, población, medio ambiente, negocio, bienes de terceros y bienes de la nación),
- Definir claramente los niveles de riesgo tolerable, ALARP y no tolerable.

Las matrices de riesgos normalmente se emplean para calificar inicialmente el nivel de riesgo y podría ser la primera etapa dentro de un análisis cuantitativo de éstos. Esa matriz aplica única y exclusivamente para la organización que la desarrolla.

Las matrices de riesgos son gráficas en dos dimensiones en cuyos ejes se presenta la categoría de frecuencia de ocurrencia y la categoría de severidad de las consecuencias sobre el personal, la población, el medio ambiente, el negocio, bienes de terceros y bienes de la nación. Esas matrices están divididas en regiones que representan los riesgos tolerables, en región ALARP y los no tolerables.

Por un lado, las ventajas en el uso de las matrices de riesgos son, entre otras, las siguientes:

- Son simples de entender y fáciles de aplicar.
- Bajo costo de aplicación.

Por otro lado, algunas de las desventajas que se tienen al utilizar las matrices de riesgo son las siguientes:

- La evaluación de la frecuencia de ocurrencia es subjetiva, de “Muy Frecuente” a Extremadamente raro.”
- Las categorías de frecuencias y de consecuencias son cualitativas y generan un alto grado de incertidumbre

Para la evaluación y jerarquización de riesgos durante el presente estudio se emplearon las matrices de riesgos propias de Enestas, misma que está contenida en su procedimiento **Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos** código: PR-SAI-SEG-01. El documento especifica lo siguiente:

Una vez identificados los peligros de seguridad y salud, se debe analizar el riesgo y describir la consecuencia asociada a cada una de las actividades, registrando en la columna correspondiente de la FO-SAI-SEG-01 Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.

La evaluación de riesgos de seguridad industrial se debe desarrollar en términos de la determinación de la magnitud del riesgo, cuyo alcance contempla la combinación de la frecuencia y la consecuencia de acuerdo con los siguientes criterios:

$$NR = F \times C$$

Donde:

F = Frecuencia

C = Consecuencia

NR = Nivel de riesgo

Para realizar el análisis de probabilidad se debe considerar la frecuencia con la que pueden ocurrir los eventos indeseables, con base en las condiciones de seguridad de las instalaciones y procesos, en la información histórica de accidentabilidad, así como en la experiencia, conocimientos y cultura del personal. A continuación, en la **Tabla 22** se presentan los criterios para analizar la frecuencia.

Tabla 22. Criterios para analizar la frecuencia.

Categoría	Descripción
Alta	El evento se ha presentado y tiene un alto potencial de recurrencia. Más de 1 por año.
Media	Existe probabilidad de que ocurra en el periodo de 1 a 5 años.
Baja	Se ha presentado en algún proceso similar y hay probabilidad de que ocurra durante el ciclo de vida de la instalación. Desde 5 años hasta 10 años.
Remota	Prácticamente no es posible que ocurra. Desde 10 años en adelante.

La consecuencia es un suceso o acontecimiento que deviene o que resulta de un riesgo, es el efecto de un evento, de una acción o de una circunstancia. Los criterios para analizar la consecuencia se presentan en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Criterios para analizar la consecuencia.

Categoría	Descripción
Catastrófica	Pérdida de vidas (1 fatalidad) o incapacidad medica permanente u hospitalización mayor a 5 personas, paro de producción equivalente mayor a \$15,000,000 USD
Grave	Incapacidad médica temporal mayor a 365 días, paro de producción equivalente entre \$5,000,000 USD y \$15,000,000 USD
Moderada	Genera incapacidad medica temporal del personal menor a 365 días, paro de producción equivalente 250,000 a \$5,000,000 USD
Menor	No genera incapacidad médica del personal, no afecta a la producción.

La matriz de frecuencia y consecuencia es la herramienta para determinar el nivel de riesgo asociado a cada actividad, permitiendo jerarquizar y tomar decisiones respecto al control que se debe dar a los riesgos analizados, con el propósito de llevarlos a un nivel tolerable, previniendo y/o mitigando sus posibles consecuencias.

Como se puede ver en la siguiente ilustración, la matriz se compone de dos ejes: un eje vertical en donde se establece la frecuencia (Remota – Baja – Media y – Alta) y un eje horizontal en donde se establece las consecuencias del riesgo (Menor – Moderada – Grave y Catastrófica) sobre los objetivos del proyecto. Al realizar el cruce de ambos ejes (frecuencia vs consecuencia) de la matriz da como resultado la criticidad o el nivel de riesgo (Tipo D que va del 1-3, Tipo C que va del 4-6, Tipo B que va del 8-9 y Tipo A que va del 12-16).

La matriz de nivel de riesgo utilizada se muestra en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Matriz de nivel de riesgo.

Frecuencia	Consecuencia			
	Menor	Moderada	Grave	Catastrófica
Alta	4	8	12	16
Media	3	6	9	12
Baja	2	4	6	8
Remota	1	2	3	4
Tipo D 1-3	Tipo C 4-6	Tipo B 8-9	Tipo A 12-16	
Riesgo tolerable, no requiere acciones adicionales	Riesgo tolerable con controles	Riesgo no tolerable, requiere acciones inmediatas	Riesgo inaceptable, no puede continuar con las actividades	

La interpretación de estos valores de riesgo se presenta en el último renglón de la figura y corresponden relativamente con el principio ALARP:

Región de Riesgo Inaceptable “A” (Riesgo inaceptable) (Región roja). Estos riesgos representan situaciones de emergencia y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos. No debe continuarse con las actividades en esas condiciones. Las acciones deben reducirlos a una región de Riesgo ALARP y en el mejor de los casos, hasta Riesgo tolerable.

Región de Riesgo no tolerable “B” (Región naranja). Los riesgos de este tipo deben provocar acciones inmediatas para implantar las recomendaciones generadas en el análisis de riesgos. El costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Las acciones deben reducir estos riesgos hasta una región de Riesgo ALARP y en el mejor de los casos, hasta Riesgo tolerable.

Región de riesgo tolerable “C” (equiparable a ALARP As Low Reasonably Practicable – Tan bajo como sea razonablemente práctico) (Región amarilla). Los riesgos que se ubiquen en esta región deben estudiarse a detalle mediante análisis de tipo costo-beneficio para que pueda tomarse una decisión en cuanto a que se tolere el riesgo o se implementen recomendaciones que permitan reducirlos a la región de Riesgo tolerable.

Región de Riesgo Tolerable “D” (Región verde). El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

La aplicación de la matriz de nivel de riesgo a los escenarios de accidentes potenciales evaluados arrojó los resultados mostrados en la **Tabla 25**.

Tabla 25. Jerarquización de escenarios de accidentes potenciales.

NODO 1: Tanques criogénicos de guarda de GNL			Fecha: 24 mayo del 2021		
Intención de diseño: Resguardar GNL desde la descarga hasta los vaporizadores.			Realizaron: Ing(s) Armando A. Ayala Ochoa/Martín Orlando Miranda Herrera		
EAP	¿Qué pasa sí?	Consecuencias	C	F	R
1	Aumenta la presión en el tanque de guarda	- Ruptura inicial de contenedor primario y posteriormente del contenedor secundario. - Liberación del contenido del tanque. - Formación de nube inflamable-explosiva. - Explosión/incendio en caso de alcanzar una fuente de ignición. - Emisiones extraordinarias de metano a la atmósfera. - Daño a las instalaciones. - Paro de suministro al cliente. - Afectación de las operaciones del cliente. - Daño al personal del cliente y/o sus contratistas. - Afectación a instalaciones del cliente.	4	1	4
2	Disminuye la presión en el tanque de guarda	- No hay consecuencias de riesgo. - Interrupción de suministro al cliente. - No hay posibilidad de implosión.	1	1	1
3	Sin flujo de descarga al tanque de guarda	- Desacoplamiento de tubería flexible MF-1-02 o de tubería flexible de descarga del tanque de recarga - Fuga de GNL - Formación de nube inflamable/explosiva - Explosión/Incendio en caso de alcanzar fuente de ignición - Daños al personal - Daños a las instalaciones - Daños al medio ambiente - Paro de operación de llenado	4	1	4

EAP	¿Qué pasa sí?	Consecuencias	C	F	R
4	Aumenta la temperatura en el tanque de guarda.	- Aumento de presión en el interior del tanque - Consecuencias iguales a EAP No. 1.1	4	1	4
5	Disminuye la temperatura en el tanque de guarda.	No existe la posibilidad.	1	1	1
6	Hay presencia de humedad en el tanque de almacenamiento	- Cualquier sustancia con punto de solidificación superior al punto de licuefacción de gas provocaría formación de sólidos que podrían taponar las válvulas provocando bloqueo/daño mecánico y consecuente rotura de tubería con el consecuente riesgo de liberación de la totalidad del GNL contenido del tanque. - Eventos de riesgo igual a EAP No. 1.1	4	1	4
7	Bloqueo de válvula aguas arriba del tanque	- No llega GLN al tanque. - No hay consecuencias de riesgo. - Interrupción de suministro al cliente.	1	1	1
8	Bloqueo de válvula aguas abajo del tanque	- Sobrepresión en el tramo de tubería entre la válvula check del tanque y la válvula bloqueada. - No hay consecuencias de riesgo. - Interrupción de suministro al cliente.	1	1	1
9	Se presenta un incendio aledaño al tanque de guarda	- Aumento de presión del tanque y accionamiento de válvulas de alivio. El gas venteado podría entrar en contacto con el fuego en el exterior incendiándose o formar una nube explosiva. Eventual ruptura del tanque y/o sus accesorios. - Eventos de riesgo igual a EAP No. 1.1	2	2	4
10	Presencia de agua o impurezas en el tanque de guarda	- Bloqueo de líneas o válvulas - Posibles fuga por instrumentos - Taponamiento de válvulas y bloqueo - Liberación de gas natural - Formación de nube inflamable/explosiva - Explosión/Incendio en caso de alcanzar fuente de ignición - Daños al personal Daños a las instalaciones - Daños al medio ambiente - Paro de operación de llenado	2	2	4

Tabla 25. Jerarquización de escenarios de accidentes potenciales. (Continúa)

NODO 2: Vaporizador		Fecha: 24 mayo 2021			
Intención de diseño: Cambio de fase del GNL a GN en estado gaseoso por aumento de temperatura.		Realizaron: Ing(s) Armando A. Ayala Ochoa/Martín Orlando Miranda Herrera			
EAP	¿Qué pasa si?	Consecuencias	C	F	R
1	Aumenta la presión en el vaporizador	- Ruptura del serpentín. - Liberación del contenido del vaporizador. - Formación de nube inflamable-explosiva. - Explosión/incendio en caso de alcanzar una fuente de ignición. - Emisiones extraordinarias de metano a la atmósfera. - Daño a las instalaciones. - Paro de suministro al cliente. - Afectación de las operaciones del cliente. - Daño al personal del cliente y/o sus contratistas. - Afectación a instalaciones del cliente.	2	1	2
2	Disminuye la presión en el vaporizador	- No hay consecuencias de riesgo. - Interrupción de suministro al cliente. - No hay posibilidad de implosión.	1	1	1
3	Desacoplamiento de tubería flexible aguas arriba (MF-2/01) y aguas abajo (MF-1/01) de vaporizador	- No llega GN al manifold - Fuga por desacoplamiento de tubería flexible - Formación de nube inflamable-explosiva. - Explosión/incendio en caso de alcanzar una fuente de ignición. - Emisiones extraordinarias de metano a la atmósfera. - Daño a las instalaciones. - Paro de suministro al cliente. - Afectación de las operaciones del cliente. - Daño al personal del cliente y/o sus contratistas. - Afectación a instalaciones del cliente.	2	2	4
4	Aumenta la temperatura en el vaporizador	No existe la posibilidad.	1	1	1
5	Disminuye la temperatura en el vaporizador	No existe la posibilidad.	1	1	1
6	Hay presencia de humedad en el vaporizador	- Cualquier sustancia con punto de solidificación superior al punto de licuefacción de gas provocaría formación de sólidos que taponarían las válvulas/líneas provocando bloqueo/ daño mecánico y consecuente rotura de tubería liberándose la totalidad del GNL/gas natural contenido del vaporizador. - Eventos de riesgo igual a EAP No. 2.1.	2	1	2
7	Bloqueo de válvula aguas arriba del vaporizador	- No llega GLN al vaporizador. - No hay consecuencias de riesgo. - Interrupción de suministro al cliente.	1	1	1

EAP	¿Qué pasa sí?	Consecuencias	C	F	R
8	Bloqueo de válvula aguas abajo del vaporizador	- Sobrepresión en el tramo de tubería entre la válvula check después tanque y la válvula bloqueada. - No hay consecuencias de riesgo. - Interrupción de suministro al cliente.	1	1	1
9	Se presenta un incendio aledaño al vaporizador	- Aumento de presión del vaporizador y eventual ruptura del vaporizador y/o sus accesorios. - Eventos de riesgo igual a EAP No.2. 1.	2	2	4
10	Se presenta saturación en el vaporizador	- Daño mecánico al regulador de la estación. - Daño mecánico a la línea de acero inoxidable.	2	1	2

Tabla 25. Jerarquización de escenarios de accidentes potenciales. (Continúa)

NODO 3: Estación de regulación de presión (Manifold)			Fecha: 24 de mayo de 2021		
Intención de diseño: Disminuir la presión del gas natural en fase gas para cumplir con las especificaciones del cliente.			Realizaron: Ing(s) Armando A. Ayala Ochoa/Martín Orlando Miranda Herrera		
EAP	¿Que pasa sí?	Consecuencias	C	F	R
1	Hay fuga en las bridas del manifold	Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva.	2	2	4
2	Hay fuga por la membrana del regulador del manifold	Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva.	2	2	4
3	Hay actos vandálicos en el manifold	- Interrumpir el suministro al cliente. - Bloqueo y daño al regulador. - Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva.	2	2	4
4	Hay fuga de sustancia odorizante	- Liberación de sustancia inflamable y ocurrencia de incendio en caso de fuente de ignición. - Posibilidad de daño a las instalaciones de manejo de GNL/gas natural.	2	2	4

Tabla 25. Jerarquización de escenarios de accidentes potenciales. (Continúa)

NODO 4: Recepción de GNL		Fecha: 25 de mayo de 2021			
Intención de diseño: Recibir por autotanque GNL para almacenarlo en los tanques de guarda.		Realizaron: Ing(s) Armando A. Ayala Ochoa /Martín Orlando Miranda Herrera			
EAP	¿Qué pasa sí?	Consecuencias	C	F	R
1	Se desacopla la manguera de transferencia durante la carga de GNL	- Derrame de GNL empacado en la manguera y del GNL en el autotanque si el operario no acciona la válvula de cierre de emergencia. - Posible daño al personal. - Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva.	2	2	4
2	Se sobrellena el tanque por pérdida de calibración del Delta P. o mala operación.	- Se incrementa la cantidad de gas venteado. - Puede salir emulsión por los venteos del tanque. - Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva. - Daños al personal.	2	1	2

Tabla 25. Jerarquización de escenarios de accidentes potenciales. (Continúa)

NODO 5: Factores ambientales / Factores externos		Fecha: 25 de Mayo de 2021			
Intención de diseño: ---		Realizaron: Ing(s) Armando A. Ayala Ochoa /Martín Orlando Miranda Herrera			
EAP	¿Qué pasa sí?	Consecuencias	C	F	R
1	El sistema es sometido a condiciones climatológicas adversas. Inundaciones.	No factible.	1	1	1
2	El sistema es sometido a condiciones adversas. Sismos	- Desacoplamiento de tuberías en la Terminal. - Derrumbamiento/Caída de estructuras cercanas. - Paro de operación por parte del cliente y suspensión de la demanda de producto. - Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva.	2	2	4
3	El sistema es sometido a condiciones climatológicas adversas. Tormentas eléctricas.	Incendio y/o explosión en caso de existencia de fuga o venteo simultáneo.	2	1	2
4	Un vehículo impacta algún elemento de la Terminal	- Degollamiento/perforación de línea, daño mecánico/perforación de tanque/vaporizador/accesorios. - Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva.	3	2	6

EAP	¿Qué pasa si?	Consecuencias	C	F	R
5	Ocurre una fuga de amoniaco de las instalaciones del cliente mientras personal de Énestas o sus prestadores de servicio están presentes en la Terminal.	- Riesgo de intoxicación/deceso del personal de Énestas/prestadores de servicio. - La operación de recarga puede quedar sin supervisión/accionamiento. - Sin consecuencias de riesgo (para la Terminal)	1	1	1
6	Se presenta explosión en los tanques de gas LP ubicados en la cercanía de la Terminal.	- Degollamiento/perforación de línea, daño mecánico/perforación de tanque/vaporizador/accesorios. - Liberación de gas natural al ambiente y posibilidad de generación de nube inflamable/explosiva.	1	2	2

VII. ANÁLISIS DE RIESGOS

VII.1. Análisis detallado de consecuencias

VII.1.1. Relación de escenarios de riesgo identificados.

Con base en la aplicación de los criterios de evaluación de la Matriz de Jerarquización de Riesgos a los 32 escenarios identificados mediante la aplicación de la metodología ¿Qué pasa si? en función de las consecuencias al personal, población, al medio ambiente y a la instalación, se obtuvieron los siguientes resultados:

No se presentan Escenarios de Accidentes Potenciales localizados en la Región de Riesgo no tolerable “A” (Región roja). Los riesgos de este tipo deben provocar acciones inmediatas para implantar las recomendaciones generadas en el análisis de riesgos. El costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Estos riesgos representan situaciones de emergencia y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos. Las acciones deben reducirlos a una región de Riesgo ALARP y en el mejor de los casos, hasta Riesgo tolerable.

15 (46.87 %) Escenarios de Accidentes Potenciales localizados en la Región de riesgo ALARP “B” (As Low Reasonably Practicable – Tan bajo como sea razonablemente práctico) (Región amarilla). Los riesgos que se ubiquen en esta región deben estudiarse a detalle mediante análisis de tipo costo-beneficio para que pueda tomarse una decisión en cuanto a que se tolere el riesgo o se implementen recomendaciones que permitan reducirlos a la región de Riesgo tolerable.

17 (53.12 %) Escenarios de Accidentes Potenciales localizados en la Región de Riesgo Tolerable “C” (Región verde). El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

En la **Tabla 26**, se muestran los 3 escenarios hipotéticos con pérdida de contención que son analizados de manera cuantitativa.

Tabla 26. Relación de escenarios hipotéticos de pérdida de contención.

Ref. What if	Tipo de Riesgo	Clave escenario Hipotético	Descripción	Tipificación del escenario	Diámetro Equivalente de Fuga (mm/pulg)
Nodo 1 1.1	C	ENESTAS- MEXIBC-01	Fuga, explosión e incendio en tanque criogénico por aumento de presión en el interior del tanque hasta pérdida de contención de los 19,800 kilogramos de gas natural licuado (metano).	Peor Caso (PC)	Ruptura catastrófica
Nodo 4 4.1	C	ENESTAS- MEXIBC-02	Fuga, explosión e incendio de gas natural licuado (metano) durante maniobra de trasvase de autotanque a tanque de guarda criogénico por mala operación, o por falla de accesorio o tubería.	Caso Más Probable (CM)	10.16 / 0.4

Ref. What if	Tipo de Riesgo	Clave escenario Hipotético	Descripción	Tipificación del escenario	Diámetro Equivalente de Fuga (mm/pulg)
Nodo 3 3.1, 3.2	C	ENESTAS- MEXIBC-03	Fuga, explosión e incendio de gas natural (metano) en la sección de regulación después del regasificador por falla de accesorio o tubería.	Caso Alterno (CA)	10.16 / 0.4

Con base en lo anterior, la memoria de resultados y datos alimentados al Software PHAST Ver. 8.4 se procedió a estimar los radios de afectación por radiación, sobrepresión y toxicidad.

VII.1.2. Modelos aplicados en la simulación de escenarios hipotéticos de pérdida de contención.

En la estimación de radios de afectación, se utilizó el software Process Hazard Analysis Tools (PHAST Ver. 8.4, licenciado por Det Norske Veritas, Technica) donde se calculó la tasa de descarga y la fase del material liberado, los cuales dependen del diámetro equivalente del orificio de fuga.

Para el caso de definición de diámetros equivalentes de fuga, se consideraron los criterios establecidos en referencias como Crawl, A.D.; Louvar, J.F., "Chemical Process Safety", 2nd. Prentice. Hall, 2002 y DNV, que indican calcular un diámetro equivalente de fuga en función a un porcentaje de la sección transversal del 20% máximo para estimar rupturas de línea y en el caso de fugas continuas en accesorios, líneas ó equipos, se tomaron los criterios Risk Analysis for Process Plant, Pipelines and Transport pag. 339/Handbook on Failure Frequencies 2009, 05/05/2009/ Canvey report/API-581, Banco Mundial, API-1149, API-1160, API-580, DOT, EPA).

Tabla 27. Diámetros equivalentes de fuga.

No. Orificio de liberación	Tamaño de orificio de liberación	Rango del diámetro del orificio (pulg)	Diámetro del orificio de liberación (pulg)
1	Pequeño	0 - ¼	$d_1 = 0.25$
2	Mediano	> ¼- 2	$d_2 = 1$
3	Grande	>2-6	$d_3 = 1$
4	Ruptura	>6	$D_4 = \min (D, 16)$

1. Matriz de evaluación NOM-013-SECRE-2012. Plant, Pipelines and Transport pag. 339 / Handbook on Failure Frequencies 2009, 05/05/2009 / API-581, Banco Mundial/Risk Analysis for Process Plant, Pipelines and Transport pag. 339/Handbook on Failure Frequencies 2009, 05/05/2009/ Canvey report ARAMIS D1C – APPENDIX 12.

Criterios de inflamabilidad, explosividad y toxicidad.

Respecto a los modelos de dispersión para predecir el área afectada en función del tamaño, forma de la nube y concentraciones de interés (LFL, TLV o IDLH), PHAST utiliza el "Modelo de Dispersión Unificado" (UDM) el cual contempla que las emisiones presurizadas, continuas, instantáneas y Quasi-Instantáneas pasan por las siguientes etapas:

- Etapa I, chorro inicial turbulento y en expansión;
- Etapa II, expansión densa y mezclado turbulento;
- Etapa III, decaimiento de la nube densa y

- Etapa IV, dispersión pasiva.

Por su parte, para el modelo de inflamabilidad/explosividad, se utiliza el Modelo de Multienergía sugerido por TNO (The Netherlands Organization) y el modelo de Baker Strehlow por ser más exactos en liberaciones de sustancias inflamables en espacios abiertos, obstáculos, congestionamiento y reactividad de la mezcla (Porcentaje de confinamiento) y el modelo de “Cono Truncado” para evaluación de la forma de la nube y así estimar los niveles de radiación térmica, sobrepresión y toxicidad en los eventos de fuegos tipo soplete (Jet Fire), bola de fuego (Flash Fire), fuego tipo charco (Pool Fire) y fuego o detonación por BLEVE.

Por su parte, la duración del accidente depende de las características de la instalación, esto es, de sus controles de ingeniería y administrativos que coadyuvan en la atención de emergencias. En este análisis para fines de estimación de la masa explosiva, se estimó un tiempo promedio de liberación de 60 segundos basados en la instrumentación y controles administrativos con que cuenta la instalación para alertar oportunamente de algún posible problema y actuar en tiempo y forma, y los medios para prevenir o mitigar la liberación como sistemas de corte de emergencia, de detección de incendios.

Los Modelos de Emisión fueron utilizados para determinar el flujo de descarga del material liberado, la cantidad total emitida y el estado físico del mismo, asumiendo que estas emisiones pueden ser instantáneas o continuas, en una o dos fases; a presión o atmosféricas, criogénicas, confinadas o no-confinadas, sobre tierra o agua y que el material tiene la posibilidad de fugarse por orificios o grietas en los tanques, recipientes o líneas, bridas, bombas, válvulas e incluso por la apertura de una válvula de seguridad que descargue a la atmósfera.

Una vez definidos los escenarios a simular, se identifican los parámetros y datos requeridos por el programa de simulación. Estos datos están integrados en el **Anexo 6**. Los resultados presentados en los formatos de salida del software empleado están integrados en el **Anexo 5**.

Para el evento menos probable, pero de consecuencias catastróficas, se estimó considerando el modelo de ruptura de línea basada en el criterio de fuga equivalente del 20% del diámetro de línea (PHAST 7.2/6.4/8.0/API-581).

Por su parte, los tiempos de fuga cuando se presenta en un lugar poco accesible, el tiempo de respuesta dependerá del sistema de detección y bloqueo de válvulas, se estima que será de un margen de 1 min, dependiendo del lugar y los mecanismos de respuesta instalados. (API-1149, API-1160, API-580, API-581 Banco Mundial, DOT, EPA). Así mismo, “Lees, 1996”, considera que la máxima probabilidad de formación de una nube explosiva ocurre cuando el periodo de tiempo entre el inicio de la fuga y la ignición está comprendido en 1 minuto.

Para el reporte de estimación de los modelos de dispersión, se desarrollaron considerando la Categoría de Clima Pasquill-Gifford a las condiciones recomendadas por la Guía de la ASEA para la elaboración de los Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos, que corresponde a una velocidad de viento de 1.5 m/s y estabilidad F así como a las condiciones del “peor caso” y “alterno” referenciadas por EPA, SEMARNAT/ASEA, Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases, AIChE, Estudios de Análisis Cuantitativo de Riesgo en Procesos Químicos (CPQRA “Chemical Process Quantitative Risk Analysis”).

Tabla 28. Categorías de Estabilidad de Pasquill-Glifford.

Categorías de Estabilidad de Pasquill-Glifford							
Velocidad superficial del viento 10 m		Radiación solar (Día)			Cobertura de nubes en la noche		
(m/s)	(mph)	Fuerte	Moderada	Ligera	Fina <3/8	Moderada >3/8	Densa >4/5
<2	<5	A	A-B	B	--	--	D
2-3	5-7	A-B	B	C	E	F	D
3-5	7-11	B	B-C	C	D	E	D
5-6	11-13	C	C-D	D	D	D	D
>6	>13	C	D	D	D	D	D

Donde:

A=Muy inestable B=Inestable C=Moderadamente Inestable D=Neutra
E=Moderadamente estable F=Estable

A. Criterio de evaluación por Inflamabilidad.

Límite Superior de Inflamabilidad (UFL). Zona con la concentración máxima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por arriba de la cual, la mezcla no es explosiva aun en presencia de fuente de ignición.

Límite Inferior de Inflamabilidad (LFL). Zona con la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por debajo de la cual, la mezcla no es explosiva aun en presencia de fuente de ignición.

½ Límite Inferior de Inflamabilidad. Zona de Seguridad para delimitar y evitar generación de Flash Fire ante posibles fuentes de ignición dentro del límite Inferior y superior de inflamabilidad.

En el **Anexo 1** se adjunta la Hoja de datos de seguridad del Gas Natural Licuado.

B. Criterio de evaluación por radiación térmica

Para el caso de afectaciones por radiación térmica, se empleó el modelo de recomendado por TNO, cuyos algoritmos analizan de una manera más aproximada a la realidad el comportamiento de la nube formada por el material liberado, considerando el porcentaje de confinamiento, límites superior e inferior de inflamabilidad así como los tipos de incendio tales como fuego tipo soplete, charco de fuego, Flash Fire, entre otros.

Como criterio de evaluación para el nivel de radiación en la **Zona de Alto Riesgo**, se tomó el recomendado por la Guía de Riesgo ASEA, que es de 5 kW/m² (1500 Btu/hr-ft²), radiación para alcanzar el umbral de dolor en 16 seg en personas, las cuales pueden sufrir posibles quemaduras de 2° grado, para tiempos de exposición mayores a 16 seg con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos pero con equipo de protección personal se estima 0% de letalidad para esta radiación (*API 521/World Bank, 1985/Less, 1980, NTP 291-1991, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis" 2nd Edition del CCPS*).

Por su parte, para la radiación en la **Zona de Amortiguamiento** se tomó el valor de 1.4 kW/m² (440 Btu/hr-ft²) Guía de Riesgo ASEA, radiación que se estima no causará molestia por exposición prolongada tomando de referencia que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1 kW/m² (*API 521/World Bank, 1985/Less, 1980, NTP 291-1991, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis" 2nd Edition del CCPS*).

Zona de Intervención/Atención a Emergencias (12.5 kW/m²), “Límite soportable” para un bombero con traje estructural con un tiempo de exposición prolongado. Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos, daños severos a equipos de instrumentación. Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos.

Zona de efecto dominó, se especificó el nivel de radiación de 37.5 kW/m² (API 581) como criterio para estimar la zona de afectación a equipos de proceso/colapso de estructuras y es letal para la integridad personal.

Tabla 29. Efectos generados por Radiación Térmica.

Intensidad de radiación		Daño producido por radiación térmica (World Bank)
Btu/hr ft ²	(kW/m ²)*	
11,867	37.5	Suficiente para causar daño a equipo de proceso incluyendo tanques de acero/ estructuras o maquinaria pesada.
7,911	25.0	Energía mínima requerida para prender la madera por exposición prolongada (no piloteada).
3,956	12.5	Energía mínima requerida para la ignición piloteada de madera, fundición de tubería de plástico.
3,006	9.5	El umbral del dolor se alcanza después de 8 segundos y quemaduras de 2° grado después de 20 segundos.
1,266	4.0-5	Suficiente para alcanzar el umbral de dolor en 16 segundos en personas, las cuales pueden sufrir posibles quemaduras de 2° grado, para tiempos de exposición mayores a 16 segundos con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, pero con equipo de protección personal, se estima 0% de letalidad.
440	1.39	Se estima que esta radiación no causará molestia por exposición prolongada tomando de referencia que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1 kW/m ² No causará incomodidad durante exposición prolongada.

*Basado en un promedio de exposición de 10 min (Barry 2002).

C. Criterios de evaluación de ondas de sobrepresión

Para el caso de ondas de sobrepresión provocadas por deflagraciones o explosiones físicas (detonación), los radios de salvaguarda y riesgo serán evaluados considerando los siguientes valores de sobrepresión:

3 lb/in² (0.21 Kg/cm² $\equiv$ 0.2 bar), el cual corresponde a una **Zona Letal** que por ningún motivo se debe exponer una persona.

Zonas de Alto Riesgo por fenómenos de explosión (liberación de energía mecánica) Guía de Riesgo ASEA, recomiendan un valor de 1.0 lb/in² (0.07 kg/cm² $\equiv$ 0.07 bar), nivel que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1 % de ruptura de tímpanos y el 1 % de heridas serias por proyectiles, generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas.

Para la Zona de Amortiguamiento, Guía ASEA, recomiendan el valor de 0.5 lb/in² (0.035 kg/cm² $\equiv$ 0.035 bar), donde la literatura indica que se tendrán rupturas del 10% ventanas grandes de vidrio y pequeñas

normalmente estrelladas con algún daño ocasional en los marcos de dichas ventanas, así como daños a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios (Clancy, 1972 and Baker, 1983, API RP 752).

Tabla 30. Efectos generados por ondas de sobrepresión.

Presión (bar)	Presión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosiones (Clancy)
0.0014	0.02	Ruido molesto (137 dB sí es de baja frecuencia 10-15 Hz.
0.002	0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que estén bajo tensión.
0.0028	0.04	Ruido fuerte (143 dB), ruptura de vidrio por la onda sísmica.
0.007	0.10	Ruptura de ventanas pequeñas que se encuentren bajo tensión.
0.0103	0.15	Presión típica de ruptura del vidrio.
0.0207	0.30	"Distancia segura" (probabilidad de 0,95 que no ocurran daños serios a partir de este valor); límite de proyectiles; daños a techos de casas; ruptura del 10 % de ventanas de vidrios.
0.0276 - 0.0344	0.40-0.5	Roturas del 10% ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño ocasional en los marcos de dichas ventanas, así como daños a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios
0.0344 - 0.07	0.50 – 1.00	Ventanas grandes y pequeñas normalmente estrelladas; daño ocasional a marcos de ventanas.
0.0482	0.70	Daño menor a estructuras de casas.
0.07	1.00	Nivel que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1 % de ruptura de tímpanos y el 1 % de heridas serias por proyectiles, generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas.
0.07 - 0.1378	1.00-2.00	Destrucción de asbesto corrugado; en las divisiones de acero corrugado o aluminio, los tornillos fallan y después se tuercen; los tornillos de paneles de madera fallan; los paneles son destruido.
0.0896	1.30	El armazón de acero de edificios revestidos se deforma.
0.1378	2.00	Colapso parcial de techos y paredes de casas.
0.1378 - 0.2068	2.00-3.00	Cuarteadura de paredes de concreto o bloques de ladrillo no reforzados.
0.15858	2.30	Límite inferior de daño estructural serio.
0.1723	2.50	50 % de destrucción de la mampostería en casas.
0.2068	3.00	Poco daño a maquinaria pesada (3 000 lb.) dentro de edificios industriales; armazones de acero en edificios se deforman y son arrancados de sus cimientos.
0.2068 - 0.2758	3.00-4.00	Demolición de edificios sin armazones o con paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
0.2758	4.00	Ruptura del revestimiento de edificios industriales ligeros.
0.3447	5.00	Los postes de madera se rompen súbitamente; prensas hidráulicas altas (40 000 lb.) en edificios son ligeramente dañadas.
0.3447 - 0.5	5.00-7.00	Destrucción casi completa de casas.
0.5 - 0.55	7.00-8.00	Paneles de ladrillo de 8-12 in de espesor no reforzados fallan por corte o flexión.

Presión (bar)	Presión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosiones (Clancy)
0.6205	9.00	Demolición total de vagones de ferrocarril cargados.
0.7	10.00	Probable destrucción total de edificios; desplazamiento y daño fuerte a maquinaria pesada (7 000 lb.), la maquinaria muy pesada (12 000 lb.) sobrevive.
20.7	300.00	Formación de cráter.

Para la estimación de las ondas de sobrepresión, se utilizó del modelo de Baker-Strelow-Tang, especificando en el PHAST los parámetros de expansión de flama (3), reactividad (media), densidad de obstáculos (baja) o grado de confinamiento e intensidad de fuente de ignición (débil) y corrección por efecto del suelo (1) con base los criterios de Kinsella (1993) y Baker (1996), recomendables cuando sólo se dispone de información cualitativa, y especialmente las de las guías GAME (1998) y GAMES (1998), que son las que se utilizan en este trabajo, en los casos que se disponga de información más amplia.

Kinsella (1993) tiene en cuenta el nivel de obstrucción de la nube, clasificándolo en alto, bajo y nulo; la existencia o no de confinamiento entre paredes paralelas y la energía de la fuente de ignición, distinguiendo entre fuerte (si es debida al venteo de una explosión en el interior de una conducción o situación análoga), y débil (si es debida a una llama, chispa o superficie caliente).

D. Efecto de las explosiones sobre los seres humanos.

Los efectos directos que una onda de presión puede ejercer sobre los seres humanos y que se relacionan con la sobrepresión y el impulso, afectan en primer lugar a los denominados “órganos blandos”, fundamentalmente el tímpano y el pulmón, pero cabe destacar que los posibles daños derivados del desplazamiento y colisión del cuerpo contra objetos o estructuras pueden ser más dañinas.

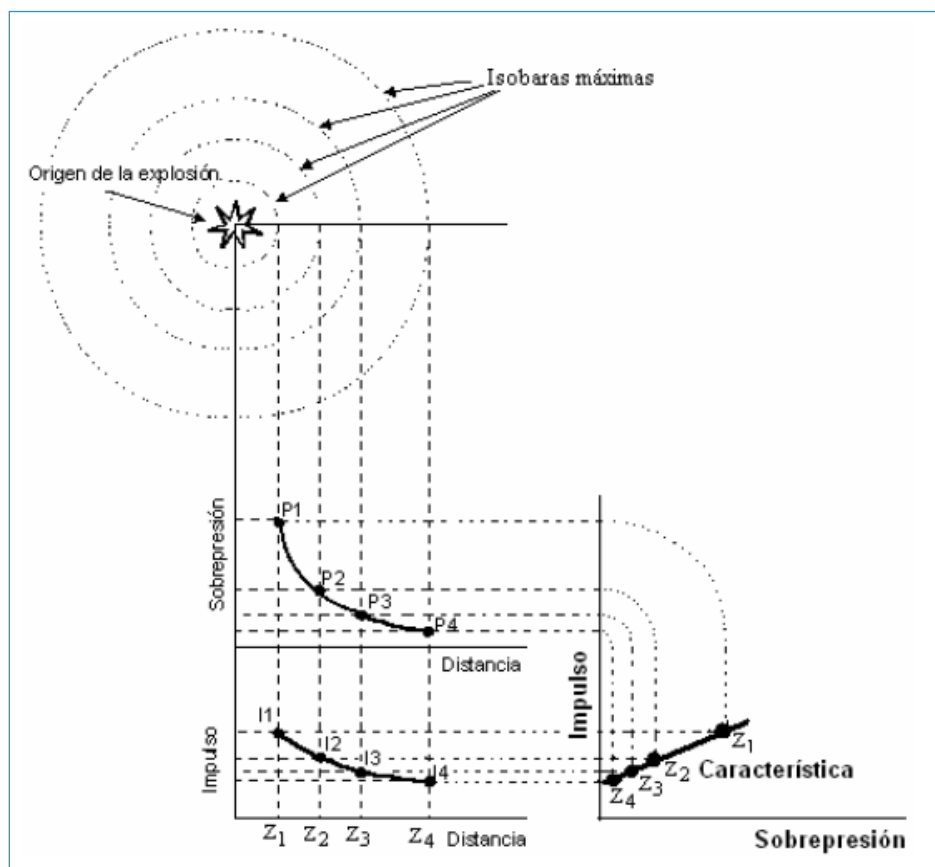
Glasstone (1962) y White (1968) (citados por Lees, 1996) han estudiado los daños que una explosión puede ocasionar sobre el tímpano. En general, han encontrado que la probabilidad del daño no depende de la duración de la fase positiva de la onda y, por consiguiente, del impulso, obteniéndose resultados similares para ondas de corta y larga duración.

En cualquier explosión se puede obtener la relación sobrepresión-impulso-distancia de la onda formada, por lo tanto, se generan las líneas de iso-riesgo que apoyan a conocer los posibles daños provocados por los accidentes. En la **Figura 46** se muestra el apoyo gráfico de los perfiles sobrepresión-distancia e impulso-distancia de la onda expansiva. En esta gráfica, se incluye el parámetro “característica”, ($z_1, z_2, \dots, z_n$) que completa la información básica para llevar a cabo el análisis de consecuencias.

En el caso de las explosiones, el daño, en la mayoría de los casos, está provocado por dos magnitudes, la sobrepresión, P_s (Pa), y el impulso mecánico, i (Pa.s). El daño por rotura de tímpano sólo depende de la sobrepresión de la onda explosiva. En el resto, el daño se produce por la combinación de la sobrepresión y del impulso que pueden generar traumatismos mortales por desplazamiento e impacto con el cráneo, por desplazamiento e impacto con el cuerpo y por hemorragia pulmonar.

En la **Figura 46** se muestra la representación gráfica de los efectos de la sobrepresión e impulso.

Figura 46. Sobrepresión e impulso.



E. Daño al pulmón

Este efecto depende de la sobrepresión y de la duración de la fase positiva de la onda y, por consiguiente, del impulso. Dependiendo de la posición relativa del individuo frente a la onda, la presión efectiva ejercida sobre su caja torácica es diferente, tal como lo muestran las ilustraciones de la **Figura 47**.

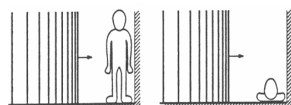
Figura 47. Posición frente a la onda de choque.



1. *Cuerpo humano que se sitúa en terreno libre y sin estructuras rígidas cercanas, de forma que ofrece la mínima resistencia a la onda. El eje longitudinal del individuo es paralelo a la dirección de avance por lo que para explosiones industriales, la presión que actúa sobre la caja torácica (P_{et}) coincide con el valor de la sobrepresión estática (P_s).*



2. *Cuerpo humano de pie, que ofrece la máxima resistencia a la onda. La dirección de la onda es perpendicular al eje principal del individuo, ofreciendo resistencia al avance de la onda. La presión efectiva es la suma de la sobrepresión estática (P_s) y la presión dinámica.*

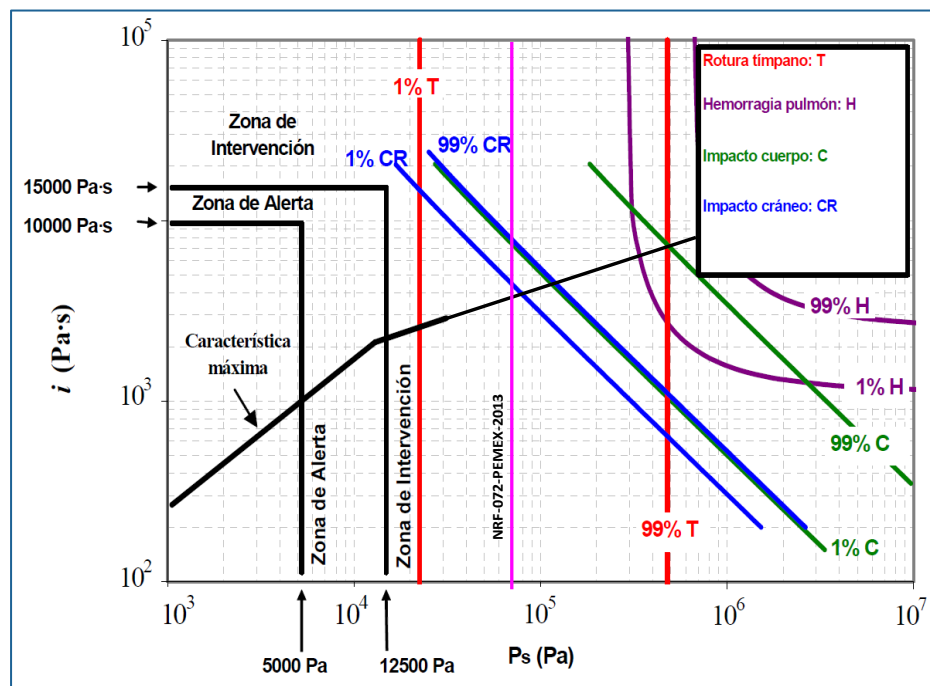


3. *Cuerpo humano de pie o tendido, junto a una estructura que provoque la reflexión de la onda. El individuo está situado en las inmediaciones de una estructura rígida que refleja la onda, la sobrepresión de la onda reflejada es siempre superior a la estática en la zona cercana al obstáculo (TNO, 1989). En este caso, es indiferente que el individuo se encuentre ofreciendo resistencia o no al avance de la onda, ya que el parámetro que más le afecta es la presión reflejada (P_r).*

La gente tiene más resistencia a la sobrepresión que la mayoría de los equipos y puede sobrevivir a sobrepresiones incidentes de 180 kN/m^2 (27 psi) (Bowen, Fletcher, y Richmond, DASA-2113, Washington, DC, octubre de 1968), incluso para explosiones de larga duración.

En la **Figura 48** se observa la representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso más significativas para humanos.

Figura 48. Representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso más significativas para humanos.



Representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso de las líneas de iso-riesgo más significativas para humanos y de la "característica (distancia)" de la explosión de máximo nivel registrada históricamente (Ref. Real Decreto Legislación española-Directriz Básica-2003)

Cuando la duración de la fase positiva de la onda es grande, sólo la sobrepresión es importante. En el caso contrario, cuando la duración es pequeña, sólo el impulso es el causante del daño. Este comportamiento doblemente asintótico del impulso mecánico y de la sobrepresión se ha observado también para los efectos provocados en las estructuras por las ondas de presión.

F. Criterios de Efectos de las explosiones sobre las estructuras.

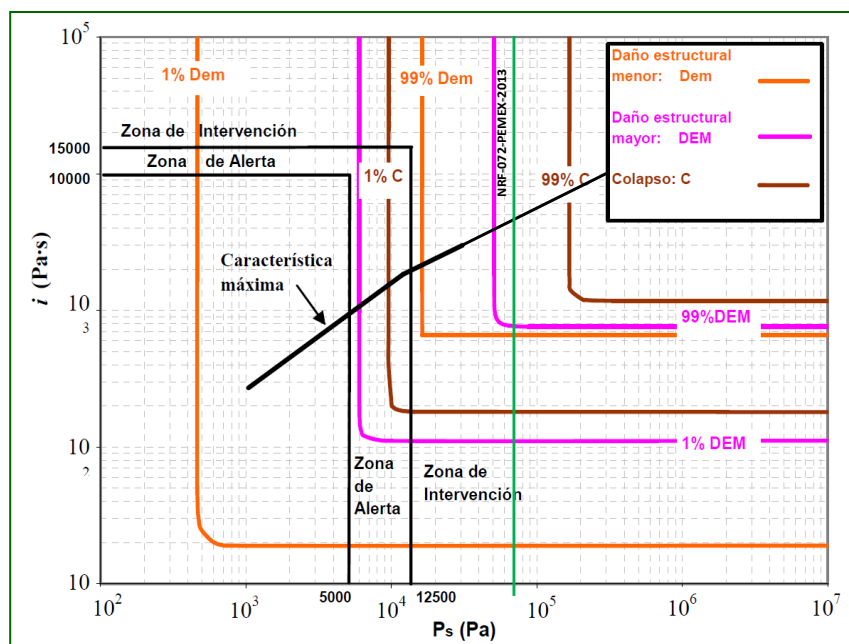
Al igual que ocurre con los daños ocasionados a los humanos, los provocados por las ondas sobre las estructuras dependen de la sobrepresión, del impulso y de la formación de proyectiles. En el nivel de gravedad influye también la orientación respecto a la dirección de avance de la onda, la geometría de la estructura (relación altura / longitud) y los materiales de construcción. Cabe señalar que, en general, los edificios son más sensibles a las explosiones que los seres humanos expuestos directamente a las mismas. (Lees, 1996) muestra los efectos que determinadas combinaciones sobrepresión-impulso provocan sobre edificaciones con paramentos de ladrillo (*Wilton (1970)*, *Gabrielsen (1973)*, *Glasstone (1957)*, citados por Lees (1996). En la **Tabla 31** se muestran los criterios de afectación por impulso.

Tabla 31. Criterios de afectación por impulso.

Porcentaje de Daños	Descripción del daño	Sobre presión (bar)		Impulso	
		(Pa)	(Bar)	(Pa.s)	(Bar.s)
80%	Parcialmente demolido	35000	0.35	12800	0.128
40%	Daño severo, requiere demolición	34500	0.345	12100	0.121
25%	Daño moderado. Reparable.	27600	0.276	11200	0.112
10%	Daño leve. Reparable	18600	0.186	2300	0.023
		18000	0.18	7900	0.079
		13100	0.131	5800	0.058
		12400	0.124	6200	0.062
		11700	0.117	5800	0.058
		11000	0.11	1100	0.011
		9000	0.09	3200	0.032

En la **Figura 49** se presenta la representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso establecidos para edificaciones.

Figura 49. Representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso establecidos para edificaciones.



Representación conjunta de los valores límite de sobrepresión e impulso establecidos de las líneas de iso-riesgo más significativas para edificaciones y de la "característica (distancia)" de la explosión de máximo nivel registrada históricamente ((Ref. Real Decreto Legislación española-Directriz Básica-2003).

Zonas de Alerta e Intervención. Para referencia de los valores límite de la sobrepresión y del impulso de las explosiones, éstos están referenciados por los establecidos en la Directiva 2003/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2003, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, y que apoyan a tomar decisiones respecto a estimación de consecuencia en humanos y estructuras. En la **Tabla 32** se muestran los criterios de zonas de intervención.

Tabla 32. Criterios de zonas de intervención.

Zona	Límite de Intervención	Límite de Alerta
Sobrepresión	12500 Pa	5000 Pa
Impulso	15000 Pa.s	10000 Pa.s
Alcance de los fragmentos	95% con impulso superior a 10 mbar.s	99.9% con impulso superior a 10 mbar.s

*Directiva 2003/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2003

Zona de Intervención. El valor límite de la sobrepresión para delimitar esta zona, corresponde a 12500 Pa, y es muy conservador en cuanto a los daños directos a los seres humanos, dado que los primeros efectos (1% de rotura de tímpano) se producirán a 22500 Pa, que casi duplica el valor.

El valor límite del impulso mecánico, *15000 Pa.s*, está situado por encima de la característica de la explosión considerada como de máximo nivel, razonablemente posible. Esto es, aunque dicho impulso puede producirse en una explosión real se daría a partir de, aproximadamente, *100 000 Pa* que es el punto de corte del impulso citado con la *característica* de la explosión “máxima”, por lo que la Zona estaría condicionada siempre por el valor límite de sobrepresión antes citado. En otros términos: la distancia al origen de cualquier explosión donde se produjera *15 000 Pa.s* sería siempre menor a la que correspondería la sobrepresión de *12 500 Pa*.

Zona de Alerta. El valor límite de la sobrepresión, 5 000 Pa, en cuanto a los daños directos a los seres humanos resulta también muy conservador. Las observaciones sobre el valor límite del impulso mecánico son las mismas que las indicadas para el caso de la zona de Intervención, por lo que, en la práctica, la zona está condicionada siempre por el límite de la sobrepresión (*5 000 Pa*) y, por consiguiente, el valor límite del impulso establecido no tiene aplicación en las explosiones reales.

G. Criterios de evaluación por toxicidad.

Para el caso de toxicidad se consideran para la evaluación de consecuencias los siguientes criterios (Guía de Riesgo ASEA):

TLV-TWA, Valor límite umbral de exposición en 8 horas (**Zona de Amortiguamiento**).

IDLH, Riesgo inmediato a la vida y a la salud. (**Zona de alto riesgo**).

Tabla 33. Efectos generados por toxicidad.

Concentración de interés	Daño producido por toxicidad (World Bank)
TLV	(Threshold Limit Value) Valor Limite Umbral. Concentración de una sustancia en suspensión en el aire por debajo de la cual se cree que casi todos los trabajadores pueden exponerse repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos para la salud. De acuerdo al tiempo de exposición, los TLV's pueden ser: TLV (8 h. TWA): ("Threshold Limit Value-Time Weighted Average", por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos TLV-STEL. Límite de exposición de corta duración ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral. TLV –C. Valor límite umbral techo. Es la concentración que no debe sobrepasarse en ningún momento durante la exposición en el trabajo.
IDLH	("Immediately Dangerous to Life or Health", por sus siglas en inglés). Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud: Concentración máxima de una Sustancia Peligrosa, expresada en partes por millón (ppm) o en miligramos sobre metro cúbico (mg/m³), que se podría liberar al ambiente en un plazo de treinta minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud

*Referencia. Guía Análisis de Riesgo, ASEA.

Resultados de Radio y Zonas de afectación por radiación, sobrepresión y toxicidad.

Con base a los criterios de diámetro equivalente de fuga, así como tiempo estimado de liberación descritos, se registran los datos básicos que fueron alimentados al Software PHAST, para estimar los radios de afectación.

Los resultados incluyendo el detalle de los datos técnicos adicionales, se adjuntan en el **Anexo 5**.

En la **Tabla 34** se presentan los datos alimentados para la realización de la simulación de eventos de riesgo.

Tabla 34. Datos técnicos básicos alimentados para estimar los radios de afectación por pérdida de contención.

Tipificación de evento	Identificación del escenario		Diámetro (pulg)		Flujo másico	Presión	Temperatura	Duración de fuga	Inventario liberado	*Tasa de fuga
	Clave	Descripción	Equipo	Fuga	kg/hr	kg/cm ²	°C	min	kg	kg/seg
Peor Caso (PC)	ENEST AS-MEXIB C-01	Fuga, explosión e incendio en tanque criogénico por aumento de presión en el interior del tanque hasta pérdida de contención de los 19,800 kilogramos de gas natural licuado (metano).	D= 2.43 m L=12.19 m	Total	--	4.21	- 162	Instantánea	19800	Ruptura
Caso más probable (CM)	ENEST AS-MEXIB C-02	Fuga, explosión e incendio de gas natural licuado (metano) durante maniobra de trasvase de autotank a tanque de guarda criogénico por mala operación, o por falla de accesorio o tubería.	2	0.4	--	6.32	- 162	1	68.94	1.149
Caso Alternativo (CA)	ENEST AS-MEXIB C-03	Fuga, explosión e incendio de gas natural (metano) en la sección de regulación después del regasificador por falla de accesorio o tubería.	2	0.4	-	2.81	23	1	2.67	0.0446

*Estimada mediante el uso del Software Phast Ver. 8.4 en el modelo de descarga a las condiciones de presión y temperatura del proceso así como D_{eq} . De fuga.

El detalle gráfico y tabular de los radios de afectación por radiación térmica, sobrepresión y toxicidad de los 3 escenarios de pérdida de contención simulados, se integran en el **Anexo 7**. En las siguientes tablas se muestra el resumen de los resultados.

Tabla 35. Resultados de radios y zonas de afectación.

CLAVE DEL ESCENARIO	ØEq. (mm)	Tasa de fuga (Kg/s)	Tiempo de fuga (Seg)	CLAVE DEL EVENTO	RADIO DE ZONAS DE AFECTACIÓN EN METROS (A condiciones climatológicas promedio del sitio)								
					TOXICIDAD (m)		RADIACIÓN TERMICA (m)				SOBRE PRESION (m)		
					Nivel de Alto Riesgo IDLH (5000 ppm)	Nivel de Amortiguamie nto TLV 8 (1000 ppm)	Nivel Letal (37.5 kW/m²)	Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m²)	Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m²)	Nivel de Amortigua miento (1.4 kW/m²)	Nivel de muy Alto Riesgo (3 psi ≅ 0.2 bar)	Nivel de Alto Riesgo (1 psi) ≅ 0.06 bar)	Nivel de Amortigua miento (0.5 psi ≅ 0.03 bar)
ENESTAS- MEXIBC-01	Ruptura	-	Insta ntán ea	DIS	-	2794.45	-	-	-	-	-	-	-
				FB	--	--	53.81	95.53	149.81	274.97	--	--	--
				LPF	--	--	77.03	138.16	209.00	365.13	--	--	--
				UVCE	--	--	--	--	--	--	No alcanzable	392.37	536.20
Radio de Inflamabilidad (FLA)				UFL : 45.27 m			LFL : 158.60 m			1/2 LFL : 302.63 m			
AFECTACIÓN POR RADIACIÓN						AFECTACIÓN POR SOBREPRESIÓN.							
NIVEL DE AFECTACIÓN A EQUIPOS (37.8 Kw/m² (API 581)		NIVEL DE ALTO RIESGO RADIO (1500 Btu/hr-ft² ≅ 5 kW/m²)		NIVEL DE AMORTIGUAMIENTO RADIO (440 Btu/hr-ft² ≅ 1.4 kW/m²)		NIVEL LETAL PARA EL SER HUMANO (3 lb/in² ≅ 0.21 Kg/cm² ≅ 0.2 bar)		NIVEL ALTO RIESGO RADIO (1.0 lb/in² ≅ 0.07 Kg/cm² ≅ 0.07 bar)		NIVEL DE AMORTIGUAMIENTO RADIO (0.5 lb/in² ≅ 0.035 Kg/cm² ≅ 0.035 bar)			
Nivel de radiación para estimar la zona de afectación a equipos de proceso/colapso de estructuras y es letal para la integridad personal.		Nivel de radiación para alcanzar el umbral de dolor en 16 seg en personas, las cuales pueden sufrir posibles quemaduras de 2º grado para tiempos de exposición mayores a 16 seg con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos pero con equipo de protección personal; se estima 0% de letalidad para esta radiación.		Radiación que se estima no causará molestia por exposición prolongada tomando de referencia que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1 kW/m².		Nivel de sobrepresión que corresponde a una Zona Letal que por ningún motivo se debe exponer una persona.		Nivel de sobrepresión que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1 % de ruptura de tímpanos y el 1 % de heridas serias por proyectiles, generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas.		Nivel de sobrepresión que indica que se tendrán rupturas del 10% ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño ocasional en los marcos de dichas ventanas, así como daños a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios (Clancy, 1972 and Baker, 1983).			

DIS. Dispersión.

FLA. Fuego tipo Flamazo (Flash Fire).

JETF. Fuego tipo soplete/Chorro de fuego /Jet Fire)

EPF. Early Pool Fire (Charco de fuego temprano)

BLEVE. Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion.

LPF. Late Pool Fire (Charco de fuego tardío)

UVCE. Unconfined Vapour Cloud Explosion (Explosión de Nube de Vapor no Confinado).

NA. No alcanzado.

FB. FireBALL (Bola de fuego).

NR. No reportado.

Tabla 35. Resultados de radios y zonas de afectación. (Continuación).

CLAVE DEL ESCENARIO	Ø _{Eq.} (mm)	Tasa de fuga (Kg/s)	Tiempo de fuga (Seg)	CLAVE DEL EVENTO	RADIO DE ZONAS DE AFECTACIÓN EN METROS (A condiciones climatológicas promedio del sitio)								
					TOXICIDAD (m)		RADIACIÓN TERMICA (m)				SOBRE PRESION (m)		
					Nivel de Alto Riesgo IDLH (5000 ppm)	Nivel de Amortiguamiento TLV _s (1000 ppm)	Nivel Letal (37.5 kW/m²)	Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m²)	Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m²)	Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m²)	Nivel de muy Alto Riesgo (3 psi ≅ 0.2 bar)	Nivel de Alto Riesgo (1 psi) ≅ 0.06 bar)	Nivel de Amortiguamiento (0.5 psi ≅ 0.03 bar)
ENESTAS-MEXIBC-02	10.16 (0.4 pg)	1.149	60	DIS	-	252.79	-	--	--	--	--	--	--
				JET	--	--	7.73	12.57	15.75	26.50	--	--	--
				EPF	--	--	6.01	7.94	9.56	12.54	--	--	--
				LPF	--	--	6.01	7.94	9.56	12.54	--	--	--
				UVCE	--	--	--	--	--	--	No alcanzable	65.73	91.72
Radio de Inflamabilidad (FLA):				UFL : 16.24			LFL : 35.57 m			1/2 LFL : 46.35 m			
AFECTACIÓN POR RADIACIÓN							AFECTACIÓN POR SOBREPRESIÓN.						
NIVEL DE AFECTACIÓN A EQUIPOS (37.8 Kw/m² (API 581)		NIVEL DE ALTO RIESGO RADIO (1500 Btu/hr-ft² ≅ 5 kW/m²)			NIVEL DE AMORTIGUAMIENTO RADIO (440 Btu/hr-ft² ≅ 1.4 kW/m²)		NIVEL LETAL PARA EL SER HUMANO (3 lb/in² ≅ 0.21 Kg/cm² ≅ 0.2 bar)		NIVEL ALTO RIESGO RADIO (1.0 lb/in² ≅ 0.07 Kg/cm² ≅ 0.07 bar)		NIVEL DE AMORTIGUAMIENTO RADIO (0.5 lb/in² ≅ 0.035 Kg/cm² ≅ 0.035 bar)		
Nivel de radiación para estimar la zona de afectación a equipos de proceso/colapso de estructuras y es letal para la integridad personal.		Nivel de radiación para alcanzar el umbral de dolor en 16 seg en personas, las cuales pueden sufrir posibles quemaduras de 2º grado para tiempos de exposición mayores a 16 seg con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos pero con equipo de protección personal; se estima 0% de letalidad para esta radiación.			Radiación que se estima no causará molestia por exposición prolongada tomando de referencia que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1 kW/m².		Nivel de sobrepresión que corresponde a una Zona Letal que por ningún motivo se debe exponer una persona.		Nivel de sobrepresión que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1 % de ruptura de tímpanos y el 1 % de heridas serias por proyectiles, generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas.		Nivel de sobrepresión que indica que se tendrán rupturas del 10% ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño ocasional en los marcos de dichas ventanas, así como daños a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios (Clancy, 1972 and Baker, 1983).		

DIS. Dispersión.

FLA. Fuego tipo Flamazo (Flash Fire).

JETF. Fuego tipo soplete/Chorro de fuego /Jet Fire)

EPF. Early Pool Fire (Charco de fuego temprano)

BLEVE. Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion.

LPF. Late Pool Fire (Charco de fuego tardío)

UVCE. Unconfined Vapour Cloud Explosion (Explosión de Nube de Vapor no Confinado).

NA. No alcanzado.

FB. FireBall (Bola de fuego).

NR. No reportado.

Tabla 35. Resultados de radios y zonas de afectación. (Continuación).

CLAVE DEL ESCENARIO	ØEq. (mm)	Tasa de fuga (Kg/s)	Tiempo de fuga (Seg)	CLAVE DEL EVENTO	RADIO DE ZONAS DE AFECTACIÓN EN METROS (A condiciones climatológicas promedio del sitio)								
					TOXICIDAD (m)		RADIACIÓN TERMICA (m)				SOBRE PRESION (m)		
					Nivel de Alto Riesgo IDLH (5000 ppm)	Nivel de Amortiguamiento TLV 8 (1000 ppm)	Nivel Letal (37.5 kW/m²)	Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m²)	Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m²)	Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m²)	Nivel de muy Alto Riesgo (3 psi ≅ 0.2 bar)	Nivel de Alto Riesgo (1 psi) ≅ 0.06 bar)	Nivel de Amortiguamiento (0.5 psi) ≅ 0.03 bar)
ENESTAS-MEXIBC-03	10.16 (0.20 pg)	0.044 6	60	DIS	-	36.47	--	--	--	--	--	--	--
				JET	--	--	n/d	n/d	n/d	1.088	--	--	--
				EPF	--	--	-	-	-	--	--	--	--
				LPF	--	--	-	-	-	--	--	--	--
				UVCE	--	--	--	--	--	--	n/d	n/d	n/d
Radio de Inflamabilidad				UFL : n/d			LFL : n/d			1/2 LFL : n/d			
AFECTACIÓN POR RADIACIÓN					AFECTACIÓN POR SOBREPRESIÓN.								
NIVEL DE AFECTACIÓN A EQUIPOS (37.8 Kw/m² (API 581)		NIVEL DE ALTO RIESGO RADIO (1500 Btu/hr-ft² ≅ 5 kW/m²)		NIVEL DE AMORTIGUAMIENTO RADIO (440 Btu/hr-ft² ≅ 1.4 kW/m²)		NIVEL LETAL PARA EL SER HUMANO (3 lb/in² ≅ 0.21 Kg/cm² ≅ 0.2 bar)		NIVEL ALTO RIESGO RADIO (1.0 lb/in² ≅ 0.07 Kg/cm² ≅ 0.07 bar)		NIVEL DE AMORTIGUAMIENTO RADIO (0.5 lb/in² ≅ 0.035 Kg/cm² ≅ 0.035 bar)			
Nivel de radiación para estimar la zona de afectación a equipos de proceso/colapso de estructuras y es letal para la integridad personal.		Nivel de radiación para alcanzar el umbral de dolor en 16 seg en personas, las cuales pueden sufrir posibles quemaduras de 2º grado para tiempos de exposición mayores a 16 seg con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos pero con equipo de protección personal; se estima 0% de letalidad para esta radiación.		Radiación que se estima no causará molestia por exposición prolongada tomando de referencia que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1 kW/m².		Nivel de sobrepresión que corresponde a una Zona Letal que por ningún motivo se debe exponer una persona.		Nivel de sobrepresión que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1 % de ruptura de tímpanos y el 1 % de heridas serias por proyectiles, generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas.		Nivel de sobrepresión que indica que se tendrán rupturas del 10% ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño ocasional en los marcos de dichas ventanas, así como daños a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios (Clancy 1972 and Baker, 1983).			
DIS. Dispersión.						LPF. Late Pool Fire (Charco de fuego tardío)							
FLA. Fuego tipo Flamazo (Flash Fire).						UVCE. Unconfined Vapour Cloud Explosion (Explosión de Nube de Vapor no Confinado).							
JETF. Fuego tipo soplete/Chorro de fuego /Jet Fire)						NA. No alcanzado.							
EPF. Early Pool Fire (Charco de fuego temprano)						FB. FireBALL (Bola de fuego).							
BLEVE. Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion.						NR. No reportado.							

En la **Tabla 36** se muestran la evaluación de los niveles de radiación y sobrepresión respecto de las distancias de interés.

Tabla 36. Niveles de radiación, toxicidad y sobrepresión a las distancias de interés.

ESCENARIO	TIPO DE EVENTO DE RIESGO Y RADIOS DE ZONAS DE AFECTACIÓN	DISTANCIAS DE INTERÉS Y EVALUACIÓN DE AFECTACIÓN		
		31 Metros (Edificio de Proceso del Cliente)	45 Metros (Tanques de Gas LP)	75 Metros (Tanque de Amoniaco)
ENESTAS-MEXIBC-01 Peor escenario	FB (Bola de Fuego) Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 53.81 m Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 95.53 m Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 149.81 m Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)- 274.97 m	Queda comprendido dentro del nivel letal por radiación.	Queda comprendido dentro del nivel letal por radiación.	Queda comprendido dentro del nivel de muy alto riesgo por radiación.
	LPF (Charco de Fuego Tardío) Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 77.03 m Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 138.16 m Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 209.00 m Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)- 365.13 m	Queda comprendido dentro del nivel letal por radiación.	Queda comprendido dentro del nivel letal por radiación.	Queda comprendido dentro del nivel letal por radiación.
	UVCE (Explosión de Nube de Vapor no Confinada) Nivel de Alto Riesgo (1 psi) – 392.37 Nivel de Amortiguamiento (0.5 psi) -536.20	Queda comprendido dentro del radio de alto riesgo por sobrepresión.	Queda comprendido dentro del radio de alto riesgo por sobrepresión.	Queda comprendido dentro del radio de alto riesgo por sobrepresión.
ENESTAS-MEXIBC-02 Escenario más probable	JET (Chorro de fuego /Jet Fire) Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 7.73 m Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 12.57 m Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 15.75 m Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)- 26.50 m	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.
	EPF (Charco de fuego temprano) Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 6.01 m Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 7.94 m Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 9.56 m Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)- 12.54 m	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.
	LPF (Charco de Fuego Tardío) Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 6.01 m Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 7.94 m Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 9.56 m Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)- 12.54 m	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.	Queda fuera de niveles de riesgo y fuera del nivel de amortiguamiento.
	UVCE (Explosión de Nube de Vapor no Confinada) Nivel de Alto Riesgo (1 psi) - 65.73 m Nivel de Amortiguamiento (0.5 psi) - 91.72 m	Queda comprendido dentro del radio de alto riesgo por sobrepresión.	Queda comprendido dentro del radio de alto riesgo por sobrepresión.	Queda comprendido dentro del nivel de amortiguamiento por sobrepresión.
ENESTAS-MEXIBC-03 Escenario alternativo	JET (Chorro de fuego /Jet Fire) Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- no detectado Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- no detectado Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- no detectado Nivel de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)- 1.088 m	Queda fuera del nivel de amortiguamiento	Queda fuera del nivel de amortiguamiento	Queda fuera del nivel de amortiguamiento

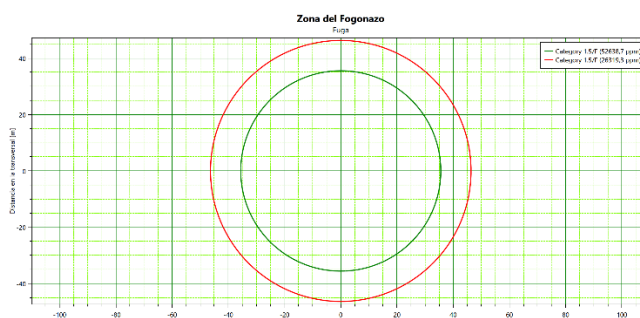
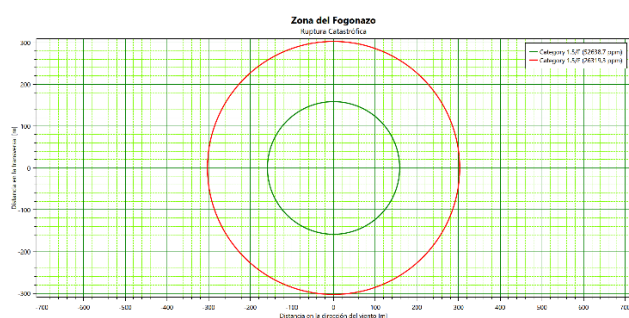
Los radios de afectación estimados y plasmados en el Plano de Localización de la Terminal Remota, donde se visualizan las áreas de exposición en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento se adjuntan en el **Anexo 7**.

Los radios de las zonas de inflamabilidad de los dos escenarios en donde, en caso de ocurrencia del evento se debe evitar tener fuentes de ignición viva y donde conviene evaluar la instalación de sistema de detección de gas y fuego con activaciones de alarmas audibles y visibles, así como activación del sistema por emergencia se muestran en las siguientes figuras. El evento no se detectó en el tercer escenario.

Figura 50. Zonas de Inflamabilidad para los escenarios propuestos 01 y 02.

ENESTAS-MEXIBC-01

ENESTAS-MEXIBC-02



Radio de Zonas de Afectación en metros (A condiciones climatológicas promedio del sitio)	
Inflamabilidad (flashfire)	Distancia a favor del viento
Límite inferior de explosividad LEL(50000ppm)	158.60 m
½ Límite inferior de explosividad ½ LEL (25000ppm)	302.63 m

Radio de Zonas de Afectación en metros (A condiciones climatológicas promedio del sitio)	
Inflamabilidad (flashfire)	Distancia a favor del viento
Límite inferior de explosividad LEL(50000ppm)	35.57 m
½ Límite inferior de explosividad ½ LEL (25000ppm)	46.35 m

Los radios y zonas de afectación por radicación, toxicidad y sobrepresión derivado de escenarios de pérdida de contención están integrados en el **Anexo 7**.

En cuanto al cálculo y determinación de los parámetros empleados en la simulación de eventos, en el punto V.3 se describe el cálculo del volumen máximo de Gas Natural presente en la Instalación en un momento dado, y en el **Anexo 5** y en el **Anexo 6**, se incluyen los datos alimentados.

VII.1.3. Análisis de Vulnerabilidad e Interacción del riesgo.

En la **Tabla 37** se presenta el Análisis de vulnerabilidad e interacción de riesgo para los escenarios hipotéticos.

Tabla 37. Análisis de vulnerabilidad e interacción de riesgo para los escenarios hipotéticos.

Clave escenario de riesgo Hipotético	Descripción	Evento Final Indeseado	Radio (m)	Infraestructura expuesta	Medidas preventivas y de mitigación.
ENESTAS- MEXIBC- PC-01	Fuga, explosión e incendio en tanque criogénico por aumento de presión en el interior del tanque hasta pérdida de contención de los 19,800 kilogramos de gas natural licuado (metano).	Deflagración controlada (FB)	Nivel Letal (37.5 kW/m²)- 53.81 m Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m²)- 95.53 m Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m²)- 149.81 m	- Autotank de recarga en caso de evento durante la carga. - Vaporizador. - Estación de regulación (Manifold). - Personal, edificios y equipamiento del cliente. - Tanques de Gas LP propiedad del cliente. - Tanque de amoniaco del cliente.	- Válvula de venteo manual V 19, Válvulas de alivio de presión del tanque (SV-7, SV-8) calibradas a 115 psi. - Válvula de alivio SV-3 en la línea de llenado o drenado, ajustada 250 psi en la tubería de entrada y válvula SV-33 en la misma línea ajuste a 250 psi para evitar la sobrepresión del tanque y la tubería. - Parámetros de diseño del tanque. - Fabricación bajo ASME Sección VIII Div. 1 Edición 1998. - Certificado de inspección inicial de diciembre de 2017 - Sistema de telemedición con alertas de sobrepresión para identificación oportuna del incremento en la presión del tanque. - Curso al personal del cliente de inducción en el manejo seguro de GNL y Curso de Operación Segura de Terminal Remota de Regasificación. - Elemento 11 del SASISOPA Énestas (Integridad Mecánica). - Expediente de aseguramiento de calidad de la Terminal. - Equipo portátil de combate de incendios del cliente. - Equipo portátil de atención de incendios propio de Énestas en la Terminal.
		Charco de fuego tardío (LPF)	Nivel Letal (37.5 kW/m²)-77.03 m Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m²)-138.16 m Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m²)-209.00 m		
		Dispersión de nube inflamable masiva con daños al ambiente (FLA)	Límite inferior de explosividad 158.60 m		
		UVCE	Nivel de Alto Riesgo (1 psi) - 392.37		
Análisis de resultados y Recomendaciones					
Con base en los mecanismos de seguridad preventivos de protección contemplados e implementados en la ingeniería de la instalación, es posible llegar a presentarse un evento de dispersión masiva sin incendio, no obstante, en caso de encontrar un punto de ignición pudiera presentarse un fuego tipo charco tardío localizado en un radio de 48.52 m. Por esta razón, es indispensable comentar que la nube deja el charco a 14.107 s desde la liberación del material alcanzando una distancia de 34.89 m terminando en expansión instantánea a los 1.001 s desde la emisión y 0.8371 m para terminar su dispersión con una concentración de 418.74 ppm a 14.17 s de la emisión y a una distancia de 34.89 m, por lo tanto, se considera un Riesgo Aceptable por la baja frecuencia de					

Clave escenario de riesgo Hipotético	Descripción	Evento Final Indeseado	Radio (m)	Infraestructura expuesta	Medidas preventivas y de mitigación.
	ocurrencia. Asumiendo que una ruptura se presenta, se puede generar una Bola de fuego con un radio de 28.00 m al momento de su elevación con duración de 4.93 s seguido de un fuego tipo charco. Se ha identificado dentro de los radios de afectación la existencia de infraestructura, elementos o equipos con los cuales pudiera generarse un efecto dominó. Específicamente se tienen dos tanques de gas LP de 5,000 litros cada uno a 45 metros y un tanque de amoniaco de aproximadamente 4,500 kg a 75 metros. En relación al evento de un fuego tipo charco se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar que el porcentaje de 6.52% de la población expuesta se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o la muerte a causa de esta carga de exposición determinada. Esto significa que en caso de ocurrencia del evento, aproximadamente 7 de cada 100 personas que se encuentren dentro del radio correspondiente al nivel de radiación mencionado, sufrirían lesiones serias o la muerte. Cabe mencionar que las personas expuestas son únicamente personal del cliente toda vez que no se ubican poblaciones ni otras instalaciones dentro de las distancias de los radios de afectación. Respecto a la posibilidad de afectación ambiental, a pesar de la magnitud del evento, el impacto sobre el entorno natural se limita al posible incendio en pastizales ya que no se ubican receptores naturales vulnerables en la cercanía.				

Tabla 37. Análisis de vulnerabilidad e interacción de riesgo para los escenarios hipotéticos. (Continuación).

Clave escenario de riesgo Hipotético	Descripción	Evento Final Indeseado	Radio Zona de Alto Riesgo (m)	Infraestructura expuesta	Medidas preventivas y de mitigación.
ENESTAS-MEXIBC-02	Fuga, explosión e incendio de gas natural licuado (metano) durante maniobra de trasvase de autotank a tanque de guarda criogénico por mala operación, o por falla de accesorio o tubería.	Dispersión de nube inflamable masiva con daños al ambiente (FLA).	Límite inferior de explosividad 35.57	- Tanque criogénico de guarda aledaño. - Autotank de recarga. - Vaporizador. - Estación de regulación (Manifold). - Personal operativo durante la maniobra de descarga. - Personal, edificios y equipamiento del cliente. - Tanques de Gas LP propiedad del cliente.	- Válvula check CV-2/01. - Procedimiento de Traslado de GNL. - Programa de capacitación a operadores de unidades de transporte para la aplicación Procedimiento de Traslado de GNL. - Paro de emergencia de unidades de transporte. - Equipo de protección personal (equipo criogénico) de operadores de unidades de transporte. - Equipo portátil de extinción de incendios PQS propio. - Equipo portátil de extinción de incendios del cliente. - Equipo portátil de extinción de incendios de la unidad de recarga.
		Jet Fire controlado y mitigación con extintores portátiles (JETF)	Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 7.73 m		
			Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 12.57 m		
		Charco de fuego ignición inmediata (EPF) y mitigación con extintores portátiles	Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 15.75 m		
			Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 6.01 m		
			Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 7.94 m		
		Charco de fuego tardío controlado y menor eficiencia de mitigación con extintores portátiles (LPF)	Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 9.56 m		
			Nivel Letal (37.5 kW/m ²)- 6.01 m		
			Nivel de Muy Alto Riesgo (12.5 kW/m ²)- 7.94 m		
			Nivel de Alto Riesgo, (5 kW/m ²)- 9.56 m		

Clave escenario de riesgo Hipotético	Descripción	Evento Final Indeseado	Radio Zona de Alto Riesgo (m)	Infraestructura expuesta	Medidas preventivas y de mitigación.
		UVCE	Nivel de Alto Riesgo (1 psi) - 65.73		• Soporte para manguera de recarga (para prevención de daño mecánico). • Válvula de derrame (try-cock V-8) al 84.75% de altura. • Programa de capacitación a operadores de unidades de transporte para la aplicación Procedimiento de Traslado de GNL. • Paro de emergencia de unidades de transporte. • Supervisión por parte del operador. • Sistemas de telemedición. • Equipo portátil de extinción de incendios PQS propio. • Equipo portátil de extinción de incendios del cliente.

Análisis de resultados y Recomendaciones

Con base a los mecanismos de seguridad preventivos de protección contemplados e implementados en la ingeniería de la instalación, se estima que el evento de evaporación de líquido derramado sin incendio (DIS) es el más probable y controlado que puede presentarse en un radio de 6.19 m, no obstante, por la cantidad de material contenido y las acciones de aislamiento con paro por emergencia, el control es rápido. Por esta razón, es indispensable comentar que la dispersión comienza con un chorro rápido elevado con una tasa de 1.149 Kg/s, la nube cambia a termodinámica de gota de no equilibrio en 0,6752 s desde la emisión y 5,020 m, La nube inicia la fase de propagación de gas pesado 0,6992 s desde emisión y 5,1206 m, la nube desciende a 0. 9575 s desde la liberación del material alcanzando una distancia de 6.19 m haciendo la transición a pasiva a 39.29 s y a una distancia de 32.60 m para terminar su dispersión con una concentración de 242.78 ppm a 1776.52 s y a una distancia de 2071.08 m, por lo tanto, se considera un Riesgo Aceptable por la baja frecuencia de ocurrencia.

Se descarta efecto dominó sobre el tanque criogénico de guarda, sin embargo, la atención de la emergencia debe considerar el enfriamiento de este equipo para evitar su calentamiento e incremento de presión.

Se ha identificado dentro de los radios de afectación la existencia de infraestructura, elementos o equipos con los cuales pudiera generarse un efecto dominó. Específicamente se tienen dos tanques de gas LP de 5,000 litros cada uno a 45 metros con la posibilidad de efecto dominó en el evento de sobrepresión.

En relación con el evento Jet Fire se obtuvo un valor probit de 0.3603 para un nivel de radiación de 5 kW/m² lo que permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de esta carga de exposición determinada que fue de 0.0001747 % lo que conlleva a un Riesgo aceptable con control en caso de presentarse el evento. Lo anterior significa que no se esperarían lesiones graves ni decesos a este nivel de radiación.

En relación al evento Early Pool Fire, se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo

Clave escenario de riesgo Hipotético	Descripción	Evento Final Indeseado	Radio Zona de Alto Riesgo (m)	Infraestructura expuesta	Medidas preventivas y de mitigación.
	que permite determinar que el porcentaje de 6.52% de la población expuesta se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o la muerte a causa de esta carga de exposición determinada. Esto significa que en caso de ocurrencia del evento, aproximadamente 7 de cada 100 personas que se encuentren dentro del radio correspondiente al nivel de radiación mencionado, sufrirían lesiones serias o la muerte. Cabe mencionar que las personas expuestas son únicamente personal del cliente toda vez que no se ubican poblaciones ni otras instalaciones dentro de las distancias de los radios de afectación. No obstante, se considera que el riesgo es aceptable considerando la aplicación de controles. En relación al evento Late Pool Fire, se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de esta carga de exposición determinada que fue de 6.52%. El riesgo es igualmente aceptable considerando la aplicación de controles, como en el evento anterior. Respecto a la posibilidad de afectación ambiental, a pesar de la magnitud del evento, el impacto sobre el entorno natural se limita al posible incendio en pastizales ya que no se ubican receptores naturales vulnerables en la cercanía.				

En función de los resultados de la simulación, no se requiere el análisis de vulnerabilidad e interacciones de riesgo para el caso alterno.

VII.2. Análisis detallado de frecuencias y re-jerarquización de escenarios

En función de que no se determinó la existencia de escenarios en la zona de Riesgo no tolerable “B” (Región naranja) ni en la región de Riesgo Inaceptable “A” (Región roja) no se requirió la realización del análisis detallado de frecuencias.

VII.3. Medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

En la **Tabla 38** se muestra en forma resumida el inventario de sistemas y elementos de seguridad considerados en el diseño de la instalación.

Tabla 38. Inventario de sistemas y elementos de seguridad considerados en el diseño de la instalación

Área	Sistema/Elemento	Cantidad
Línea de carga a tanque de guarda (EURU-924004-4)	Válvula de relevo de presión SV-3 0.5" de diámetro calibrada a 250 psi	1
Línea de carga a tanque de guarda (EURU-924004-4)	Válvula de relevo de presión SV-3 0.5" de diámetro calibrada a 250 psi	1
Línea de carga a tanque de guarda (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de relevo de presión PSV-101 0.5" de diámetro calibrada a 275 psi	1
Línea de carga a tanque de guarda (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula check HV-101 (flujo unidireccional hacia el tanque) de 2"	1
Línea de llegada a vaporizadores (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de relevo de presión PSV-102 0.5" de diámetro	1

Área	Sistema/Elemento	Cantidad
Línea de carga a tanque de guarda (EURU-924004-4)	Válvula cortafuego FB-2 de 2" de accionamiento automático por termofusible.	1
Tanque de guarda (EURU-924004-4)	Válvula de derrame tipo globo 1" diámetro (V-8) en el tanque de guarda.	1
Vaporizador V-101 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de bloqueo HV-113 (tipo globo o compuerta) de 1 1/2" a entrada del vaporizador.	1
Vaporizador V-102 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de bloqueo HV-112 (tipo globo o compuerta) de 1 1/2" a entrada del vaporizador.	1
Vaporizador V-101 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de bloqueo HV-115 (tipo bola o compuerta) de 2" a la salida del vaporizador.	1
Vaporizador V-102 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de bloqueo HV-114 (tipo bola o compuerta) de 2" a la salida del vaporizador.	1
Línea de salida de vaporizador V-101 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de relevo de presión PSV-103 0.5" de diámetro calibrada a 275 psi	1
Línea de salida de vaporizador V-102 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de relevo de presión PSV-104 0.5" de diámetro calibrada a 275 psi	1
Vaporizador V-101 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Manguera flexible FLX-104 y FLX-106 (resistente a desplazamientos) de 2" de diámetro a la entrada y a la salida de vaporizador.	1 tramo
Vaporizador V-102 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Manguera flexible de 1 1/2" FLX-105 y de 2" FLX-107 (resistente a desplazamientos) de diámetro a la entrada y a la salida de vaporizador.	1 tramo
Vaporizador V-101 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de relevo de presión (venteo) PSV-103 de 0.5" en línea de salida del vaporizador, calibrada a 275 psi.	1
Vaporizador V-102 (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de relevo de presión (venteo) PSV-104 de 0.5" en línea de salida del vaporizador, calibrada a 275 psi.	1
Manifold (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula de relevo de presión (venteo) PSV-105 de 0.5" en línea de llegada al manifold, calibrada a 100 psi.	1
Manifold (ENE-1386-PR-PFD-002)	Válvula check CV-105 (flujo unidireccional en la línea de llegada) de 2"	1

En la Terminal Remota se contará con dos extintores de Polvo Químico Seco para atender conatos de incendio.

Así mismo, la se plantea la instalación de un Sistema de Telemetrías (Telemedición), cuya filosofía de operación es la siguiente.

Descripción de Equipos (se presentan especificaciones a manera de ejemplo, pueden variar marcas y detalles técnicos).

1.- Transmisor de nivel:

Marca: Endress + Hauser.

Modelo: PMD55-3NK0/101.

Serie: NB007315121.

Rango de -1200 @ 1200 inH₂O.

2.- Regulador de presión.

Marca: REGO.

Modelo: BR-1780

Capacidad: 30000 SCFH (3/4" a 1"), 20000 SCFH (1/2")

Máxima presión de entrada: 500 psig (34 bar)

Rango de temperatura: -40° F to +165° F. (-40°C to +74°C)

3.- Válvulas globo:

Marca: HEROSE.

Modelo: 01325.

Rango: 2 Canales.

4.- Válvulas de relevo

Marca: REGO (CRYO-FLOW PRODUCTS).

Modelo: 9400 serie latón o acero

Características: Hermético a burbujas a 95% de ajuste de la presión

Rango de temperatura: -320° F a 165°F

Rango de uso: Tipo SS o PRV a 0.783 SCFM de aire / PSIA at 110% del ajuste de presión

B-9425N con flujo a 6.7 SCFM de aire / PSIA at 120% del ajuste de presión (50 psig – 300psig)

B-9426N con flujo a 11.0 SCFM de aire / PSIA at 120% del ajuste de presión (100 psig – 300psig)

Principio de operación de la telemetría.

El transmisor de nivel cuenta con dos tomas una de baja presión (L) y otra de alta presión (H), ambas se conectan mecánicamente al tanque guarda de la siguiente manera:

Lo anterior para poder censar la columna de líquido y calcular el % de nivel con el que cuenta el tanque guarda.

El sensor de presión es conectado mecánicamente en serie con el transmisor de nivel en la cámara de alta presión (H) para poder censar la presión interna del tanque guarda.

Ambos sensores están conectados eléctricamente a una tarjeta de comunicación en la telemetría, la cual convierte la señal eléctrica o análoga de 4-20 mA a señal digital, lo anterior para poder enviar una alerta vía GSM cada 12 horas (03:00 am y 15:00 pm) a una base de datos monitoreada por Data On Line la cual se puede consultar desde los teléfonos celulares del personal designado por parte de Énestas en la aplicación "Asset Viewer".

VII.4. Medidas preventivas.

En la **Tabla 39** se presentan las normas y códigos considerados para el diseño e instalación de la Terminal Remota.

Tabla 39. Tabla Criterios de Diseño y Normatividad Aplicable a la Terminal Remota.

Concepto	Normas de referencia	Dependencia
Especificaciones del gas natural, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 19 de marzo de 2010.	NOM-001-SECRE-2010	NOM-SECRE (ASEA)
Requisitos de seguridad para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de terminales de almacenamiento de gas natural licuado que incluyen sistemas, equipos e instalaciones de recepción, conducción, vaporización y entrega de gas natural	NOM-013-SECRE-2012	ASEA
National Fire Protection Association	NFPA 59A	NFPA
Instalaciones eléctricas (utilización), publicadas en el DOF el 29 de noviembre de 2012.	NOM-001-SEDE-2012	NOM-SEDE
Señales y avisos para protección civil.- Colores, formas y símbolos a utilizar, publicada en el DOF el 23 de diciembre de 2011.	NOM-003-SEGOB-2011	NOM-SEGOB
Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad, publicada en el DOF el 24 de noviembre de 2008.	NOM-001-STPS-2008	NOM-STPS
Condiciones de seguridad, prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, publicada en el DOF el 9 de diciembre de 2010.	NOM-002-STPS-2010	NOM-STPS
Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo, publicada en el DOF el 31 de mayo de 1999.	NOM-004-STPS-1999	NOM-STPS
Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, publicada en el DOF el 2 de febrero de 1999.	NOM-005-STPS-1998	NOM-STPS
Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, publicada en el DOF el 9 de octubre	NOM-018-STPS-2015	NOM-STPS

Concepto	Normas de referencia	Dependencia
de 2015.		
Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas- Funcionamiento-Condiciones de seguridad, publicada en el DOF el 27 de diciembre de 2011.	NOM-020-STPS-2011	NOM-STPS
Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, publicada en el DOF el 25 de noviembre de 2008.	NOM-026-STPS-2008	NOM-STPS
Sistema general de unidades de medida, publicada en el DOF el 27 de noviembre de 2002.	NOM-008-SCFI-2002	NOM-SCFI
Process Piping	ASME B31.3	ASME
Tanques de guarda	Tanque interno ASME SA- 240 304 Tanque Externo S235JR EN 10025 being carbon steel ASME Sec. VIII, Div. 1; ASME B 31.3 USDOT SPECIFICATION MC-338 COMPRESSED GAS ASSOCIATION (CGA) 341 NFPA 59A NFPA 385 NFPA 70	ASME NFPA CGA US DOT

A continuación se muestran los procedimientos, planes, programas y acciones técnico-administrativas que se plantean para la prevención y control de riesgos en la instalación.

- Procedimiento PR-SAI-LOG-01 Distribución de Gas Natural Licuado
- Procedimiento PR-SAI-LOG-02 Transporte de Gas Natural Licuado
- Procedimiento PR-SAI-OP-03 Trasvase de GNL a Estaciones/Terminales
- Procedimiento PR-SAI-RH-02 Competencia, Capacitación y Entrenamiento
- Procedimiento PR-SAI-OP-05 Mantenimiento de Terminales/Estaciones Remotas de GNL
- Procedimiento PR-SAI-OP-04 Operación de Estaciones/Terminales
- Formato FO-SAI-SEG-26 inspecciones de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad SSMAC
- Procedimiento PR-SAI-OP-08 Pruebas e Inspecciones a Tanque Criogénico
- Formato FO-SAI-OP-12 Lista de Verificación Criogénica y Mecánica
- Formato FO-SAI-OP-02 Lista de Verificación para Carga de Isocontenedores.
- Procedimiento PR-SAI-OP-09 Identificación de Equipos Críticos
- Programa de capacitación a operarios de autotankers de llenado.
- Procedimiento PR-SAI-OP-07 Verificación de Instrumentos
- Formato FO-SAI-OP-06 Plan de Mantenimiento a Instrumentos
- Certificado de Inspección inicial del Tanque.

- Procedimiento PR-SAI-OP-02 Precomisionamiento, Comisionamiento y Puesta en Operación de Estación/Terminal Remota de GNL
- Reporte de análisis cromatográfico del GNL

VIII. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO ADICIONALES PARA ESCENARIOS DE RIESGO NO TOLERABLES

Toda vez que como resultado del análisis cualitativo y cuantitativo de Riesgo no se determinó la existencia de escenarios localizados en las zonas de Riesgo no tolerable “B” (Región naranja) ni en la región de Riesgo Inaceptable “A” (Región roja), no se requirió la determinación de medidas de reducción de riesgo adicionales.

IX. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.

Como resultado de este análisis, se identificaron, analizaron, evaluaron y jerarquizaron los riesgos que se presentan en las actividades que realiza Énestas en la Terminal Remota, se estimaron sus posibles consecuencias y las interacciones relacionadas en caso de ocurrencia.

La administración de estos riesgos se logra a través de la implantación de medidas preventivas y correctivas, que reduzcan obviamente su probabilidad de ocurrencia y/o sus posibles consecuencias, soportándolas todas ellas con un efectivo análisis costo-beneficio que permitan integrar estos proyectos a la cadena productiva, de forma segura bajo niveles de riesgo tolerables.

La aplicación de las metodologías de identificación de riesgos generó una serie de recomendaciones que se presentan en el presente documento, dirigidas principalmente a la administración de la seguridad en los procesos, integridad mecánica, disciplina operativa y capacitación de los operarios.

A continuación, se presentan todas las recomendaciones de medidas preventivas que derivado del análisis realizado se requiere establecer, reforzar, formalizar y/o complementar para mantener la seguridad operacional una vez que opere la Terminal Remota. Las medidas se han clasificado en dos tipos: recomendaciones técnico operativas (RTO) y recomendaciones administrativas (RA).

Tabla 40. Recomendaciones Técnico Operativas (RTO) y Recomendaciones Administrativas (RA).

No.	Recomendación de Medidas Preventivas y de Mitigación	Tipo de Recomendación	Grado de riesgo			
			Inaceptable	No Tolerable	Tolerable con controles	Tolerable
1.	Obtener el dictamen de cumplimiento con la NOM-020-STPS-2011 para el tanque de guarda.	RA			X	
2.	Desarrollar el programa de mantenimiento de la Terminal conforme a los Procedimientos de Énestas (Elemento 11 SASISOPA), incluyendo el sistema de administración para asegurar la vigencia del dictamen de cumplimiento con la NOM-020-STPS-2011.	RA			X	
3.	Diseñar un programa de capacitación al personal de Operaciones en materia de supervisión e inspección de mantenimiento y establecer la aplicación del programa.	RA			X	
4.	Diseño e implementación del Protocolo de Respuesta a Emergencias con base en los resultados del análisis de riesgo. Dicho Protocolo deberá implementarse en coordinación con el cliente y el transportista.	RA			X	
5.	Evaluar la factibilidad técnico-económica de la instalación de un sistema de detección y alarma en caso de fugas de gas natural.	RTO			X	
6.	Recomendar al cliente la reubicación/retiro de los tanques de gas	RA			X	

No.	Recomendación de Medidas Preventivas y de Mitigación	Tipo de Recomendación	Grado de riesgo			
			Inaceptable	No Tolerable	Tolerable con controles	Tolerable
	LP ubicados en la cercanía de la Terminal.					
7.	Comunicar al cliente los resultados del presente análisis de riesgo incluyendo los radios de afectación resultantes y la localización de infraestructura de manejo de sustancias químicas peligrosas, particularmente el sistema de refrigeración con amoniaco.	RA			X	
8.	Difundir los aspectos pertinentes del PRE (que será desarrollado en su momento) a los operadores de unidades de transporte para la atención de emergencias de incendio.	RA			X	
9.	Instalar en todas las líneas de entrada al sistema malla cónica (sombrero de bruja) e incluir la limpieza periódica de este dispositivo en los procedimientos de mantenimiento.	RTO			X	
10.	Recomendar al cliente la aplicación del programa de orden y limpieza en la periferia de la instalación.	RA			X	
11.	Consultar al cliente si las aguas residuales que se manejan en el cárcamo aledaño tienen posibilidad de presentar biogas inflamable.	RA			X	
12.	Consultar al cliente si se cuenta con Dictamen de Cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2012 para las instalaciones eléctricas, incluyendo las relacionadas con la alimentación del equipo del cárcamo de bombeo.	RA				
13.	Instalar arrestador de flama en el desfogue del sistema de alivio (mufa).	RTO				
14.	Establecimiento de los criterios para aseguramiento de la calidad de todos los elementos de la Terminal incluyendo la procura y la instalación.	RA				
15.	Incluir a la Terminal en el programa de inspecciones de Énestas.	RA				
16.	Desarrollar procedimiento de manejo seguro de sustancia odorizante en la Terminal, considerando las propiedades de riesgo establecidas en su HDS.	RA				
17.	Diseño e implementación del Protocolo de Respuesta a Emergencias incluyendo las acciones de respuesta en caso de emergencias con el fluido odorizante en el Terminal.	RA				
18.	Incluir la Terminal en el programa de	RA				

No.	Recomendación de Medidas Preventivas y de Mitigación	Tipo de Recomendación	Grado de riesgo			
			Inaceptable	No Tolerable	Tolerable con controles	Tolerable
	mantenimiento/calibración de instrumentos.					
19.	Verificar la congruencia de la información de dispositivos de seguridad y prevención entre los diagramas proporcionados por el fabricante con respecto a la conformación real de los equipos.	RA				
20.	Aplicación del elemento 11 del SASISOPA (Integridad Mecánica y Aseguramiento de Calidad) en lo referente a la tecnología de proceso.	RA				
21.	Diseño e implementación del Protocolo de Respuesta a Emergencias con base en los resultados del análisis de riesgo. Dicho Protocolo deberá implementarse en concordancia con las características de riesgo sísmológico de la región y en coordinación con el cliente.	RA				
22.	Solicitar al cliente la integración del área de la terminal al sistema de protección para descargas atmosféricas y sistema de tierras de la planta.	RA				
23.	Solicitar al cliente la restricción de circulación de vehículos en el área aledaña a la zona de recarga en un radio de 8 metros como mínimo durante la operación de trasvase.	RA				
24.	Solicitar al cliente capacitación para el conocimiento y aplicación del protocolo de respuesta a emergencias por fuga de amoníaco para el personal de Énestas y sus prestadores de servicio.	RA				

X. CONCLUSIONES.

Las actividades de Énestas en la Terminal Remota involucran el manejo de Gas Natural Licuado, sustancia con propiedades de riesgo asociadas a su característica inflamable. Al pertenecer al Sector Hidrocarburos, es obligatorio que cuente con un Análisis de Riesgo que sirva como punto de partida para la elaboración de planes de respuesta específicos y planes, programas y procedimientos que permitan documentar la administración de los riesgos detectados.

La aplicación de las metodologías de identificación de riesgos permite ubicar a la estación en una **Región de Riesgo Tolerable con Controles “C”** (Región amarilla). El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Esto implica que se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

No se detectaron escenarios de accidentes potenciales ubicados en la **Región de Riesgo inaceptable “A”** (Región roja) ni en la **Región de Riesgo no tolerable “B”** (Región naranja). Los riesgos de este tipo deben provocar acciones inmediatas para implantar las recomendaciones generadas en el análisis de riesgos. El costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Los riesgos no tolerables representan situaciones de emergencia y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos. Las acciones deben reducirlos a una **Región de Riesgo Tolerable “C”** (Región amarilla) y en el mejor de los casos, hasta Riesgo tolerable. Los riesgos inaceptables implican que la operación no debe realizarse absolutamente.

Es decir, la administración de riesgos debe dar prioridad a las medidas de mitigación de estos Escenarios de Accidentes Potenciales.

Se determinó que los escenarios de accidentes potenciales se ubican en la región amarilla, que es la de riesgo tolerable con controles. Los escenarios están relacionados con el manejo de GNL en tanque de guarda y suministro a clientes, pero sobre todo al factor humano.

El peor caso identificado se refiere a liberación e incendio de GNL por pérdida de contención del tanque criogénico.

El caso más probable es una fuga de GNL durante carga desde autotanque.

Los eventos detectados en el análisis de consecuencias realizado fueron los siguientes:

- Para el peor caso: deflagración controlada (FB), charco de fuego tardío (LPF) y explosión de nube de vapor no confinada (UVCE).
- Para el caso más probable: chorro de fuego (JET), charco de fuego temprano (EPF), charco de fuego tardío (LPF) y explosión de nube de vapor no confinada (UVCE).
- Para el caso alterno: no se detectaron eventos de interés en el análisis de consecuencias (UVCE).

La implantación de las recomendaciones derivadas del análisis, permitirán la administración de los riesgos detectados.

Con la finalidad de administrar los riesgos detectados, es necesario que Énestas programe las recomendaciones que se generaron, de acuerdo con su grado. El cumplimiento de este programa deberá ser supervisado y documentado.

La atención de los escenarios de accidentes potenciales deberá reflejarse en instructivos específicos dentro del Protocolo de Respuesta a Emergencias de Énestas.

El presente Análisis de riesgo de procesos debe actualizarse en los supuestos siguientes:

- Cada cinco años.
- En caso de accidentes mayores.
- En caso de modificaciones que impliquen aumento en el volumen de sustancias riesgosas manejadas, la instalación de nuevos equipos, o en caso de que el entorno de la instalación modifique las consecuencias de los escenarios de accidentes potenciales detectados.

Análisis preliminar de peligros

Como resultado del análisis histórico de accidentes (AHA), se identificó de forma precisa el origen y las causas que precedieron a accidentes que sucedieron en instalaciones industriales similares a las descritas en este estudio, considerando el factor humano y las actividades asociadas con el manejo de GNL. Esta identificación preliminar de riesgo permite identificar como la causa principal de eventos de riesgo, al factor humano, es decir, la intervención de los operarios en las actividades de instalación, operación, mantenimiento y atención de emergencias. Las causas asociadas al diseño no son un factor determinante para incrementar la probabilidad de ocurrencia de los eventos de riesgo.

Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Con base en la aplicación de los criterios de evaluación de la Matriz de Jerarquización de Riesgos a los 32 escenarios identificados mediante la aplicación de la metodología ¿Qué pasa si? en función de las consecuencias al personal, población, al medio ambiente y a la instalación, se obtuvieron los siguientes resultados:

15 (46.87 %) Escenarios de Accidentes Potenciales localizados en la Región de riesgo ALARP “B” (As Low Reasonably Practicable – Tan bajo como sea razonablemente práctico) (Región amarilla). Los riesgos que se ubiquen en esta región deben estudiarse a detalle mediante análisis de tipo costo-beneficio para que pueda tomarse una decisión en cuanto a que se tolere el riesgo o se implementen recomendaciones que permitan reducirlos a la región de Riesgo tolerable.

17 (53.13 %) Escenarios de Accidentes Potenciales localizados en la Región de Riesgo Tolerable “C” (Región verde). El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

No se determinó la existencia de escenarios en las regiones de Riesgo no tolerable “B” (Región naranja) ni en la región de Riesgo Inaceptable “A” (Riesgo inaceptable) (Región roja).

Los escenarios de accidentes potenciales seleccionados para analizar sus consecuencias se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 41. Escenarios seleccionados para el análisis de consecuencias.

Tipo de Riesgo	Clave escenario Hipotético	Descripción	Tipificación del escenario
C	ENESTAS-MEXIBC-01	Fuga, explosión e incendio en tanque criogénico por aumento de presión en el interior del tanque hasta pérdida de contención de los 19,800 kilogramos de gas natural licuado (metano).	Peor Caso (PC)
C	ENESTAS-MEXIBC-02	Fuga, explosión e incendio de gas natural licuado (metano) durante maniobra de trasvase de autotanque a tanque de guarda criogénico por mala operación, o por falla de accesorio o tubería.	Caso Más Probable (CM)
C	ENESTAS-MEXIBC-03	Fuga, explosión e incendio de gas natural (metano) en la sección de regulación después del regasificador por falla de accesorio o tubería.	Caso Alternativo (CA)

Análisis de consecuencias.

Mediante el uso del Software PHAST Ver. 8.4 se estimaron las consecuencias de estos escenarios de accidentes potenciales.

Para el peor caso:

Con base en los mecanismos de seguridad preventivos de protección contemplados e implementados en la ingeniería de la instalación, es posible llegar a presentarse un evento de dispersión masiva sin incendio, no obstante, en caso de encontrar un punto de ignición pudiera presentarse un fuego tipo charco tardío localizado en un radio de 48.52 m. Por esta razón, es indispensable comentar que la nube deja el charco a 14.107 s desde la liberación del material alcanzando una distancia de 34.89 m terminando en expansión instantánea a los 1.001 s desde la emisión y 0.8371 m para terminar su dispersión con una concentración de 418.74 ppm a 14.17 s de la emisión y a una distancia de 34.89 m, por lo tanto, se considera un Riesgo Aceptable por la baja frecuencia de ocurrencia.

Asumiendo que una ruptura se presenta, se puede generar una Bola de fuego con un radio de 28.00 m al momento de su elevación con duración de 4.93 s seguido de un fuego tipo charco.

Se ha identificado dentro de los radios de afectación la existencia de infraestructura, elementos o equipos con los cuales pudiera generarse un efecto dominó. Específicamente se tienen dos tanques de gas LP de 5,000 litros cada uno a 45 metros y un tanque de amoníaco de aproximadamente 4,500 kg a 75 metros.

En relación al evento de un fuego tipo charco se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar que el porcentaje de 6.52% de la población expuesta se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o la muerte a causa de esta carga de exposición determinada. Esto significa que en caso de ocurrencia del evento, aproximadamente 7 de cada 100 personas que se encuentren dentro del radio correspondiente al nivel de radiación mencionado, sufrirían lesiones serias o la

muerte. Cabe mencionar que las personas expuestas son únicamente personal del cliente toda vez que no se ubican poblaciones ni otras instalaciones dentro de las distancias de los radios de afectación.

Respecto a la posibilidad de afectación ambiental, a pesar de la magnitud del evento, el impacto sobre el entorno natural se limita al posible incendio en pastizales ya que no se ubican receptores naturales vulnerables en la cercanía.

Para el caso más probable:

Con base a los mecanismos de seguridad preventivos de protección contemplados e implementados en la ingeniería de la instalación, se estima que el evento de evaporación de líquido derramado sin incendio (DIS) es el más probable y controlado que puede presentarse en un radio de 6.19 m, no obstante, por la cantidad de material contenido y las acciones de aislamiento con paro por emergencia, el control es rápido. Por esta razón, es indispensable comentar que la dispersión comienza con un chorro rápido elevado con una tasa de 1.149 Kg/s, la nube cambia a termodinámica de gota de no equilibrio en 0,6752 s desde la emisión y 5,020 m, La nube inicia la fase de propagación de gas pesado 0,6992 s desde emisión y 5,1206 m, la nube desciende a 0.9575 s desde la liberación del material alcanzando una distancia de 6.19 m haciendo la transición a pasiva a 39.29 s y a una distancia de 32.60 m para terminar su dispersión con una concentración de 242.78 ppm a 1776.52 s y a una distancia de 2071.08 m, por lo tanto, se considera un Riesgo Aceptable por la baja frecuencia de ocurrencia.

Se descarta efecto dominó sobre el tanque criogénico de guarda, sin embargo, la atención de la emergencia debe considerar el enfriamiento de este equipo para evitar su calentamiento e incremento de presión. Tampoco se ha identificado dentro de los radios de afectación la existencia de infraestructura, elementos o equipos con los cuales pudiera generarse otro efecto dominó.

Se ha identificado dentro de los radios de afectación la existencia de infraestructura, elementos o equipos con los cuales pudiera generarse un efecto dominó. Específicamente se tienen dos tanques de gas LP de 5,000 litros cada uno a 45 metros con la posibilidad de efecto dominó en el evento de sobrepresión.

En relación con el evento Jet Fire se obtuvo un valor probit de 0.3603 para un nivel de radiación de 5 kW/m² lo que permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de esta carga de exposición determinada que fue de 0.0001747 % lo que conlleva a un Riesgo aceptable con control en caso de presentarse el evento. Lo anterior significa que no se esperarían lesiones graves ni decesos a este nivel de radiación.

En relación al evento Early Pool Fire, se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar que el porcentaje de 6.52% de la población expuesta se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o la muerte a causa de esta carga de exposición determinada. Esto significa que en caso de ocurrencia del evento, aproximadamente 7 de cada 100 personas que se encuentren dentro del radio correspondiente al nivel de radiación mencionado, sufrirían lesiones serias o la muerte. Cabe mencionar que las personas expuestas son únicamente personal del cliente toda vez que no se ubican poblaciones ni otras instalaciones dentro de las distancias de los radios de afectación. No obstante, se considera que el riesgo es aceptable considerando la aplicación de controles.

En relación al evento Late Pool Fire, se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de esta carga de exposición determinada que fue de 6.52%. El riesgo es igualmente aceptable considerando la aplicación de controles, como en el evento anterior.

Respecto a la posibilidad de afectación ambiental, a pesar de la magnitud del evento, el impacto sobre el entorno natural se limita al posible incendio en pastizales ya que no se ubican receptores naturales vulnerables en la cercanía.

Análisis de frecuencias

En función de que no se determinó la existencia de escenarios en la zona de Riesgo no tolerable “B” (Región naranja) ni en la región de Riesgo Inaceptable “A” (Región roja) no se requirió la realización del análisis detallado de frecuencias.

Recomendaciones Técnico-Operativas y Administrativas.

Como resultado del análisis, se generaron 24 recomendaciones, 3 de las cuales son técnico-operativas y 21 son administrativas. Las recomendaciones están enfocadas en el factor humano, la aplicación de dispositivos de seguridad y prevención y en la elaboración y aplicación de planes, programas y procedimientos de operación, mantenimiento, seguridad y atención de emergencias.

La programación y seguimiento de estas recomendaciones permitirá mantener e incluso disminuir el grado de riesgo de los escenarios de accidentes potenciales.

XI. RESUMEN EJECUTIVO

En el **Anexo 8** se presenta el informe técnico conforme el formato especificado en la Guía para Elaboración de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos de la ASEA, en el cual se indica información tal como datos generales de la empresa y la relación de sustancias peligrosas manejadas, capacidad y tipos de almacenamiento, eventos de riesgos y radios de afectación.

Como resultado del análisis histórico de accidentes (AHA), se identificó de forma precisa el origen y las causas que precedieron a accidentes que sucedieron en instalaciones industriales similares a las descritas en este estudio. Asimismo, se realizó la aplicación de lista de verificación para complementar la identificación preliminar de riesgos.

Con base en la aplicación de la metodología de evaluación ¿Qué pasa sí? se identificaron 32 escenarios de riesgo, mismos que fueron evaluados y jerarquizados.

La aplicación de las metodologías de identificación de riesgos permite ubicar a la estación en una Región de Riesgo Tolerable con Controles “C” (Región amarilla). El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Esto implica que se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

No se detectaron escenarios de accidentes potenciales ubicados en la Región de Riesgo inaceptable “A” (Región roja) ni en la Región de Riesgo no tolerable “B” (Región naranja).

15 (46.87 %) Escenarios de Accidentes Potenciales localizados en la Región de riesgo ALARP “B” (As Low Reasonably Practicable – Tan bajo como sea razonablemente práctico) (Región amarilla). Los riesgos que se ubiquen en esta región deben estudiarse a detalle mediante análisis de tipo costo-beneficio para que pueda tomarse una decisión en cuanto a que se tolere el riesgo o se implementen recomendaciones que permitan reducirlos a la región de Riesgo tolerable.

17 (53.13 %) Escenarios de Accidentes Potenciales localizados en la Región de Riesgo Tolerable “C” (Región verde). El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

Los escenarios de accidentes potenciales son los siguientes:

- Peor caso: Fuga, explosión e incendio en tanque criogénico por aumento de presión en el interior del tanque hasta pérdida de contención de los 19,800 kilogramos de gas natural licuado (metano).
- El caso más probable: Fuga, explosión e incendio de gas natural licuado (metano) durante maniobra de trasvase de autotanque a tanque de guarda criogénico por mala operación, o por falla de accesorio o tubería.
- Caso alternativo: Fuga, explosión e incendio de gas natural (metano) en el by-pass del regulador después del regasificador por falla de accesorio o tubería.

Análisis de consecuencias.

Mediante el uso del Software PHAST Ver. 8.4 se estimaron las consecuencias de estos escenarios de accidentes potenciales.

Para el peor caso:

Con base en los mecanismos de seguridad preventivos de protección contemplados e implementados en la ingeniería de la instalación, es posible llegar a presentarse un evento de dispersión masiva sin incendio, no obstante, en caso de encontrar un punto de ignición pudiera presentarse un fuego tipo charco tardío localizado en un radio de 48.52 m. Por esta razón, es indispensable comentar que la nube deja el charco a 14.107 s desde la liberación del material alcanzando una distancia de 34.89 m terminando en expansión instantánea a los 1.001 s desde la emisión y 0.8371 m para terminar su dispersión con una concentración de 418.74 ppm a 14.17 s de la emisión y a una distancia de 34.89 m, por lo tanto, se considera un Riesgo Aceptable por la baja frecuencia de ocurrencia.

Asumiendo que una ruptura se presenta, se puede generar una Bola de fuego con un radio de 28.00 m al momento de su elevación con duración de 4.93 s seguido de un fuego tipo charco.

Se ha identificado dentro de los radios de afectación la existencia de infraestructura, elementos o equipos con los cuales pudiera generarse un efecto dominó. Específicamente se tienen dos tanques de gas LP de 5,000 litros cada uno a 45 metros y un tanque de amoníaco de aproximadamente 4,500 kg a 75 metros.

En relación al evento de un fuego tipo charco se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar que el porcentaje de 6.52% de la población expuesta se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o la muerte a causa de esta carga de exposición determinada. Esto significa que en caso de ocurrencia del evento, aproximadamente 7 de cada 100 personas que se encuentren dentro del radio correspondiente al nivel de radiación mencionado, sufrirían lesiones serias o la muerte. Cabe mencionar que las personas expuestas son únicamente personal del cliente toda vez que no se ubican poblaciones ni otras instalaciones dentro de las distancias de los radios de afectación.

Respecto a la posibilidad de afectación ambiental, a pesar de la magnitud del evento, el impacto sobre el entorno natural se limita al posible incendio en pastizales ya que no se ubican receptores naturales vulnerables en la cercanía.

Para el caso más probable:

Con base a los mecanismos de seguridad preventivos de protección contemplados e implementados en la ingeniería de la instalación, se estima que el evento de evaporación de líquido derramado sin incendio (DIS) es el más probable y controlado que puede presentarse en un radio de 6.19 m, no obstante, por la cantidad de material contenido y las acciones de aislamiento con paro por emergencia, el control es rápido. Por esta razón, es indispensable comentar que la dispersión comienza con un chorro rápido elevado con una tasa de 1.149 Kg/s, la nube cambia a termodinámica de gota de no equilibrio en 0,6752 s desde la emisión y 5,020 m, La nube inicia la fase de propagación de gas pesado 0,6992 s desde emisión y 5,1206 m, la nube desciende a 0.9575 s desde la liberación del material alcanzando una distancia de 6.19 m haciendo la transición a pasiva a 39.29 s y a una distancia de 32.60 m para terminar su dispersión con una concentración de 242.78 ppm a 1776.52 s y a una distancia de 2071.08 m, por lo tanto, se considera un Riesgo Aceptable por la baja frecuencia de ocurrencia.

Se descarta efecto dominó sobre el tanque criogénico de guarda, sin embargo, la atención de la emergencia debe considerar el enfriamiento de este equipo para evitar su calentamiento e incremento de presión.

Se ha identificado dentro de los radios de afectación la existencia de infraestructura, elementos o equipos con los cuales pudiera generarse un efecto dominó. Específicamente se tienen dos tanques de gas LP de 5,000 litros cada uno a 45 metros con la posibilidad de efecto dominó en el evento de sobrepresión.

En relación con el evento Jet Fire se obtuvo un valor probit de 0.3603 para un nivel de radiación de 5 kW/m² lo que permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de esta carga de exposición determinada que fue de 0.0001747 % lo que conlleva a un Riesgo aceptable con control en caso de presentarse el evento. Lo anterior significa que no se esperarían lesiones graves ni decesos a este nivel de radiación.

En relación al evento Early Pool Fire, se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar que el porcentaje de 6.52% de la población expuesta se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o la muerte a causa de esta carga de exposición determinada. Esto significa que en caso de ocurrencia del evento, aproximadamente 7 de cada 100 personas que se encuentren dentro del radio correspondiente al nivel de radiación mencionado, sufrirían lesiones serias o la muerte. Cabe mencionar que las personas expuestas son únicamente personal del cliente toda vez que no se ubican poblaciones ni otras instalaciones dentro de las distancias de los radios de afectación. No obstante, se considera que el riesgo es aceptable considerando la aplicación de controles.

En relación al evento Late Pool Fire, se obtuvo un valor probit de 3.4878 para un nivel de radiación de 12.5 kW/m² lo que permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de esta carga de exposición determinada que fue de 6.52%. El riesgo es igualmente aceptable considerando la aplicación de controles, como en el evento anterior.

Respecto a la posibilidad de afectación ambiental, a pesar de la magnitud del evento, el impacto sobre el entorno natural se limita al posible incendio en pastizales ya que no se ubican receptores naturales vulnerables en la cercanía.

Recomendaciones

Como resultado de este análisis, se identificaron, analizaron, evaluaron y jerarquizaron los riesgos que se presentan en las actividades que realiza Énestas en la Terminal Remota, se estimaron sus posibles consecuencias y las interacciones relacionadas en caso de ocurrencia.

La administración de estos riesgos se logra a través de la implantación de medidas preventivas y correctivas, que reduzcan obviamente su probabilidad de ocurrencia y/o sus posibles consecuencias, soportándolas todas ellas con un efectivo análisis costo-beneficio que permitan integrar estos proyectos a la cadena productiva, de forma segura bajo niveles de riesgo tolerables.

La aplicación de las metodologías de identificación de riesgos generó una serie de recomendaciones que se presentan en el presente documento, dirigidas principalmente a la administración de la seguridad en los procesos, integridad mecánica, disciplina operativa y capacitación de los operarios.

A continuación, se presentan todas las recomendaciones de medidas preventivas que derivado del análisis realizado se requiere establecer, reforzar, formalizar y/o complementar para mantener la seguridad

operacional una vez que opere la Terminal Remota. Las medidas se han clasificado en dos tipos: recomendaciones técnico operativas (RTO) y recomendaciones administrativas (RA).

Tabla 42. Recomendaciones Técnico Operativas (RTO) y Recomendaciones Administrativas (RA).

No.	Recomendación de Medidas Preventivas y de Mitigación	Tipo de Recomendación	Grado de riesgo			
			Inaceptable	No Tolerable	Tolerable con controles	Tolerable
1.	Obtener el dictamen de cumplimiento con la NOM-020-STPS-2011 para el tanque de guarda.	RA			X	
2.	Desarrollar el programa de mantenimiento de la Terminal conforme a los Procedimientos de Énestas (Elemento 11 SASISOPA), incluyendo el sistema de administración para asegurar la vigencia del dictamen de cumplimiento con la NOM-020-STPS-2011.	RA			X	
3.	Diseñar un programa de capacitación al personal de Operaciones en materia de supervisión e inspección de mantenimiento y establecer la aplicación del programa.	RA			X	
4.	Diseño e implementación del Protocolo de Respuesta a Emergencias con base en los resultados del análisis de riesgo. Dicho Protocolo deberá implementarse en coordinación con el cliente y el transportista.	RA			X	
5.	Evaluar la factibilidad técnico-económica de la instalación de un sistema de detección y alarma en caso de fugas de gas natural.	RTO			X	
6.	Recomendar al cliente la reubicación/retiro de los tanques de gas LP ubicados en la cercanía de la Terminal.	RA			X	
7.	Comunicar al cliente los resultados del presente análisis de riesgo incluyendo los radios de afectación resultantes y la localización de infraestructura de manejo de sustancias químicas peligrosas, particularmente el sistema de refrigeración con amoníaco.	RA			X	
8.	Difundir los aspectos pertinentes del PRE (que será desarrollado en su momento) a los operadores de	RA			X	

No.	Recomendación de Medidas Preventivas y de Mitigación	Tipo de Recomendación	Grado de riesgo			
			Inaceptable	No Tolerable	Tolerable con controles	Tolerable
	unidades de transporte para la atención de emergencias de incendio.					
9.	Instalar en todas las líneas de entrada al sistema malla cónica (sombrero de bruja) e incluir la limpieza periódica de este dispositivo en los procedimientos de mantenimiento.	RTO			X	
10.	Recomendar al cliente la aplicación del programa de orden y limpieza en la periferia de la instalación.	RA			X	
11.	Consultar al cliente si las aguas residuales que se manejan en el cárcamo aledaño tienen posibilidad de presentar biogas inflamable.	RA			X	
12.	Consultar al cliente si se cuenta con Dictamen de Cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2012 para las instalaciones eléctricas, incluyendo las relacionadas con la alimentación del equipo del cárcamo de bombeo.	RA				
13.	Instalar arrestador de flama en el desfogue del sistema de alivio (mufa).	RTO				
14.	Establecimiento de los criterios para aseguramiento de la calidad de todos los elementos de la Terminal incluyendo la procura y la instalación.	RA				
15.	Incluir la Terminal en el programa de inspecciones de Énestas.	RA				
16.	Desarrollar procedimiento de manejo seguro de sustancia odorizante en la Terminal, considerando las propiedades de riesgo establecidas en su HDS.	RA				
17.	Diseño e implementación del Protocolo de Respuesta a Emergencias incluyendo las acciones de respuesta en caso de emergencias con el fluido odorizante en el Terminal.	RA				
18.	Incluir la Terminal en el programa de mantenimiento/calibración de instrumentos.	RA				
19.	Verificar la congruencia de la información de dispositivos de seguridad y prevención entre los	RA				

No.	Recomendación de Medidas Preventivas y de Mitigación	Tipo de Recomendación	Grado de riesgo			
			Inaceptable	No Tolerable	Tolerable con controles	Tolerable
	diagramas proporcionados por el fabricante con respecto a la conformación real de los equipos.					
20.	Aplicación del elemento 11 del SASISOPA (Integridad Mecánica y Aseguramiento de Calidad) en lo referente a la tecnología de proceso.	RA				
21.	Diseño e implementación del Protocolo de Respuesta a Emergencias con base en los resultados del análisis de riesgo. Dicho Protocolo deberá implementarse en concordancia con las características de riesgo sísmológico de la región y en coordinación con el cliente.	RA				
22.	Solicitar al cliente la integración del área de la terminal al sistema de protección para descargas atmosféricas y sistema de tierras de la planta.	RA				
23.	Solicitar al cliente la restricción de circulación de vehículos en el área aledaña a la zona de recarga en un radio de 8 metros como mínimo durante la operación de trasvase.	RA				
24.	Solicitar al cliente capacitación para el conocimiento y aplicación del protocolo de respuesta a emergencias por fuga de amoníaco para el personal de Énestas y sus prestadores de servicio.	RA				

XII. ANEXOS

A continuación, se enumeran los anexos del presente documento.

Anexo 1. Hoja de Datos de Seguridad (HDS) del Gas Natural Licuado (GNL)

Anexo 2. Diagrama de tubería e instrumentación, planos isométricos, planos mecánicos, diagrama de flujo de proceso

Anexo 3. Resultados de la Aplicación de Listas de Verificación

Anexo 4. Aplicación de la metodología ¿Qué pasa si?

Anexo 5. Resultados de la Simulación de Escenarios de Riesgo

Anexo 6. Datos de especificación de Escenarios de Riesgo

Anexo 7. Radios de afectación estimados

Anexo 8. Informe Técnico

Anexo 9. Anexo Fotográfico