

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL
MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL
PROYECTO PACÍFICO MEXINOL EN
TOPOLOBAMPO, SINALOA, MÉXICO**



MARZO, 2022



MEXINOL

Contenido

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	7
I.1. BASES DE DISEÑO	12
I.1.1. Proyecto civil	40
I.1.2. Proyecto mecánico	44
I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	55
I.2.1. Hojas de seguridad	80
I.2.2. Almacenamiento	82
I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares	84
I.2.4. Pruebas de verificación	92
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN	98
I.3.1. Especificación del cuarto de control	98
I.3.2. Sistemas de aislamiento	105
I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes	114
I.4.3. Identificación y jerarquización de riesgos	129
I.4.4. Escenarios identificados	132
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	135
II.1.1. Programa de simulación	135
II.1.2. Criterios para definir las zonas de seguridad	135
II.1.3. Simulación de escenarios	136
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO	141
II.2.1. Interacciones de riesgo	141
II.2.2. Medidas preventivas para la reducción de la ocurrencia de las interacciones de riesgo	155
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	156
III. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL	164
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS	164
III.1.1 Sistemas de seguridad	166
III.1.2 Medidas preventivas	177
III.1.2.1. Programa de mantenimiento	177
IV. RESUMEN	185

IV.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	185
IV.2. RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO	188
IV.3. INFORME TÉCNICO.....	190
V. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	190
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN	190
V.1.1 Planos de localización	190

Tablas:

Tabla 1. Coordenadas del polígono norte
Tabla 2. Coordenadas del polígono sur
Tabla 3. Interferencias
Tabla 4. Normas y estándares aplicables al diseño de la instalación
Tabla 5. Presión de diseño
Tabla 6. Variables para el trabajo de cada eyector
Tabla 7. Materias primas, productos y subproductos
Tabla 8. Masa de gas natural contenida en la línea de suministro
Tabla 9. Características del Metanol
Tabla 10. Características del Cloro
Tabla 11. Tanques de almacenamiento
Tabla 12. Equipos de proceso y auxiliares
Tabla 13. Cargas de diseño por explosiones
Tabla 14. Metodologías de identificación de riesgos
Tabla 15. Categorías de Frecuencia
Tabla 16. Categorías de Consecuencias
Tabla 17. Nodos seleccionados para la identificación de riesgos
Tabla 18. Variables, palabras guía y desviaciones analizadas
Tabla 19. Escenarios de riesgo tipo B en planta y ducto y C en muelle
Tabla 20. Escenarios de riesgo
Tabla 21. Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento
Tabla 22. Condiciones meteorológicas del sitio
Tabla 23. Estabilidad de Pasquill

Tabla 24. Datos de simulación

Tabla 25. Radios de afectación

Tabla 26. Escenario E01. Interacciones de riesgo

Tabla 27. Escenario E02. Interacciones de riesgo

Tabla 28. Escenario E03. Interacciones de riesgo

Tabla 29. Escenario E04. Interacciones de riesgo

Tabla 30. Escenario E05. Interacciones de riesgo

Tabla 31. Escenario E06. Interacciones de riesgo

Tabla 32. Escenario E07-1. Interacciones de riesgo

Tabla 33. Escenario E07-2. Interacciones de riesgo

Tabla 34. Escenario E07-3. Interacciones de riesgo

Tabla 35. Escenario E07-4. Interacciones de riesgo

Tabla 36. Escenario E08. Interacciones de riesgo

Tabla 37. Escenario E09. Interacciones de riesgo

Tabla 38. Escenario E10. Interacciones de riesgo

Tabla 39. Escenario E11. Interacciones de riesgo

Tabla 40. Escenario E12. Interacciones de riesgo

Tabla 41. Efectos sobre los componentes ambientales

Tabla 42. Recomendaciones técnico operativas

Tabla 43. Lista de regaderas de seguridad con lavajojos:

Tabla 44. Ubicación de detectores de gas

Tabla 45. Programa de mantenimiento

Tabla 46. Escenarios de riesgo identificados

Figuras:

Figura 1. Estados que conforman la República Mexicana

Figura 2. Localización del municipio de Ahome

Figura 3. Localización del proyecto

Figura 4. Sistemas tropicales

Figura 5. Ducto de metanol

Figura 6. Arreglo de las instalaciones en la planta

Figura 7. Arreglo de las instalaciones en el puerto

Figura 8. Modelo Geotécnico de la Zona- 1

Figura 9. Modelo Geotécnico de la Zona-2

Figura 10. Elevación y ubicación de NAF

Figura 11. Diagrama de bloques del proceso

Figura 12. Diagrama de flujo de proceso

Figura 13. Proceso de recuperación de vapores en el muelle

Figura 14. Diagrama representativo de la inyección de Cloro gas

Figura 15. Localización del cuarto de cloración en plano general

Figura 16. Doble bloqueo y venteo para sistemas de proceso

Figura 17. Bloqueo simple y venteo para sistemas de proceso

Figura 18. Bloqueo simple para aislamiento de recipientes a presión

Figura 19. Aislamiento de válvula de control con bypass

Figura 20. Aislamiento de válvula de control con bypass de doble bloqueo

Figura 21. Válvula de control en sistemas no esenciales (sin aislamiento)

Figura 22. Doble bloqueo para conexiones al sistema de drenaje cerrado

Figura 23. Arreglo para válvula de alivio simple de presión (PSV)

Figura 24. Arreglo para válvulas de alivio (PSV) con válvula de alivio de repuesto

Figura 25. Válvula de despresurización

Figura 26. Metodología de análisis de riesgos

Figura 27. Matriz de riesgo

Figura 28. Escenario E01. Fuga por orificio de 20% (4”) de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B

Figura 29. Escenario E02. Fuga por ruptura total (20”) de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B

Figura 30. Escenario E03. Fuga por orificio de 20% (4”) de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003

Figura 31. Escenario E04. Fuga por ruptura total (20”) de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003

Figura 32. Escenario E05. Fuga por orificio de 20% (7.2”) de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C

Figura 33. Escenario E06. Fuga por ruptura total (36”) de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C

Figura 34. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28”) de metanol (1 de 4)

Figura 35. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28”) de metanol (2 de 4)

Figura 36. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (2 de 4)

Figura 37. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (4 de 4)

Figura 38. Escenario E08. Fuga por orificio del 20% (2.4") del brazo de descarga

Figura 39. Escenario E09. Fuga por ruptura total (12") del brazo de descarga

Figura 40. Escenario E10. Fuga total de cilindro de cloro

Figura 41. Escenario E11. Fuga por orificio del 20% (1.9 mm) del tubing a eyector

Figura 42. Escenario E12. Fuga por ruptura total (9.52 mm) del tubing a eyector

Figura 43. Ubicación de conos de viento, regaderas de emergencia y de botiquines

Anexos:

Anexo 1. Localización del proyecto

Anexo 2. Arreglo general de la planta

Anexo 3. Hojas de datos de seguridad del metanol y del cloro

Anexo 4. Análisis HAZID

Anexo 5. Análisis HAZOP

Anexo 6. Memoria de cálculo de las simulaciones realizadas

Anexo 7. Zonas de alto riesgo y amortiguamiento

Anexo 8. Informe técnico

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

PACÍFICO MEXINOL, S. DE R.L. DE C.V., propone construir una unidad de producción de Metanol de 5,000 ton por día, la planta Pacífico MEXINOL ubicada en el Municipio de Ahome, dentro del Corredor industrial Los Mochis - Topolobampo, Sinaloa, México. El producto final de la planta, Metanol, se cargará en barcos en el Puerto de Topolobampo. El proyecto consiste en la construcción de una planta para la producción de metanol a partir de gas natural, el cual se transformará en un gas fraccionado en sus componentes principales, llamado Gas de Síntesis para la obtención de un subproducto rico en metanol que con una destilación final, se convertirá en metanol de alta pureza para su comercialización; este proceso de producción de metanol se detalla a continuación:

1. Proceso de Producción

El gas natural, suministrado por un proveedor de gas natural desde el gasoducto de TransCanada que corre adyacente al extremo noreste del sitio de la planta, es desulfurado, mezclado con vapor de agua y convertido en gas de síntesis sobre catalizadores dentro de un reformador a una condición dada de presión y temperatura. El gas reformado es una mezcla de gases muy calientes que luego son enfriados hasta alcanzar temperaturas ambientales. La mayor parte del calor contenido en el gas de síntesis es recuperado a través de la generación de vapor de agua, calentamiento de la sección de destilación de metanol crudo y el precalentamiento del agua desmineralizada que luego se convertirá en vapor de agua.

Además, el calor generado por el calentador de fuego directo es recuperado en el precalentamiento del gas de entrada, en la generación de vapor de agua y en su recalentamiento, así como también, para el calentamiento de aire de combustión. Una vez enfriado, el gas de síntesis es comprimido a la presión de síntesis antes de entrar en el bucle de síntesis. El bucle de síntesis consiste en un compresor de reciclaje, un intercambiador gas de entrada /efluente, el reactor de metanol, el enfriador final y el separador de metanol crudo.

El metanol crudo, que se condensa aguas abajo del reactor de metanol, se separa del gas que no reaccionó en el separador y se inyecta, a través de un tambor de expansión, al proceso de destilación

del metanol crudo. Finalmente, el agua remanente y pequeñas cantidades de otros subproductos formados en el proceso de síntesis y que están contenidas en el metanol crudo, son removidos al ser sometidos a un proceso de destilación, el cual permite extraer de este, el metanol liquido puro para su almacenamiento final.

Este proceso incluye la posibilidad de que el metanol, en la fase final, no haya alcanzado el nivel de pureza requerido, por lo que, en lugar de ser almacenado en los tanques de metanol puro, este se almacene en los tanques de metanol contaminado, el cual es inyectado posteriormente, como flujo de reciclo en una zona intermedia del proceso para su recuperación.

2. Almacenamiento de Metanol (Patio Tanque)

Esta unidad consta de tres tanques cilíndricos superficiales, contruidos en acero al carbono para el almacenamiento de metanol liquido puro, con una capacidad de 52,000 m³ cada uno y localizados en una zona adyacente y cercana a la planta de producción de metanol. Estos tanques están especialmente diseñados para evitar fugas de producto a la atmosfera e igualmente para minimizar la formación potencial de vapores; para ello, cada tanque posee un techo flotante interno y otro techo externo fijo. Cada tanque es apropiadamente conectado a tierra para evitar el peligro que podrían representar las descargas eléctricas estáticas. Por otro lado, el control y reducción de una posible ignición del producto, se logra a través de la inyección de nitrógeno gaseoso que se expande en todas las zonas libres de líquido, creando una atmosfera inerte dentro de cada tanque.

Adicionalmente, para prevenir situaciones de peligro, se incorporan sistemas de detección de fugas, otro para el monitoreo continuo de atmosferas toxicas, uno de supresión de incendios con espumas y un sistema de agua contra incendios. Para prevenir una expansión descontrolada en caso de derrame de metanol, el área de tanques está delimitada por barreras de contención apropiadamente sellada y con capacidad para contener el volumen total almacenado de un tanque más el 20% de su volumen, de acuerdo a la norma mexicana NOM-006-ASEA-2017.

3. El Embarque de Metanol

El embarque de metanol puro, como producto final de exportación, se hará a través de un ducto de veintiocho pulgadas (28") de diámetro, que se instalará desde la zona de almacenamiento de metanol, hasta el puerto de Topolobampo con una longitud de aproximadamente 10.3 km y siguiendo una ruta subterránea que minimiza el impacto medioambiental.

LOCALIZACIÓN

México se encuentra en la región sur de Norteamérica. Comparte fronteras con los Estados Unidos al norte, Guatemala y Belice al sur, Océano Atlántico al Este y el Océano Pacífico al Oeste.

La República Mexicana está constituida por treinta y dos (32) entidades federales, una de las cuales es Sinaloa (donde se localiza el proyecto).



Figura 1. Estados que conforman la República Mexicana

El estado de Sinaloa se divide en 18 municipios: Choix, El Fuerte, Ahome (donde se localiza el proyecto), Guasave Sinaloa de Leyva, Mocorito, Angostura, Salvador Alvarado, Badiraguato, Culiacán, Navolato, Cósala, Elota, San Ignacio, Mazatlán Concordia, Rosario y Escuinapa.

Municipio de Ahome

Con una superficie de 4003.56 kilómetros cuadrados ocupa el sexto lugar en dimensión a nivel estatal equivalente al 6.98% del territorio sinaloense y el 0.2% a nivel nacional.

Se localiza en la región más septentrional del estado a los 108°46' 00" y 109°27'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y entre los paralelos 25°33'50" y 26°21'15" de latitud norte. Limita al norte con el Golfo de California y el estado de Sonora; limita al poniente y al sur con el Golfo de

California y al oriente con los municipios de Guasave y El Fuerte. Se encuentra localizado a 10 metros sobre el nivel del mar.



Figura 2. Localización del municipio de Ahome

La planta será construida en un área aproximada de 100 hectáreas como el primer proyecto de una zona industrial cercana a Topolobampo en la municipalidad de Ahome, Sinaloa, México. El predio está dividido por las vías del ferrocarril, en dos polígonos. Las coordenadas de cada polígono se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Coordenadas del polígono norte

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				X	Y
				1	2,839,181.237	698,068.410
1	2	N 26°40'54.29" E	1,304.121	2	2,840,346.488	698,654.005
2	3	N 49°44'02.03" W	115.023	3	2,840,420.832	698,566.237
3	4	S 51°37'47.29" W	1,043.624	4	2,839,773.013	697,748.019
4	1	S 28°25'53.15" E	672.941	1	2,839,181.237	698,068.410

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				X	Y
Superficie: 418.782.81 m²						

Tabla 2. Coordenadas del polígono sur

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				X	Y
				5	2,839,149.083	698,085.819
5	6	S 28°25'53.15" E	933.855	6	2,838,327.862	698,530.434
6	7	N 19° 45'11.18" E	606 .514	7	2,838,898.688	698,735 .416
7	8	N 12°34'26.89" W	1,094.807	8	2,839,967.236	698,497.074
8	5	S 26° 41'12.97" W	915.699	5	2,839,149.083	698,085.819
Superficie: 528,289.71 m ²						

La localización del proyecto se muestra en la siguiente figura y el plano correspondiente se presenta en el **Anexo 1**.

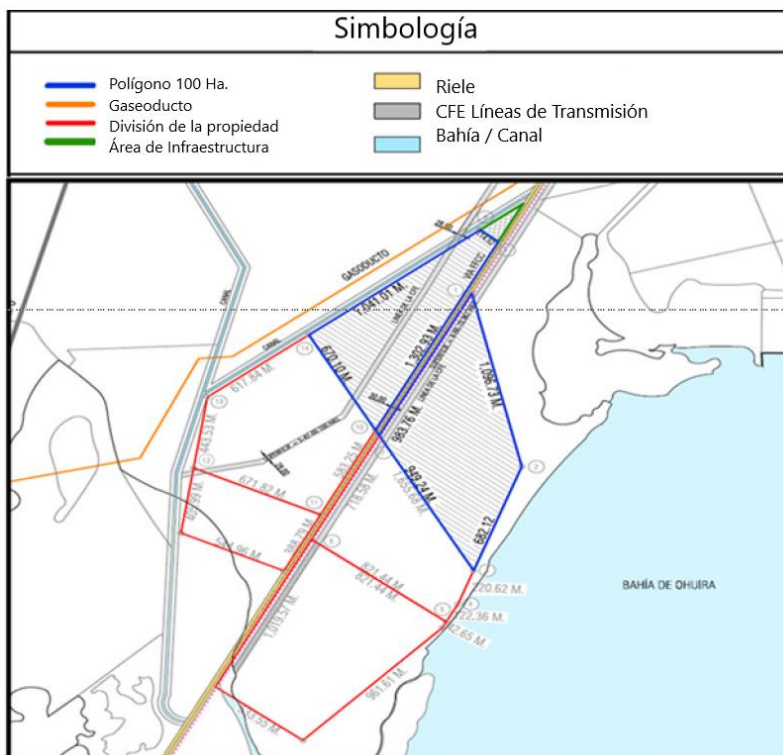


Figura 3. Localización del proyecto

I.1. BASES DE DISEÑO

A. Características del sitio y susceptibilidad a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos

A continuación, se describen las características del sitio y la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos

- **Orografía**

El terreno en general es plano con presencia de serranías de poca elevación; al noroeste se encuentra la Sierra San Pablo o Balacachi que viene del Fuerte y al sudeste se encuentra la Sierra Navachiste que se prolonga hasta la Bahía de Topolobampo, teniendo su altitud más importante dentro del territorio municipal el Cerro de Visvi frente a Higuera de Zaragoza; esta serranía separa a las bahías de Navachiste y Ohuira y a las de Navachiste y San Ignacio. El desvanecimiento de la Sierra de Álamos determina la existencia de cerros aislados como el de Terome, Cocodrilo, Baturi, Memoria, Batequis, Tescuga y Oteme, que no sobrepasan los 300 metros sobre el nivel del mar.

- **Hidrografía**

El río Fuerte es uno de los más importantes recursos hidrológicos de la vertiente del Pacífico Norte; su origen se localiza en la Sierra Tarahumara y penetra al municipio por su parte oriental recorriéndolo de noroeste a sudoeste, desde San Miguel Zapotitlán pasando por Higuera de Zaragoza para desembocar en el Golfo de California. Su área de cuenca, estimada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, es de 33 mil 590 kilómetros cuadrados y escurre un volumen de agua promedio de 4,838 millones de metros cúbicos.

- **Fisiografía**

El Municipio de Ahome se ubica en la provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacífico que se caracteriza por un predominio de planicies de pendientes suaves que descienden hacia la costa del Golfo de California. Con una subprovincia fisiográfica Llanura costera y delta de Sonora y Sinaloa

cuyas características distintivas son la asociación de llanuras con ciénagas, zonas salinas, dunas, playas y/o barras de arena.

Su configuración se constituye básicamente con la presencia de los valles agrícolas de El Fuerte y El Carrizo, además de la presencia de sierras secundarias de escasa elevación, como la sierra de Barobampo con 520 metros de altitud, en el sur se encuentra la pequeña serranita de Navachiste (de este a oeste), que forman las bahías de Topolobampo.

La ciudad de Los Mochis forma parte de la Llanura Costera y se encuentra rodeada por valles agrícolas, observándose sólo el cerro de La Memoria como elevación principal.

- **Geología**

El 98.48% (4,276 km²) de superficie del Municipio de Ahome, proviene de la era del Cenozoico, de los periodos cuaternario y terciario, con depósitos principalmente de aluvial y rocas ígneas intrusivas y extrusivas; el 0.18% (781.5 km²) de la superficie proviene del Mesozoico de los periodos cretácico y jurásico, el 0.07% (3.03 km²) de la era del paleozoico y el 3.27% (138.7 km²) de otro no definido. Los 53.28 km² de la superficie total de la mancha urbana de Los Mochis corresponde a una composición geológica donde destacan las rocas de la era cenozoica del periodo cuaternario.

Su localización de acuerdo a la regionalización sísmica corresponde mayormente a la zona sísmica tipo “C”, el cual indica que existe una baja frecuencia de sismos, aunque sus intensidades se pueden considerar como de medio a alto.

- **Geomorfología**

Con una superficie territorial de 4,342 km², el municipio de Ahome se compone en mayor proporción por una zona de llanura deltaica donde se localizan topoformas como bermas, barras, cubetas de decantación, lagunas, playas y llanuras, todo esto en el centro del municipio, dicha zona comprende 1,152.37 km² que representa el 26.54% del territorio municipal abarcando en su totalidad la mancha urbana de Los Mochis.

Hacia el norte de Ahome, predomina la llanura costera abarcando un área de 280.057 km² que equivale al 6.45% del territorio total y con un 5.25% se encuentra la llanura costera con lomerío cubriendo un área de 228.102 km²; en toda la zona litoral se hace presente la llanura costera con

ciénagas salinas con un 23.57%, que expresado en cantidad equivale a 1,023.541 km² y aledaño a esta se encuentra la playa con un predominio del 1.71 % que equivale a 74.355 km² del territorio total; en la zona sur del municipio se hace presente la sierra baja de laderas escarpadas con llanuras cubriendo un área de 143.951 km² que representa el 3.31%, y junto a esta sierra se encuentra la sierra baja de laderas escarpadas con solo el 1.58 % que equivale a 68.708 km².

- **Edafología**

Los suelos dominantes en el municipio de Ahome son: 1,248.3 km² que corresponden al 28.75% de la superficie municipal se compone de vertisol crómico; 1,078.1 km² que corresponden al 24.83% está compuesto por Solonchak ortico; 809.8 km² que representan el 18.65% se compone de xerosol háplico y 667.3 km² que representan el 15.37% se compone de regosol eútrico, en menores porcentajes se encuentran litosol con 5.79% (251.1 km²), yermosol háplico con 1.87% (81.2 km²), y Fluvisol eútrico con 1.07% (46.5 km²).

- **Hidrología**

Ahome dispone de uno de los recursos hidrológicos más importantes de la vertiente del Pacífico Norte, el Río Fuerte, cuyo origen se localiza en las estribaciones de la Sierra Tarahumara en el Municipio de Guadalupe y Calvo del Estado de Chihuahua. El Río Fuerte penetra al municipio por su parte oriental en las cercanías de la localidad de San Miguel Zapotitlán y continúa su recorrido orientándose de este a oeste hasta llegar a las inmediaciones de Higueras de Zaragoza donde cambia su rumbo hacia el suroeste para descargar sus aguas en el Golfo de California.

En el municipio confluyen 3 cuencas hidrográficas Estero de Bacorehuis, Río Fuerte y Bahía de Lechuguilla-Ohuira-Navachiste, la primera se divide en 3 subcuencas, de las cuales, sólo la subcuenca Estero de Bacorehuis pertenece al municipio de Ahome, las otras dos pertenecen al Estado de Sonora; la segunda cuenca se divide en 14 subcuencas, de las cuales sólo Río Fuerte-San Miguel pertenece a Ahome y el resto se distribuyen al noreste de Sinaloa y al sur de Chihuahua y Sonora; y la tercera cuenca dividida en 3 subcuencas, Bahía de Lechuguilla, Bahía de Ohuira y Bahía de Navachiste, las cuales convergen en Ahome, pero las últimas dos son compartidas con el municipio de Guasave y Sinaloa de Leyva.

- **Climatología**

El municipio de Ahome tiene un clima clasificado como húmedo y cálido, debido a que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo que se encarga de investigar y proporcionar este tipo

de información para que todos puedan conocer datos elementales de cada lugar en el país. En este caso, los registros hechos durante muchos años, muestran que en la actualidad Ahome presenta una temperatura media anual de 25°C la mayor parte del año, y una temperatura mínima anual de 17°C y máxima anual de 33°C.

La época más calurosa se presenta a partir del mes de Junio a Septiembre, tiempo en el que el gobierno municipal ofrece información importante relacionada con los cuidados que todos deben de tener para enfrentar el calor y evitar enfermedades, lo cual se debe a que generalmente se llegan a presentar temperaturas máximas de 42.5°C y llegan a incrementarse hasta 50.5°C, por lo que en la época mencionada se recomienda extremar precauciones en personas de todas las edades, principalmente menores de edad y personas de la tercera edad porque son más vulnerables a enfermarse o sufrir algún daño por el elevado calor en Ahome.

De acuerdo a cada estación del año, la temperatura se define con algunas variantes, por ejemplo, en primavera llega a ser entre 12°C a 17°C; en verano es de 22°C a 25.1°C; en otoño generalmente es de 24.5°C a 15°C, y en invierno varía de 11°C y hasta 18°C, con algunas variaciones cada año. Esto se debe al cambio climático que está presente en todo el mundo, por lo cual es algo que influye en todos los ecosistemas, y por consiguiente, también se refleja en el clima y ambiente de cada lugar.

En cuanto a la época de lluvias, el SMN indica que existe una precipitación que va de 96 mm, 166 mm y hasta 400 mm; tiene un porcentaje de lluvia invernal que va de 5 al 10% del total anual, habiendo días de lluvia leve y moderada, y otros que son más abundantes porque llega a llover durante muchas horas en el día. Normalmente, en el estado de Sinaloa se presentan lluvias intensas en junio y julio que corresponde al verano, y esto es algo que se presenta en la gran mayoría de los estados de la República Mexicana, esto con base a los datos obtenidos del SMN.

- **Temperatura**

Los meses de junio a septiembre se identifican por presentar las temperaturas más altas a lo largo del año, alcanzando temperaturas medias de 32°C en el mes de Julio; las temperaturas templadas se presentan en los meses de marzo a mayo y de octubre a noviembre con temperaturas medias que van de los 22 a los 29°C; y por último, las menores temperaturas se presentan en el periodo de diciembre a febrero con temperaturas medias de 19.3°C en el mes de enero.

- **Precipitación Pluvial**

Típicamente, debido al clima seco de la región, en la mayor parte del año hay ausencia de lluvias, la presencia de estas ocurre principalmente entre los meses de julio y octubre, en los que ocasionalmente hay formación de tormentas y huracanes de gran intensidad, como parte de los fenómenos estacionales. A excepción de las precipitaciones provocadas por estos fenómenos, el promedio de lluvia anual se mantiene bajo; no obstante, cabe mencionar que en los registros de los últimos 11 años de CONAGUA durante el periodo 2004 se produjeron inundaciones que afectaron a gran parte de la ciudad, con una precipitación anual total de 620.5 mm, lo mismo sucedió en el año 2008 con 584 mm, superando a la precipitación total media anual de 357.7 mm, según las Normales Climatológicas 1981-2010.

- **Vientos**

Los vientos dominantes que inciden en la ciudad a lo largo del año, de acuerdo con SENEAM2 varían de Poniente 240° a 270° (dirección dominante al Sureste) y una transición entre 5 y 14 nudos (10-25 Km/h).

- **Fallas y fracturas**

En el municipio de Ahome existen dos zonas asociadas con movimientos tectónicos, la primera se encuentra al noroeste del municipio, cercano a la localidad de San Miguel Zapotitlán e Higuera de Zaragoza; otra al sur del municipio colindante con las Bahías de Ohuira y Topolobampo, ambas zonas son producto de la existencia de la unión de las placas tectónicas que forman la falla del pacífico. La presencia de estas zonas no representa riesgo para la población, dado su distanciamiento con la ciudad, así mismo, no hay localidades ni estructuras lineales vitales (carreteras, líneas de ferrocarril) que puedan verse en peligro por algún deslizamiento.

De igual manera, a pesar de las características del suelo limoso y arenoso a nivel del manto freático de la región, no se han presentado efectos de licuefacción del suelo, desplazamientos o sismos producto de las fallas.

La presencia de la Falla de Tamayo en la parte sur del Golfo de California, representa el principal origen de los sismos que se originan en la región.

- **Sismos**

Para determinar el nivel de peligro sísmico al cual se enfrenta la población de esta región, se utiliza la siguiente metodología:

- **Identificación de la zona sísmica correspondiente:** Consiste en la localización de la zona de estudio dentro de la “Carta de Regionalización Sísmica de la República Mexicana de CFE”, la cual divide al país en cuatro zonas de actividad sísmica, delimitadas por la frecuencia y la aceleración máxima del terreno, presentando la escala de A, B, C y D, donde la zona A es la de menor frecuencia sísmica y la de mayor es la zona D.
- **Registro de eventos sísmicos:** Consiste en consultar eventos sísmicos efectuados en un radio de 215 Km alrededor de la zona, del banco de datos del Servicio Sismológico Nacional, con registros de 1973 a la fecha, para documentar información que permite marcar tendencias sobre frecuencia de ocurrencia, magnitudes y ubicaciones de epicentros.
- **Ubicación de la zona de estudio en mapas de aceleración para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años:** Con el objetivo de conocer la probabilidad de ocurrencia de un evento extraordinario en distintos espectros de tiempo, mediante la utilización del PSM (Programa Sísmico en México 1996). Además, identificar las relaciones de atenuación con relación a tres percentiles de transmisión de fuerza sísmica, 16, 50 y 86% como determinantes de la aceleración según las características del suelo y la distancia del epicentro.

De acuerdo al mapa de Regionalización Sísmica de México, el municipio de Ahome se ubica entre las zonas “C” y “B”, principalmente C, por lo cual la actividad de los sismos es frecuente, aunque estos no superen los 7° Richter de Magnitud.

De acuerdo a esta información, en la Entidad se tienen tres de las cuatro zonas sísmicas de la República Mexicana: B, C y D, en donde la ocurrencia de sismos es mayor hacia la línea de costa y disminuyendo los eventos sísmicos conforme el terreno se adentra al continente, en términos de la actividad sísmica nacional registrada. El oriente del estado se considera una zona sísmica de baja actividad. La parte central del estado está catalogada como una zona de actividad sísmica moderada. La zona poniente de la entidad está clasificada como de alta sismicidad.

- **Tsunamis y maremotos**

En los últimos 50 años, en las costas cercanas a la zona de Ahome no se han suscitado efectos de un Maremoto o Tsunami, el ultimo se registró el 22 de mayo de 1960 un evento apenas perceptible en el puerto de Topolobampo, cuyos efectos también se manifestaron en Ensenada, La Paz, Guaymas, Mazatlán, Acapulco y Salina Cruz; un Tsunami con olas de una altura máxima de 0.2 m consecuentes

de un sismo con magnitud de 8.5° Richter con epicentro ubicado en las coordenadas 39.5° latitud Sur y 74.5° longitud oeste, próximo a las costas de Chile (CENAPRED, 2001).

El Grafico de “Peligro por Tsunami” de CENAPRED, muestra que la zona costera próxima a Ahome se ubica en una zona receptora de Tsunamis lejanos, esto indica que estos fenómenos se originan a más de 1000 km de distancia y se considera que la altura de olas máxima esperable es de 3 m.

- **Vulcanismo**

En los registros de CENAPRED no se identifican en la zona indicios de actividad volcánica. Los cuerpos volcánicos más cercanos a la zona de Ahome son: el volcán Pinacate en el Noroeste de Sonora ubicado a aproximadamente 800 km de la ciudad, el cual se encuentra inactivo hace más de 10 mil años; el volcán Sanganguey ubicado al Sur de Nayarit a más de 700 km de la localidad, el cual presentó una última erupción en 1742 y el volcán Tres Vírgenes ubicado al norte de Baja California Sur a aproximadamente 450 km de la ciudad, inactivo hace más de 8 mil años; por lo tanto, cualquier actividad que estos cuerpos puedan registrar, no representa un peligro para la región. De acuerdo a lo anterior se puede determinar que Ahome presenta un muy bajo riesgo ante cualquier actividad volcánica.

- **Deslizamiento y Derrumbes**

Existen diversas formas mediante las cuales se inicia un deslizamiento o un derrumbe, la principal es “la presencia o ausencia de agua”, según el tipo de formación geológica involucrada, otro factor es la presencia de taludes naturales potencialmente inestable, de manera que los movimientos y los colapsos se pueden iniciar con facilidad. A pesar que dentro de la zona de Ahome hay presencia de formaciones montañosas, estas no presentan características de inestabilidad debido a su composición geomorfológica y no se tienen registros de fenómenos de deslizamiento o derrumbes en las inmediaciones, por lo que este tipo de fenómenos no representan peligro para la región.

- **Hundimientos**

De acuerdo a reportes de CENAPRED, los hundimientos pueden afectar todo tipo de superficies, y generalmente son originados por cambios tensionales inducidos en el terreno por descenso del nivel freático; en la zona no se explotan mantos acuíferos subterráneos, y tampoco se tiene registro de este tipo de fenómenos, por lo que los hundimientos no constituyen un peligro para la región. La zona susceptible a hundimientos más cercana a la zona de Ahome, se localiza en la región Sur del Estado

de Durango, a más de 450 km de la localidad; lo que permite determinar que la zona de Ahome presenta un Muy Bajo Riesgo ante Hundimientos.

- **Erosión**

Las características geomorfológicas y fisiográficas, tales como la pendiente del suelo y la lejanía con grandes extensiones de superficies elevadas, así como la composición del suelo, son elementos que han evitado la erosión de la superficie de la zona de estudio, sin embargo, en las zonas agrícolas, la quema constante de esquilmos, así como el cultivo intensivo está propiciando la erosión del suelo agrícola (Departamento de Imagen Urbana y Medio Ambiente, 2011).

A Nivel Nacional, el estado de Sinaloa presenta un grado Intermedio de deterioro del suelo, asociado a las prácticas agrícolas antes mencionadas. Por otro lado, el proceso de erosión del suelo agrícola pudiese representar un foco rojo para las actividades económicas de la región en un plazo de tiempo no determinado.

- **Sistemas Tropicales**

Para valorar el nivel de peligro a causa de los sistemas tropicales en la zona de estudio, se consideraron como determinantes de estudio:

- **La incidencia de estos eventos sobre el territorio nacional.**
- **El registro histórico local de los eventos y su caracterización**, tomando en cuenta su fecha de ocurrencia, intensidad y efectos
- **Estimar los Periodos de retorno**, con el objetivo de conocer el tiempo probable de repetición y la máxima intensidad de los vientos, a partir de la utilización del Cálculo de Probabilidades de CENAPRED y del método de Gumbel.

De acuerdo al “Mapa Mundial de Fenómenos Climáticos”, México se encuentra en una región altamente expuesta, esto significa que existe la tendencia a presentar alrededor de 3 fenómenos tropicales o más durante el año, en una temporada de actividad comprendida entre el 15 de mayo y el 30 de noviembre aproximadamente.

Ante la presencia de los Huracanes Lane, Henriette, Norbert y de la Tormenta Lowell, el municipio de Ahome fue declarado por CENAPRED en estado de Emergencia; y al paso del Huracán Henriette

y la Tormenta Lowell, CENAPRED declaró al municipio como zona de Desastre por la dimensión de los efectos ocurridos.

De acuerdo a los datos históricos mencionados, se generó el Gráfico “Sistemas Tropicales” (Ver Gráfico), en el que se describen brevemente de un total de 41 eventos registrados en los últimos 30 años, la intensidad máxima de sus vientos y la intensidad con la que impactaron la zona de Ahome.

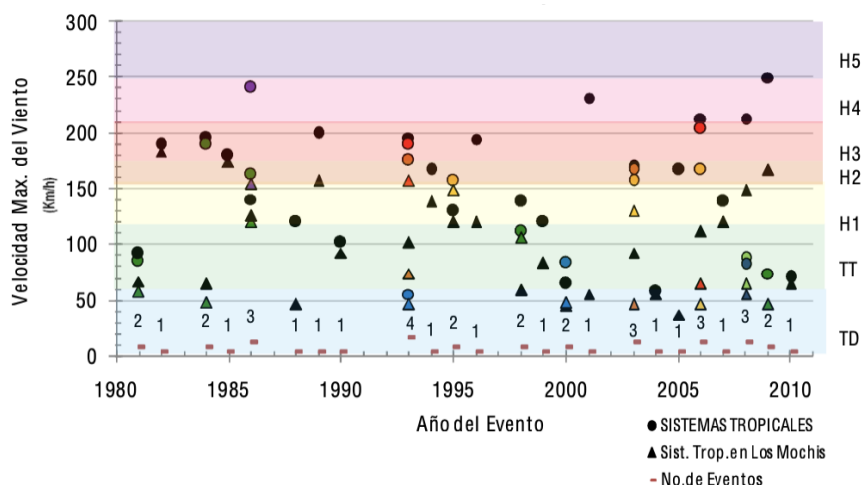


Figura 4. Sistemas tropicales

Con estos datos se observa que la frecuencia de que afecten huracanes en la zona es del 23% para categoría H1 y del 13% para categoría H2, principalmente en el mes de septiembre, con una velocidad de vientos promedio de 107 km/h; y la frecuencia de tormentas tropicales es del 30% y del 35% para Depresiones Tropicales, principalmente en el mes de septiembre, con una velocidad promedio de vientos de 56.95 km/h.

• Tormentas Eléctricas

Se tienen muy pocos registros de tormentas eléctricas en la zona, debido a las características geográficas y a las condiciones climáticas de la región, sin embargo, fuentes no oficiales reportaron que el 4 de febrero de 2010, se presentó en Los Mochis, como un fenómeno anormal, con lluvias torrenciales de 21 milímetros y tormentas eléctricas con la presencia de granizo, sin daños registrados; por lo tanto, este tipo de fenómenos no constituyen peligro para la región.

El Grafico “Promedio Anual de días con Tormentas Eléctricas en México” del Atlas de México 2007 (Instituto de Geografía, UNAM, 2007) indica que el número de días promedio para que se presente

este tipo de fenómenos en la localidad va de 1 a 9 días al año. Por lo tanto, se puede determinar que la región presenta un Bajo Riesgo ante la presencia de Tormentas Eléctricas.

- **Sequias**

Definida como el déficit de precipitación, la sequía en los últimos años ha adquirido una gran relevancia por los daños que ocasiona, superando con frecuencia a otros fenómenos hidrometeorológicos, y aunque tradicionalmente se le ha considerado como un riesgo de carácter agrícola, es viable una evaluación desde la perspectiva urbana, pues se ha convertido en la principal amenaza que tendrá la población en los próximos años.

A fin de determinar el nivel de peligro ante el fenómeno de la Sequía en la región estudiada, se utilizaron los siguientes parámetros de valoración:

- **Registro histórico de sequía en la localidad:** Consiste en consultar información histórica de sequía en la localidad, a partir de los registros de instituciones de monitoreo, tales como el Monitor de Sequias de América del Norte, CONAGUA y CENAPRED, con la finalidad de detectar la caracterización del fenómeno.
- **Estimación del índice de severidad.** Consiste en clasificar la vulnerabilidad de una localidad ante la sequía meteorológica.
- **Cálculo del Periodo de retorno.** Se realizó para conocer las proyecciones futuras de la sequía en la zona, calculando los periodos de retorno para 5, 10, 25 y 50 años con la metodología de Gumbel.
- **Identificación de Sequia Intraestival.** Consiste en la valoración del ciclo de lluvias de la localidad, a fin conocer su comportamiento y el posible cambio en las condiciones del clima.

Los meses con mayor frecuencia de sequía son: noviembre, agosto y el periodo de febrero-junio. Por lo tanto, la clasificación dominante de sequía, así como el mapa de peligros de CENAPRED de la República Mexicana, ubica a la región sobre una zona de peligro Medio ante el fenómeno de la sequía. La base de datos sobre declaratorias de emergencias de desastre y contingencia climatológica de CENAPRED, de las 165 declaratorias que registró el estado de Sinaloa, solo 13 corresponden al municipio de Ahome y dentro de estas, sólo 2 sequías se hicieron presentes y son las que ocurrieron en los meses de Mayo y Noviembre de 2002, ambas fueron consideradas “Sequías atípicas”, por lo

que el municipio recibió apoyo federal para combatir los daños por parte del FONDEN (Fondo de Desastres Naturales).

Por otra parte, se evaluaron los datos de precipitación acumulada anual en un periodo de 30 años utilizando el Porcentaje de Precipitación Normal (PPN), el cual es la relación porcentual existente entre la precipitación acumulada en un año y la media anual de las precipitaciones; se concluye que durante los años registrados con déficit Intenso de precipitación fueron durante 1988, 1999 y 2000. De acuerdo al análisis anterior, es factible concluir que la región presenta un Riesgo de nivel Medio por la presencia de Sequías.

- **Temperaturas Máximas Extremas**

Para valorar el nivel de peligro que presenta la región ante la presencia de Temperaturas Máximas Extremas en la localidad, se analizaron los siguientes parámetros:

- **Registro de varias décadas de Temperaturas Extremas Mensuales.** Para conocer la evolución de las Temperaturas Máximas Extremas en la región.
- **Determinación de los Periodos de Retorno.** Con el fin de obtener la magnitud de las Temperaturas Máximas Extremas que tendrá la región en determinados periodos de tiempo.

De acuerdo a los Datos Normalizados del Sistema Meteorológico Nacional, la región presenta durante los meses de mayo a octubre temperaturas máximas extremas que superan los 40 °C y alcanzan los 48 °C, mientras que durante los meses “templados” de noviembre y hasta abril, las temperaturas máximas extremas registradas han sido desde 36 y hasta 40 °C. Y según la base de datos del “Atlas Climático Digital de Riesgos” elaborado por Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM en conjunto con el Sistema Meteorológico Nacional, se registra al mes de julio como el que presenta mayor incidencia de temperaturas máximas extremas.

El incremento de las altas temperaturas en la localidad, son producto de la presencia de masas de aire cálido en la atmósfera; sobre el noroeste de México se concentra la masa Tropical Continental (cT), la cual se caracteriza por provocar vientos cálidos y secos, frentes, altas temperaturas, aire caliente, lluvias débiles y neblina.

De acuerdo al análisis anterior, es factible concluir que la región presenta un nivel de Riesgo Muy Alto por la presencia de Temperaturas Máximas Extremas.

- **Heladas**

Pocos son los registros que se tienen de este fenómeno en la región, sin embargo, debido a los cambios del clima en los últimos años, el 3 y 4 de febrero de 2011, después de 59 años se registra en la región este evento presentando temperaturas menores a 1° C (Aeropuerto de Los Mochis, 2011). Por lo que el Diario Oficial de la Federación reportó al municipio de Ahome en estado de Emergencia, y en octubre del mismo año, SAGARPA declaró al municipio en estado de Desastre, en la contingencia sólo se registraron enfermedades respiratorias entre la población, sin embargo, las bajas temperaturas destruyeron predios completos de cultivo en todo el Estado, ocurriendo daños en 584 mil de las 746,797 hectáreas del ciclo otoño-invierno, tan sólo en Sinaloa, las pérdidas superaron los 20 mil millones de pesos.

De acuerdo al Gráfico “Frecuencia de Heladas en México” del Atlas de México 2007 (Instituto de Geografía, UNAM, 2007), la región es “Libre de Heladas”, así mismo, este muestra una zona próxima con bajo potencial de heladas (de 1 a 60 días con heladas al año) ubicada al norte-nororiente del Estado de Sinaloa, a una distancia aproximada de 100 km de la localidad, además de una zona con alto potencial de heladas (mayor a 120 días al año) ubicada en las zonas altas de Durango y Chihuahua, a más de 200 km al noreste de la localidad. Lo anterior determina que la región presenta un Muy Bajo Riesgo ante la presencia de Heladas.

- **Granizo**

En la región son muy pocos los registros de granizadas, debido a las características climáticas de la zona; sin embargo, fuentes no oficiales reportaron pocos eventos durante los últimos años.

El Gráfico “Granizadas en México” del Atlas de México 2007 (Instituto de Geografía, UNAM, 2007), indica que, en la región, el número de días promedio anual con granizadas es de 0 a 1, de igual manera se identifica una zona propensa a granizadas por más de 2 y hasta 5 días continuos, ubicada en la zona sur de Chihuahua a más de 230 km al oriente de la localidad. Por lo que se determina que la región presenta un Muy Bajo Riesgo ante la presencia de Granizo.

B. Instalaciones

La planta estará conformada por las siguientes instalaciones:

1. Línea de suministro de gas natural

El suministro de gas natural será proporcionado por la empresa TC energía (TransCanada) y entregado a la presión y flujo requerido por Pacífico MEXINOL. Consiste de una línea de tubería de dieciséis pulgadas (16") de diámetro que irá desde el punto de interconexión con la línea matriz de TC Energy hasta una estación de medición y control del gas entregado. Se estima que la línea de tubería tendrá una longitud aproximada de 20 metros y sus condiciones operacionales serán:

- Presión ~ 32.4 barg (470 psig)
- Flujo ~ 130 ton/h
- Temperatura ~ 30 °C

Es importante señalar que este gasoducto y la estación de medición, son propiedad y serán operados por TC Energy; quien será responsable de obtener todos los permisos correspondientes.

2. Edificios

El desarrollo de edificaciones dentro del proyecto prevé la construcción de varios tipos de edificaciones civiles llamadas a satisfacer las necesidades operacionales y administrativas de la planta Pacífico MEXINOL. Los edificios considerados son los siguientes:

- El edificio principal administrativo: Consiste de oficinas aptas para proveer acomodo para todo el personal, los mobiliarios, las herramientas y los equipos necesarios para ejecutar actividades de gerencia y administración de las facilidades.
- La sala principal de control: Es un edificio de uso exclusivo del personal de operaciones y para el control de los procesos. En él se incluyen, la instalación del sistema de control distribuido (DCS), el sistema de emergencia (ESD), el sistema de monitoreo general de la planta (CCTV), el sistema de control de fugas y detección de incendios (F&G), el sistema de interface humano con la planta (HMI); entre otros sistemas.
- El almacén: Es un edificio tipo nave industrial para el almacenamiento seguro y controlado de los materiales y piezas de intercambio de los equipos operativos. Dentro de este se dispone de un área dedicada a oficinas para acomodar al personal dedicado a la gerencia de la gestión de materiales.

- El taller: Es un edificio tipo nave industrial en cuyo interior se disponen de herramientas, equipos y máquinas necesarias para la apropiada gerencia de la gestión de mantenimiento de las facilidades.
- El laboratorio: Es un edificio equipado con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico asociados al proceso de producción de metanol y su optimización. Este se diseñará para estar integrado a la sala principal de control.
- Casa de guardias: Esta es una edificación básica para acomodar al personal de seguridad de las instalaciones y llevar a cabo actividades de control de acceso, tráfico vehicular y de personal.
- Estación de bomberos: Es una edificación preparada y con suficiente espacio y mobiliario para almacenar los equipos, herramientas, maquinarias y utensilios necesarios para la lucha contra los incendios y manejo de situaciones de emergencia, el equipo de protección del personal, extintores de fuego y otro equipo de extinción. Este edificio debe contar con instalaciones para reuniones, entrenamiento de personal y ser diseñado de acuerdo a las normas aplicables.
- Centro de Control de Motores (MCC): Son edificios donde se instalan los equipos electrónicos y eléctricos necesarios para controlar los motores eléctricos de las facilidades. Consiste en múltiples secciones cerradas que tienen un bus de energía común y cada sección contiene un arrancador combinado, que a su vez consiste en un arrancador de motor, fusibles o disyuntor y desconectador de energía. Un centro de control de motores también puede incluir botones pulsadores, luces indicadoras, variadores de frecuencia, controladores lógicos programables y equipos de medición.

3. Almacenamiento de metanol (Patio de Tanques)

Para el almacenamiento de metanol líquido puro se contará con tres tanques cilíndricos superficiales; con una capacidad de 52,000 m³ cada uno. Estos tanques están especialmente diseñados para evitar fugas de producto a la atmósfera e igualmente para minimizar la formación potencial de vapores; para ello, cada tanque posee un techo flotante interno. Cada tanque es apropiadamente conectado a tierra para evitar el peligro que podría representar descargas eléctricas estáticas.

4. Líneas de metanol y de retorno de vapores

La ruta subterránea para los ductos del proyecto, tendrá una longitud aproximada de 10.3 km desde la zona de almacenamiento de metanol hasta el puerto de Topolobampo, donde se construirán las facilidades portuarias de carga de metanol. El ducto de metanol tendrá un diámetro de veintiocho

pulgadas (28”) y de manera paralela, se instalará un ducto con un diámetro de ocho pulgadas (8”) para el retorno de los vapores recuperados en la unidad de VRU durante el proceso de carga de metanol. La distancia de separación entre los dos ductos es 2 metros. En la siguiente figura se muestra la ruta seguida por ambos ductos.

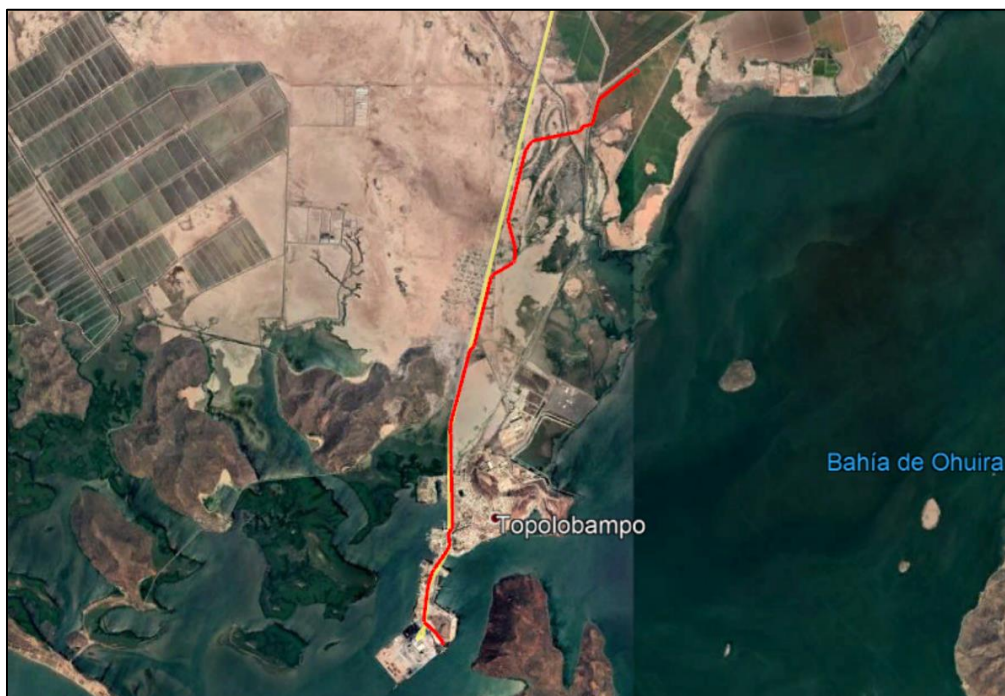


Figura 5. Ducto de metanol

Las interferencias a lo largo de la trayectoria del ducto de metanol, se indican en la siguiente Tabla.

Tabla 3. Interferencias en el trayecto del ducto de Metanol

No.	Pk	Coordenadas		Descripción	Tipo de colocación
		X	Y		
1	0+804.27	697224.41	2839142.81	Canal de concreto	Corte abierto (enterrado)
2	0+845.89	697195.41	2839112.95	Carretera secundaria	
3	0+874.41	697175.52	2839092.52	Canal	
4	1+323.64	696841.9	2838807.56	Canal	
5	1+453.15	696715.35	2838780.02	Agua de escorrentía	

No.	Pk	Coordenadas		Descripción	Tipo de colocación
		X	Y		
6	1+746.23	696428.97	2838717.69	Corriente de agua	
7	2+368.88	696121.82	2838279.86	Corriente de agua	
8	3+723.02	696049.78	2836933.01	Carretera secundaria	
9	4+049.20	695853.86	2836712.4	Carretera secundaria	
10	5+231.69	695862.14	2835534.89	Camino pavimentado	Perforación
11	5+240.49	695862.26	2835526.09	Línea eléctrica	Corte abierto (enterrado)
12	5+494.29	695865.93	2835272.32	Carretera secundaria	
13	5+780.26	695860.72	2834988.3	Carretera secundaria	
14	5+849.56	695833.24	2834924.68	Camino pavimentado	Perforación
15	6+293.16	695658.33	2834517.02	Inicio de laguna	Corte abierto
16	7+378.57	695107.51	2833614.51	fin de laguna	
17	7+448.17	695097.54	2833546.11	Camino pavimentado	Corte abierto (enterrado)
18	7+462.83	695096.35	2833531.5	Línea eléctrica	Perforación
19	7+564.70	695097.8399	2833431.621	Ferrocarril	
20	8+287.92	695107.14	2832712.96	Ferrocarril	
21	8+301.75	695096.17	2832704.54	Camino pavimentado	
22	8+327.98	695075.23	2832688.75	Línea eléctrica	Perforación
23	9+687.93	694721.21	2831416.73	Ferrocarril	
24	9+821.58	694722.24	2831288.46	Ferrocarril	

5. Área del Puerto

Pacífico MEXINOL tiene un acuerdo con “Terminal Transoceánica de Topolobampo S.A.” (Triple T), un operador privado de terminales, para extender el uso del muelle y permitir el despacho de metanol en el puerto de Topolobampo. Pacífico MEXINOL instalará en esta zona y dentro de un área exclusiva, la siguiente infraestructura:

- Un cuarto de operaciones
- Una sala de bombas contra incendios
- Un tanque de agua contra incendios
- El sistema de hidrantes de agua contra incendios
- Un sistema de recuperación de vapores (VRU)
- El sistema de lanzamiento de herramienta de inspección de tuberías (PIG)
- Los brazos de carga de buques (garzas)
- Un equipo de generación de nitrógeno gaseoso para ser usado como gas de instrumento.
- El sistema de espuma contra incendios.
- El sistema de detección de fugas e incendios
- El sistema de monitoreo con CCTV
- La subestación eléctrica
- Las duchas y lava ojos
- El sistema de medición de flujos de despacho de metanol

Esta área está destinada al despacho de metanol a buques-tanques y a través del ducto de transferencia de metanol de veintiocho pulgadas (28”) antes mencionado.

En las inmediaciones del puerto se prevé la instalación de accesorios (trampas) para el envío de la herramienta de inspección y medición de espesor de tuberías (PIG). Esta operación de inspección será realizada por una empresa especializada cada diez años aproximadamente, y dentro de su alcance estará el proveer de todos los insumos necesarios, incluyendo el nitrógeno requerido.

El diseño de las instalaciones considera el llenado de buques de 50.000 DWT (Handymax) con una frecuencia de tres a cuatro buques por mes. Cada operación se estima tome alrededor de 30 horas, tomando en cuenta las maniobras de atraque y amarre de los buques. El proceso de carga de metanol se hará a través de dos brazos de carga con sus respectivas conexiones de retorno de vapores y para una operación segura, se dispondrá de sistemas de liberación de emergencia y acoples de conexión/desconexión rápida.

Los vapores provenientes de la operación de carga de metanol serán tratados localmente en el puerto, en una unidad de recuperación de vapores (VRU). El metanol liquido recuperado se reinyectará a la

línea de metanol y el gas restantes e incondensable (mayormente nitrógeno gaseoso), será llevado a la planta principal, a través de la línea de retorno de vapores de ocho pulgadas de diámetro (8").

La energía eléctrica requerida para soportar las operaciones en el puerto, será tomada del sistema eléctrico existente de 13.2 kVA, el cual será conectado a la nueva estación eléctrica, llamadas a suplir la demanda de energía.

A continuación, se muestran estas instalaciones en el arreglo general de la planta y en el **Anexo 2** se presenta el plano correspondiente.

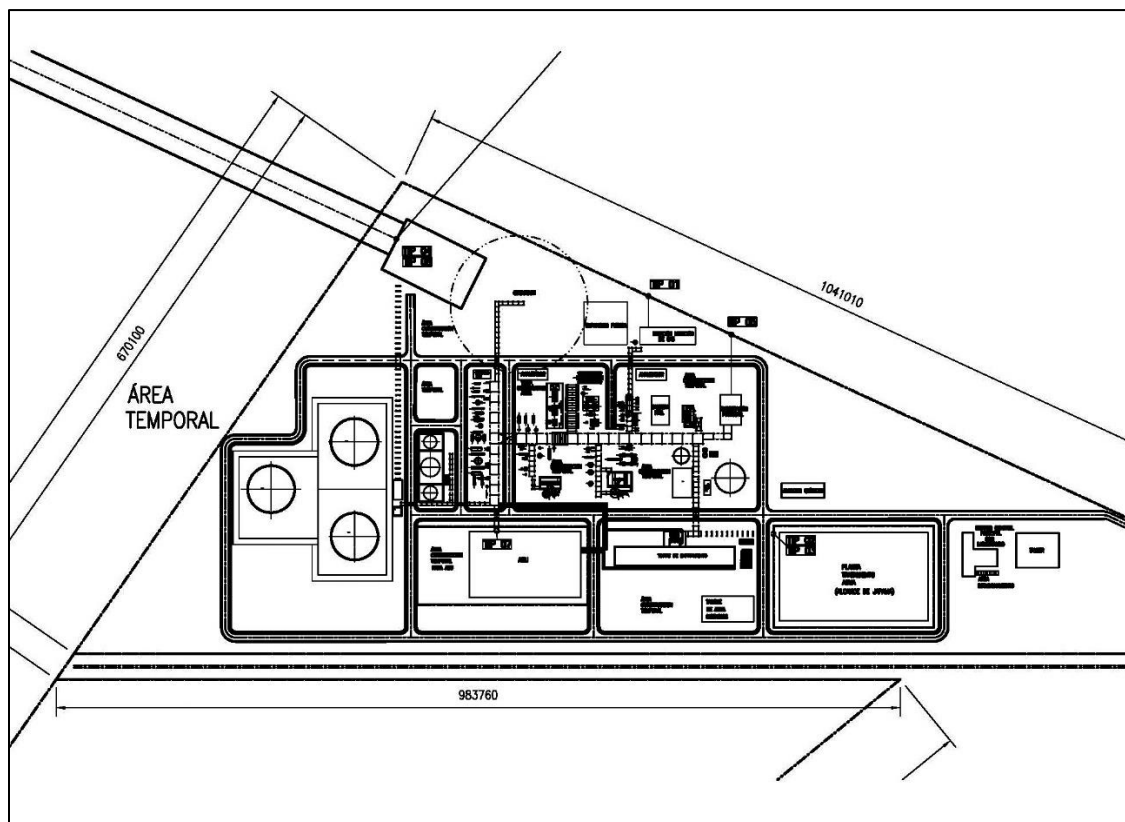


Figura 6. Arreglo de las instalaciones en la planta

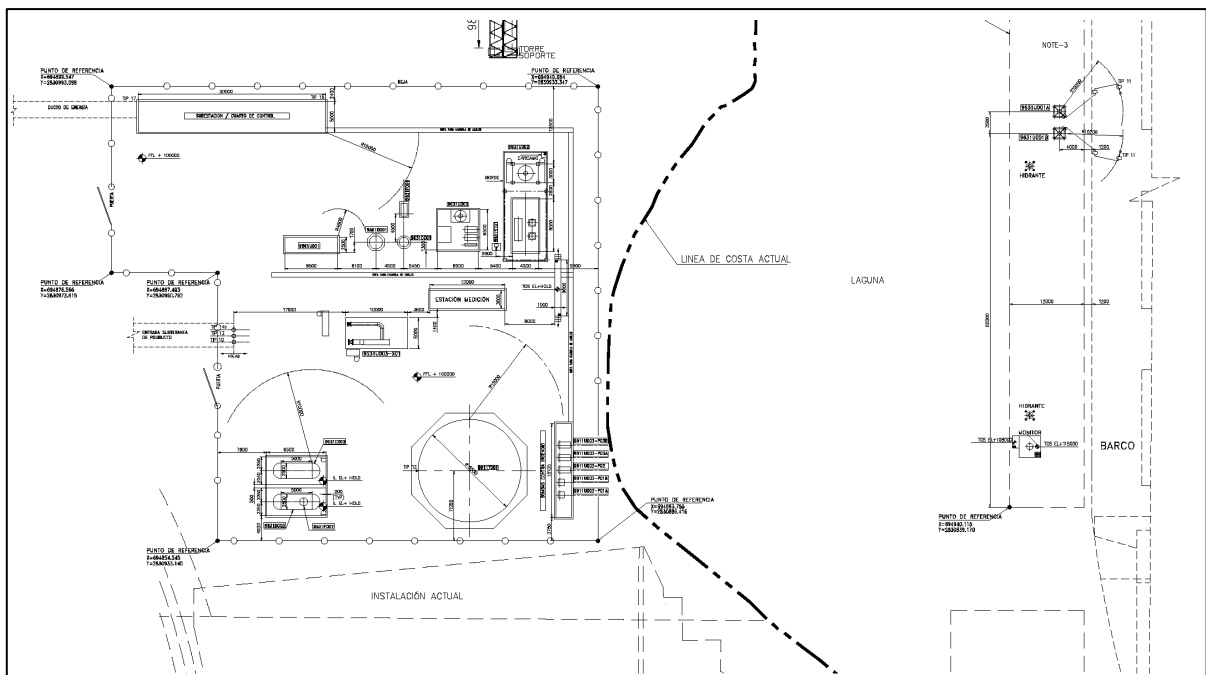


Figura 7. Arreglo de las instalaciones en el puerto

C. Normas utilizadas en el proyecto

En la siguiente tabla se señalan los criterios, normas, códigos y estándares considerados para la elaboración de las bases de diseño de la planta Pacífico MEXINOL.

Tabla 4. Normas y estándares aplicables al diseño de la instalación

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
Disposiciones Federales		
LAN	Ley de Aguas Nacionales	Reforma DOF 06-01-2020
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Reforma DOF 05-06-2018
LFRA	Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	DOF 07-06-2013
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Reforma DOF 19-01-2018
LGVS	Ley General de Vida Silvestre	Reforma DOF 19-01-2018

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
LGCC	Ley General del Cambio Climático	Reforma DOF 13-07-2018
LGPC	Ley General de Protección Civil	DOF 06-06-2012
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización	Reforma DOF 15-06-2018
RLAN	Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	Reforma DOF 25-08-2014
RLGEEPAMIA	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental	Reforma DOF 31-10-2014
RLGEEPAMPCCA	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de Contaminación Atmosférica	Reforma DOF 31-10-2014
RLGEEPAMCER	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente en Materia de Contaminación Originada por Emisiones de Ruido	DOF 06-12-1982
RLGEEPAMRETC	Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes	Reforma DOF 31-10-2014
RLGPGIR	Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Reforma DOF 31-10-2014
RGCCMRENE	Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones	DOF 28-10-2014
RFSST	Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo	DOF 13-11-2014
RLGVS	Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre	Reforma DOF 09-05-2014
RLFMN	Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización	Reforma DOF 28-11-2012
Disposiciones Estatales y Municipales		
LOTDUS	Ley de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del estado de Sinaloa	Reforma P.O. 17 de agosto de 2020

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
LADS	Ley ambiental para el desarrollo sustentable del estado de Sinaloa	Reforma P.O. 8 de abril de 2013
RCMA	Reglamento de Construcción del Municipio de Ahome	P.O. 5 de octubre 2010
LAPYAS	Ley de agua potable y alcantarillado Del estado de Sinaloa	P.O. 26 de septiembre de 2018
LDFSS	Ley de desarrollo forestal sustentable del estado de Sinaloa	P.O. 19 de agosto de 2016
LRS	Ley de residuos del estado de Sinaloa	P.O. 21 de febrero de 2020
LECC	Ley estatal de cambio climático	P.O. 4 de diciembre de 2020
PECCSIN	Plan estatal de Cambio Climático	P.O. octubre de 2016
Agua		
NOM-001-SEMARNAT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	06-01-1997
NOM-002-SEMARNAT-2006	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal	03-06-1998
Aire		
NOM-041-SEMARNAT-2006	Límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible	10-06-2015
NOM-045-SEMARNAT-2006	Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición	13-09-2007
NOM-085-SEMARNAT-2011	Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	02-02-2012

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005	Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.	30-01-2006
Residuos		
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos	23-06-2006
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	22-10-1993
NOM-054-SEMARNAT-1993	Incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005	22-10-1993
NOM-001-ASEA-2019	Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, así como los elementos para la formulación y gestión de los Planes de Manejo de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos.	16-04-2019
Ruido		
NOM-080-SEMARNAT-1994	Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	13-01-1995
Secretaria del Trabajo		
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. Condiciones de Seguridad e Higiene	24-11-2008
NOM-002-STPS-2010	Prevención protección y combate de incendios en los centros de trabajo- condiciones de seguridad	09-12-2010
NOM-004-STPS-1999	De protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.	31-05-1999
NOM-005-STPS-1998	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas	02-021999

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales – condiciones y procedimientos de seguridad y almacenamiento de materiales – conocimientos y procedimientos de seguridad.	11-09-2014
NOM-009-STPS-2011	Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.	06-05-2011
NOM-010-STPS-2014	Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral.	28-04-2014
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido	17-04-2002
NOM-015-STPS-2001	Condiciones térmicas elevadas o abatidas-condiciones de seguridad e higiene.	14-06-2002
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	09-12-2008
NOM-018-STPS-2015	Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.	09-10-2015
NOM-019-STPS- 2011	Constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	13-04-2011
NOM-020-STPS- 2011	Recipientes sujetos a presión y calderas – funcionamiento – condiciones de seguridad	27-12-2011
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática en los centros de trabajo- condiciones de seguridad e higiene.	01-04-2016
NOM-024-STPS-2015	Vibraciones-condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	11-01-2002
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	30-12-2008
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	25-11-2008
NOM-027-STPS-2008	Actividades de soldadura y corte – condiciones de seguridad e higiene	07-11-2008
NOM-028-STPS-2012	Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas	06-09-2012
NOM-029-STPS.2005,	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad	29-12-2011
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo	22-12-2009
NOM-031-STPS-2011	Construcción-condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	04-05-2011

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
Normas Técnicas del Sector		
NOM-001-SECRE 2010	Especificaciones del GN. (Cancela y sustituye a la nom-001-secre-2003, calidad del gas natural y la NOM-EM-002-SECRE-2009, calidad del gas natural durante el periodo de emergencia severa).	19-03-2010
NOM-003-SEGOB-2011	Señales y avisos para protección civil - Colores, formas y símbolos a utilizar	29-11-2011
NOM-014-SCFI-1997	Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o L.P. con capacidad máxima de 16 m ³ /h con caída de presión máxima de 200 pa (20,40 mm de columna de agua) (esta norma cancela a la nom-014-scfi-1993)	23-10-1998
NOM-093-SCFI-1994	Válvulas de relevo de presión (Seguridad, seguridad-Alivio y alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce.	08-12-1997
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)	29-11-2012
NMX-X-031-SCFI-2017	NMX-X-031-SCFI-2017: industria del gas-válvulas de paso-especificaciones y métodos de prueba (cancela a la nmx-x-031-SCFI-2010)	10/11/2017
NMX-X-032-SCFI-2013	Industria del gas-reguladores para gas natural-especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-X-032-SCFI-2006).	10/01/2014
Estándares Internacionales		
American Society of Mechanical Engineers (ASME)		
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries	
ASME B36.10	Welded and Seamless Wrought Steel Pipe	
ASME Section I	Package Boiler pressure parts	
ASME Section II	Package Boiler Material	
ASME Section IX	Package Boiler Welding	
ASME B 31.1	Power Piping	
ASME B 31.3	Process Piping	
ASME B 16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings	
ASME B16.34	Valves--Flanged, Threaded, and Welding End	
ASME Sección VII y I lo que aplique	For thermal (hydrostatic) protection ASME	2010 edition

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
ASME, Section VIII, Div. 1	For HP-equipment Div. 2 is also acceptable	
ASME B18.22.1	Plain Flat Washers	
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons	
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems	
ASME V	Non-destructive Examination	
ASME IX	Welding and Brazing Qualifications	
American Petroleum Institute (API)		
API 5L	Specification for Line Pipe	
API 661	Petroleum, Petrochemical, and Natural Gas Industries - Air-cooled Heat Exchangers	Seventh edition
API STD 662	Plate Heat Exchangers for General Refinery Services	Part 1
API STD 530	Calculation of Heater-tube Thickness in Petroleum Refineries	7th Edition, Add 1
API STD 560	Fired Heaters for General Refinery Service	5th Edition
API-614	Lubrication, Shaft-sealing and Oil-control Systems and Auxiliaries	5th Edition; Incorporates Errata: 5/2008
API-682	Pumps - Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps	4th Edition
API RP 505	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2	1 st edition
API RP 500	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2	2 nd edition
API 650	Welded Steel Storage Tanks for Oil Storage	13th Edition, September 2020
API 650	Appendix A	
API 620	Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks	

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
API 625	Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage	
API STD 520 PT I	2014-07 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices Part I-Sizing and Selection	Ninth edition
API STD 520 PT II	2015-03 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices Part II-Installation	Sixth edition
API STD 521	2020-06 Pressure-relieving and Depressuring Systems - (PSV relief scenarios shall be done as per API-521, clause 4.4)	Seventh edition
API STD 610	2010-09 Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries	Eleventh Edition; Incorporates Errata: July 2011;
API STD 617	2014-09 Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors	August 2016 Eighth edition; errata 1
API 612	2019-06 Compressor drive turbines seventh edition (with deviations)	
API 611	2010-12 - fifth edition (general purpose) steam turbines: In case of multiple valve application additional nozzles on steam chests are not required	
API 5L PSL-2	Specification for Line Pipe	
API 520	Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving	
API 521	Devices Pressure-relieving and De-pressuring Systems	
API 610	Centrifugal Pumps	
API 660	Shell and Tube Heat Exchangers	
API 662	Plate Heat Exchangers	
API 2218	Fireproofing Practices in Petroleum Processing Plant	
	American Institute of Steel Construction (AISC)	
AISC325	Manual of Steel Construction	
	American Society of Civil Engineers (ASCE)	
ASCE 7	Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures	
	American National Standards Institute (ANSI)	

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
ANSI B16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings	
	American Society for Testing and Materials (ASTM)	
ASTM A36	Carbon Structural Steel	
ASTM A153	Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware	
ASTM A307	Carbon Steel Bolts, Studs and Threaded Rod	
ASTM A325	Structural Bolts, Steel, Heat Treated	
ASTM A563	Carbon and Alloy Steel Nuts	
ASTM F436	Hardened Steel Washers	
	British Standards (BS)	
BS 3692	ISO Metric Precision Hexagon Bolts, Screws and Nuts. Specification	
BS 4190	ISO Metric Black Hexagon Bolts, Screws and Nuts.	
BS EN 898	Specification Mechanical Properties of Fasteners Made of Carbon and Alloy Steel	
BS EN 1461	Hot Dip Galvanized Coatings	
BS EN 10025	Hot Rolled Products of Structural Steels	
BS EN 10204	Metallic products. Types of inspection documents	
	International Electrotechnical Commission (IEC)	
IEC 60529	Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)	
IEC 60079-10	EC 60079-10-1 : 2015-09 Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres IIEC 60079-10-1 2015-11 Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres; Corrigendum 1	
IEC	for design and fabrication of electrical equipment (switchgears, transformers, UPS, motors, generators etc.)	
	National Association of Corrosion Engineers (NACE)	
NACE MR0175/ISO15156	Corrosion Resistant Alloys for Sulphide Service	
NACE TM0177	Method A Uniaxial Tensile Testing	
NACE TM0284	Evaluation Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking	
	National Fire Protection Association (NFPA)	

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
NFPA 10	Standard for Portable Fire Extinguisher	2018 edition
NFPA 11	Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam	2021 edition
NFPA 13	Standard for the Installation of Sprinkler Systems	2019 edition
NFPA 14	Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems	
NFPA 15	Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection	
NFPA 20	Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection	2019 edition
NFPA 22	Standard for Water Tanks for Private Fire Protection	
NFPA 24	Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances	
NFPA 72	National Fire Alarm Code	
NFPA 497	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas	
ISO Standards		
ISO 14000	Sistemas de Gestión Ambiental	
ISO 28300	Venting of Atmospheric and Low-Pressure Storage Tank	
ISO 13709:2009	Adoption (for critical pumps only, acc. criteria of API 610)	
ISO 5199	2002-03 Technical specifications for centrifugal pumps - Class II	
TEMA Standards		
TEMA	Class R for process units, Class C for Package Units (if applicable)	
National Electrical Code (NEC)		
NEC / NFPA: 2020	National Electrical Code - Incorporated Amendments 1, 2, 3, and 4 Dated 8/6/2019; Errata 1, 2 and 3 Dated 03/10/2020 – for design of electrical installation (cables, cable trays, sockets, junction boxes etc.) is based on NEC.	
American water works association drinking water quality (AWWA)		
AWWA D100-11	Welded carbon steel tanks for water storage	
AWWA D100-96	Standard for welded steel tanks for water storage	
Civil and Steel Structure Standards		
ACI	American Concrete Institute	

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
ASCE	American Society of Civil Engineers	
AISC	American Institute of Steel Construction	
IBC	International Building Code	2012
AASHTO	American Association of State Highways & Transportation Officials	
MOC-2008 Wind, MOC	Earthquake Refer also to CSA Design Criteria	2015
Hazardous Area Classification		
BGR 104	BG Chemie; Explosionsschutz-Regeln	
American National Standards Institute (ANSI)		
ANSI Pumps	ASME B73.1-2001 standard for process pumps (revision of ASME B73.1M-1991)	2001

D. Bases de diseño

A continuación, se presentan las bases de diseño utilizadas en el proyecto, las cuales consideran las características y susceptibilidad del sitio a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos, descritos en la sección “A”.

I.1.1. Proyecto civil

Dentro de las instalaciones de Pacífico MEXINOL se tendrán las siguientes estructuras civiles:

- Edificio administrativo
- Sala de control
- Taller
- Almacén principal
- Subestación eléctrica
- Laboratorio
- Sala de bomberos
- Sala de guardias
- Cobertizo para almacenar productos químicos
- Fundaciones para los equipos de proceso
- Estructuras para soportar sistemas de tuberías
- Fundaciones de tanques de almacenamiento

- Sistemas de tuberías enterradas

Para el diseño de las estructuras mencionadas se tienen en cuenta los siguientes criterios:

a) Diseño por viento es de acuerdo a la especificación de proyecto número 2063-00-C091-S010-02D

Diseño de la velocidad del viento:

para equipos y estructuras:

- 203 km/h para estructuras del grupo A, según MOC-2008
- 180 km/h para estructuras del grupo B, según MOC-2008
- Velocidad del viento de diseño para la dispersión atmosférica: 5 m/s

Dirección del viento predominante (con respecto al norte geográfico):

- Verano
 - 46% del cuadrante SW (180 a 270 grados)
 - 36% del cuadrante SE (90 a 180 grados)
- Invierno
 - 69% desde el cuadrante NW (270 a 360 grados)
- Velocidad media anual del viento: 2,5 m/s
- Max. Velocidad del viento: 50 m/s

b) Diseño por sismo de acuerdo a la especificación 2063-00-C091-S011-02D para cargas sísmicas

- Zona de peligro de tsunami: No
- Zona sísmica: Si
- Diseño: Zona Sísmica C

c) Aplanado y nivelación del sitio

Los trabajos correspondientes al aplanado y nivelación del terreno comprenderán la retirada de la capa vegetal, excavación, relleno y compactado hasta la cota de aplanado. En este apartado, se removerán 30 cm de capa vegetal y luego el predio se rellenará, compactará y nivelará para levantar 120 cm la elevación del terreno hasta alcanzar una cota final de 4,40 msnm.

d) Tipología de cimentación

Condiciones Geotécnicas del Sitio:

Las características principales que se reconocieron del depósito de suelo donde se desplantará el proyecto Pacífico MEXINOL son las siguientes:

- Se determina que el depósito de suelo está conformado principalmente por cinco (5) unidades estratigráficas principales, posterior a una capa vegetal de 30 cm. Reconociendo estas características generales del depósito de suelo, se agrupan las siguientes unidades estratigráficas principales, las cuales presentan espesores variables en función de la ubicación del sondeo:
 - UE-1 ARCILLA. Esta unidad se ubica posterior a la capa vegetal de 30cm en promedio y está conformada por una arcilla de alta plasticidad color café oscuro (CH-CL), de consistencia media a muy firme.
 - UE-2 ARENA FINA CON LIMO. Conformada por una arena fina con limo de baja plasticidad de color café oscuro (SM), de compacidad relativa compacta a muy densa.
 - UE-3 ARCILLA. Posterior a la unidad UE-2, se encuentra una arcilla de alta plasticidad con poca arena, de consistencia dura de color café oscuro (CH).
 - UE-4 ARENA FINA. Posteriormente se encuentra una arena fina de color café claro (SM), con limo de baja plasticidad, de compacidad relativa muy densa.
 - UE-5 LIMO. Finalmente, se detectó un limo de baja plasticidad de consistencia dura de color café claro (ML).

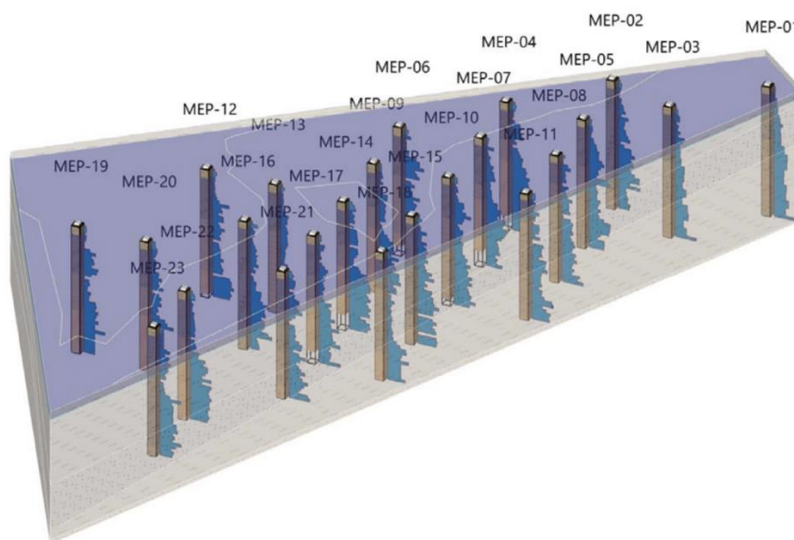


Figura 8. Modelo Geotécnico de la Zona- 1

- El nivel de aguas freáticas (NAF) se detectó a las siguientes profundidades promedio entre la cota 2.13 msnm y 3.08 msnm como se puede apreciar en la siguiente figura

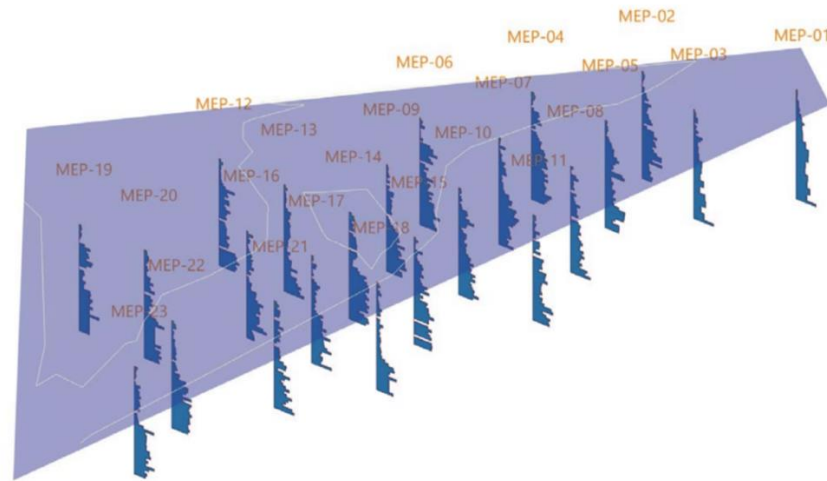


Figura 9. Modelo Geotécnico de la Zona-2

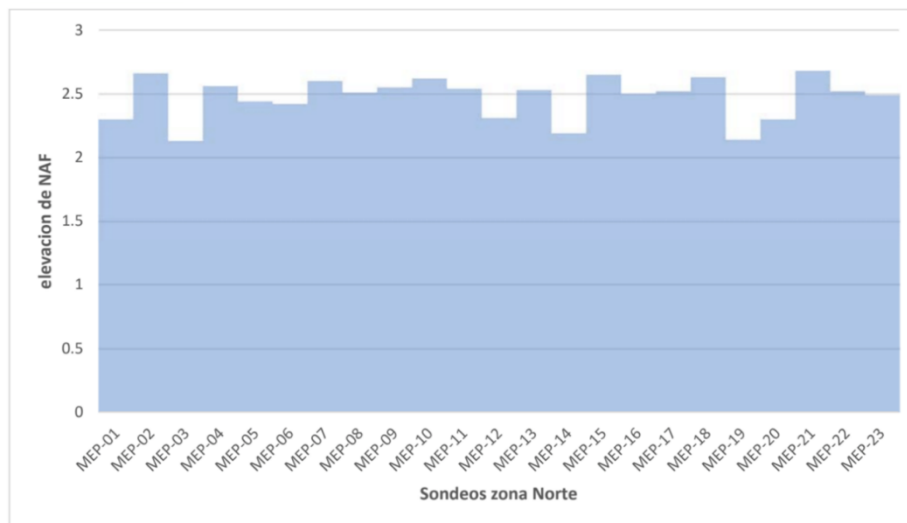


Figura 10. Elevación y ubicación de NAF

La información correspondiente a diseño civil de fundaciones de las infraestructuras arriba mencionadas, aún están en fase de desarrollo; tampoco se conocen con detalles las cargas y limitaciones de asentamiento de los equipos principales, si bien basado en la experiencia de anteriores proyectos similares y las características conocidas del emplazamiento, es posible que pueda ser necesario la instalación de cimentaciones profundas en los siguientes elementos de la planta:

- Equipos rotativos mayores
- Columnas de proceso

- Reactores
- Tanques de almacenamiento
- Paquetes de proceso
- Estructura de soporte de tuberías (rack)
- Edificios administrativos, sala de control, almacén y taller

En cualquier caso, la necesidad de pilotaje y su método de construcción para cada equipo o estructura se definirán más adelante, cuando se disponga de una ingeniería más avanzada. Donde no se requiera pilotaje, se ejecutará cimentación directa mediante zapatas o losas y el tipo de concreto se determinará, igualmente, cuando se tengan los datos específicos requeridos.

Preliminarmente se podría definir que la cimentación de los equipos se hará conforme a las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos y los requerimientos de estabilidad y resistencia de las mismas. Por ejemplo, para equipos rotativos mayores, se consideran losas de cimentación, de acuerdo a los requerimientos de los equipos, a las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, los requerimientos de estabilidad y la capacidad de carga del terreno. Sus bases serán de concreto reforzado y/o Grouting de nivelación con pernos embebidos o epóxico según el caso.

I.1.2. Proyecto mecánico

Presión de Diseño

- Los equipos se diseñan para las condiciones de temperatura y presión coincidentes más estrictas, acomodando la presión de trabajo máxima esperada y la temperatura correspondiente sin causar disparo de las protecciones.
- Las condiciones anormales se evalúan considerando una única contingencia. Una contingencia doble o múltiple no se tendrá en cuenta para la selección de las condiciones de diseño, pero si una falla es el resultado de otra falla, ambas se considerarán como una sola contingencia.
- El diseño de los equipos a ser instalados en unidades paquetes, son de acuerdo con el estándar del proveedor.

Notas:

- Si un equipo contiene líquidos, la presión de diseño no debe ser menor que la presión de vapor del líquido a la temperatura de diseño, excepto si se instala un dispositivo de seguridad para limitar la presión.

- La presión de funcionamiento máxima será la presión más alta posible durante el funcionamiento, el arranque y el apagado. Las condiciones de mal funcionamiento y alteración no se deben considerar para la determinación de la presión máxima de funcionamiento.
- La presión de diseño está limitada por la presión de ajuste aplicable del dispositivo de seguridad.
- Los recipientes a presión son recipientes según la definición del código aplicable.
- Todo el equipo operado con vapor debe estar clasificado para vacío total.
- Los sistemas llenos de líquido deben estar diseñados para resistir la máxima presión desarrollada por la bomba, en caso que el sistema se pudiese bloquear mientras las bombas que los alimentan continúan funcionando.
- Para equipos donde puede ocurrir vacío parcial durante el vaciado, se debe especificar una calificación de diseño de vacío parcial en la hoja de datos del equipo.
- Los recipientes que contienen metanol tendrán presiones de diseño especificadas con margen suficiente para minimizar la activación de las válvulas de alivio.
- La presión de diseño para intercambiadores de calor de carcasa y tubos debe considerar la protección de sobrepresión contra la rotura de los tubos.

a) Recipientes a Presión:

La presión de diseño se seleccionará de la lista siguiente.

Tabla 5. Presión de diseño

	Condiciones que limitan la presión de operación mínima	Presión permisible (PS) o Presión de diseño (PD)
a)	Ful Vacío hasta Atmosférica	Ful vacío y Mínima. 3.5 barg
b)	Condiciones que limitan la presión de operación máxima	Presión permisible (PS) o Presión de diseño (PD)
c)	Atmosférica hasta 10 barg	Presión de operación máxima esperada más 1 bar (min 3.5 barg)
d)	10 barg hasta 100 barg	Presión de operación máxima esperada más 10 % (min + 1.5 bar)
e)	Igual o sobre 100 barg	Presión de operación máxima esperada más 10 bar

Nota: Para el diseño de equipos especiales, la presión se seleccionará de acuerdo con los requisitos del proceso. Si los ventiladores o sopladores imponen presión subatmosférica, la presión de diseño se define por la presión de cierre del ventilador o soplador correspondiente.

b) Equipo al vacío:

Un equipo normalmente operado bajo vacío o vacío parcial, se diseña para vacío total y para la presión más alta que puede experimentar en caso de falla de vacío. Los equipos que contengan un fluido con una presión de vapor a temperatura ambiente inferior a la presión atmosférica y que pueda aislarse, deberán estar equipados con un dispositivo de ruptura de vacío o bien estar diseñados para vacío total. El equipo sometido a vacío debido a un mal funcionamiento o falla debe estar equipado con dispositivos de ruptura de vacío o bien estar diseñado para vacío total.

c) Sistema completo:

Varios equipos protegidos por la misma válvula de alivio deben tener una presión de diseño de al menos la presión de ajuste de la válvula de alivio.

d) Equipo en el lado de descarga de una bomba:

Un equipo que pueda tener que soportar la máxima presión de una bomba deberá tener una presión de diseño igual o superior a dicha presión. La máxima presión de una bomba centrífuga se calculará de acuerdo con el siguiente criterio:

- $\text{Altura diferencial a flujo nominal} \times 120\% + \text{nivel alto-alto cabezal estático de succión} + \text{presión de diseño lado de succión al } 120\%.$

e) Sistemas que incluyen reactores y equipos de procesos similares:

Para sistemas donde existan reactores y equipos similares, las recomendaciones de API STD 521 Apéndice B (sexta edición, enero de 2014) y API STD 520 Parte I (novena edición, julio de 2014) y API STD 520 Parte II (sexta edición, marzo de 2015) deberán ser seguidas.

f) Tanques y recipientes de paredes delgadas:

Los tanques y recipientes atmosféricos de paredes delgadas deberán tener una presión de diseño igual a la presión de ajuste más alta del dispositivo de alivio de presión. La presión de diseño para el vacío será igual a la presión más baja impuesta sobre la succión del dispositivo de alivio de vacío.

g) Recipiente abierto a la atmósfera

Los recipientes abiertos a la atmósfera tendrán una presión de diseño de ± 0 barg.

Temperatura de Diseño

- La temperatura de diseño para los equipos que operan por encima de la temperatura ambiente debe ser al menos 20 °C más alta que la temperatura máxima de funcionamiento. La temperatura de diseño se redondeará a los siguientes 5 °C.
- Para equipos por debajo de la temperatura ambiente de funcionamiento, la temperatura de diseño será la temperatura de funcionamiento más baja.
- Para equipos en servicio de vapor de alta presión, la temperatura máxima de diseño será la temperatura de funcionamiento más alta posible más al menos 6 °C.
- La temperatura de diseño de un equipo considerado especial, se seleccionará de acuerdo con los requisitos del proceso.

Nota:

- Para equipos con una pared común y dos temperaturas de funcionamiento diferentes, se debe considerar la temperatura desfavorable.
- La temperatura de diseño de los intercambiadores de carcasa y tubos debe considerar la posibilidad de calentamiento en caso de interrupción del flujo.
- Para equipos que manejan líquidos saturados, la temperatura máxima / mínima de diseño será la temperatura de saturación a la presión de diseño correspondiente más 16°C y acumulación de presión para la válvula de seguridad.

I.1.3. Sistema contra incendio del proyecto

El diseño del sistema de protección contra incendios se realiza siguiendo las recomendaciones de Asociación Nacional para la Protección contra Incendios (NFPA) en sus normas:

- NFPA 10 Normas para Extinguidores portátiles contra incendios (Edición: 2018)
- NFPA 11 Normas para espumas de baja, media y alta expansión (Edición 2021)
- NFPA 13 Normas para instalación de sistemas de aspersores (Edición 2019)
- NFPA 14 Normas para la instalación de stand pipes y sistemas de mangueras para aguas contra incendios (Edición 2019)
- NFPA 15 Normas para sistemas fijos de rocío con agua para protección contra incendios (Edición 2017)
- NFPA 20 Normas para la instalación de bombas estacionarias de agua contra incendios (Edición 2019)

- NFPA 22 Normas para tanques de agua contra incendios (Edición 2018)
- NFPA 24 Normas para la instalación de sistemas contra incendios incluyendo la red y sus accesorios (Edición 2019)
- Código Modelo “EI” para las practicas seguras apartado 19: Precaución contra incendios en refinerías petroleras y en instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos (3ra Edición, noviembre 2012)
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de Seguridad – Prevención de incendios y protección en el sitio de trabajo.

Igualmente, se cumplirá con los reglamentos locales y nacionales, así como también, aquellas normas mexicanas aplicables.

a) Demanda de agua contra incendios:

Para la determinación de la demanda de agua contra incendios se utilizan los siguientes valores de diseño:

- Sistema de rociado de agua en tanques de almacenamiento de metanol: $2 \text{ L} / \text{min.} / \text{m}^2$ (según Modelo EI Código de Prácticas Seguras Parte 19)
- Sistemas de pulverización de agua en recipientes, columnas, filtros, intercambiadores de calor: $10,2 \text{ L} / \text{min.} / \text{m}^2$ (según NFPA 15)
- Sistemas de pulverización de agua en bombas: $20,4 \text{ L} / \text{min.} / \text{M}^2$ (según NFPA 15)
- Sistemas de espuma: $4.1 \text{ L} / \text{min.} / \text{m}^2$ (según NFPA 11)

Un análisis de posibles escenarios de incendio y emergencia revela los siguientes escenarios:

a.1) Incendio en la torre de enfriamiento:

Un incendio en una torre de enfriamiento provocaría el funcionamiento simultáneo de cuatro monitores. Un monitor tiene un caudal nominal de $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Además, se supone que el cuerpo de bomberos utilizará otras 2 mangueras para la extinción de incendios. Esto requiere un volumen de agua adicional de aprox. $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Por lo tanto, la demanda de flujo máxima esperada sería de aprox. $600 \text{ m}^3/\text{h}$.

a.2) Incendio en el área de proceso (destilación de metanol):

La demanda de agua esperada para los sistemas de rociadores de agua en el área de destilación de metanol será de aprox. 600 m³/h. Además, se considera que el cuerpo de bomberos utilizará tres hidrantes con una demanda de agua contra incendios de 360 m³/h. Esto da como resultado una demanda total de agua contra incendios igual a 960 m³/h.

a.3) Incendio en el área de almacenamiento de metanol:

- Incendio del Tanque: En caso de incendio del tanque de un tanque de metanol, los tanques de almacenamiento adyacentes deben enfriarse mediante sistemas de rociadores de agua. La demanda esperada de agua contra incendios, incluida la operación de 4 hidrantes / monitores, es de 2100 m³/h.
- Cortafuegos: En caso de fuga o derrame de metanol en un tanque de almacenamiento de metanol, la demanda de agua contra incendios para la formación de espuma del área de contención, incluidos los sistemas de rociado de agua para enfriar los dos tanques de metanol adyacentes, es de 2500 m³/h

Debido a estas consideraciones, la demanda total de agua contra incendios para la planta de metanol Pacífico MEXINOL se define en 2500 m³/h. La presión mínima en cualquier punto del circuito de incendio será de 7 barg durante las condiciones de flujo máximo.

b) Almacenamiento de Agua contra Incendios

Se dispone de dos tanques de almacenamiento de agua contra incendio, dedicados exclusivamente para tal uso. Son tanques cilíndricos verticales y atmosféricos, diseñados de acuerdo a los requerimientos de la norma NFPA 22. El primer tanque será instalado dentro de las facilidades principales, la planta de proceso, y el segundo en las instalaciones del puerto, donde se realizarán las tareas de despacho de metanol.

b.1) Dimensionamiento:

La capacidad de almacenamiento de agua contra incendios para ambas facilidades es suficiente para mantener estos sistemas operativos, a máxima demanda de agua, durante cuatro horas continuas. El volumen de almacenamiento se ha establecido en 10,000 m³.

c) Sistema de Bombeo de agua contra Incendios

El sistema de bombeo de la planta principal cuenta con dos bombas eléctricas principales y dos bombas auxiliares con motores diésel, además de dos bombas eléctricas (jockey) para mantener la presión de la red de agua contra incendios, todas instaladas en áreas con cobertizo.

La presión de descarga de la bomba contra incendios debe ser, mínima, 10 barg, para asegurar una presión residual de 7 barg en la ubicación hidráulicamente más remota de la planta. La presión se mantendrá mediante las bombas jockey (una bomba jockey en funcionamiento, una en espera). En caso de una caída de presión de más de 0,7 bar, la primera bomba contra incendios principal accionada eléctricamente comenzará a funcionar. En caso de una caída de presión, a pesar de tener una bomba eléctrica principal en servicio, se pondrá en marcha la segunda bomba de motor eléctrico. En caso de una falla de las bombas contra incendios principales accionadas eléctricamente (por ejemplo, debido a una falla en el suministro eléctrico), las bombas contra incendios principales accionadas por diésel se pondrán en marcha, siguiendo el mismo orden de las bombas con motores eléctricos.

El sistema de bombeo del terminal de despacho, en el puerto, sigue una filosofía semejante, solo que el número de bombas cambia a solo dos bombas, una con motor eléctrico y otra bomba con motor diésel.

c.1) Dimensionamiento

El sistema de bomba de agua contra incendios de la planta principal consta de dos bombas jockey cada una con una capacidad de 25 m³/h, dos bombas contra incendios principales accionadas eléctricamente con una capacidad total de 2500 m³/h (100% de capacidad) y dos bombas contra incendios de repuesto impulsadas por motores diésel con la misma capacidad total de 2500 m³/h. Las bombas contra incendios de repuesto impulsadas por diésel deben estar protegidas por un sistema de rociadores de conformidad con NFPA 20, sección 4.14.1.3.

El sistema de bomba de agua contra incendios del área de carga de buques consta de dos bombas jockey cada una con una capacidad de 25 m³/h, una bomba contra incendios principal accionada eléctricamente con una capacidad total de 940 m³/h (100% de capacidad) y una bomba contra incendios de repuesto impulsada por un motor diésel con la misma capacidad total de 940 m³/h. La bomba contra incendios de repuesto impulsada por diésel debe estar protegidas por un sistema de rociadores de conformidad con NFPA 20, sección 4.14.1.3.

d) Distribución de Agua

El agua contra incendios se suministrará por medio de una tubería o anillo principal. El anillo principal se dividirá en varios sub-anillos mediante válvulas seccionadoras. De este modo, se asegura que todas las demás partes del anillo principal permanezcan operativas, si un sub-anillo principal falla o está fuera de servicio debido a mantenimiento. Otro beneficio del diseño, es un mayor suministro de agua sin una pérdida excesiva por fricción. El diámetro de la tubería del anillo principal es de 18" y es enterrada.

Material:

El material de la tubería del anillo principal será de GRP (Plástico Reforzada con Fibra de Vidrio), de HDP (polietileno de alta densidad) o de otro material equivalente y las válvulas de seccionamiento son con cuerpo de acero al carbono con elementos internos fabricados en acero inoxidable. GRP o HDP son materiales comúnmente usado para sistemas similares; primero, porque ofrece alta durabilidad al no verse afectado por factores corrosivos y no requerir de protección catódica, segundo; porque es un sistema que está bajo tierra, por lo tanto no está sujeta a factores ambientales que puedan arriesgar su integridad, tercero; ofrece un ahorro sustancial en cuanto a costos de materiales, manipulación e instalación y finalmente, este tipo de tuberías son diseñadas para operar a presiones mayores a las especificadas por el sistema. Cualquier tramo de este anillo que esté por encima de la superficie, se construirá en acero al carbono.

e) Sistema de Hidrantes y Gabinetes de Mangueras

Los hidrantes (tipo pilar barral húmedo) se ubicarán a lo largo de la tubería del anillo principal. La distancia normal entre hidrantes o plantas de proceso será de 50 a 60 m. Cada hidrante estará equipado con dos salidas laterales NH de 2½" NST con tapas ciegas y cadenas, una conexión de bomba de 4½" y una entrada de brida FF de 6 "150 lb. Los hidrantes con monitor se deben instalar alrededor de la torre de enfriamiento y en el área de almacenamiento de metanol. El diámetro de la tubería de las conexiones de hidrante debe ser de 6 "(DN 150) de acuerdo con NFPA 24, sección 7.1.1.1. Se debe instalar una válvula de control en cada conexión de hidrante (NFPA 24, 7.1.1.2). Cada monitor deberá tener una válvula de bloqueo de aislamiento de mariposa.

Las cajas de mangueras deben estar ubicadas en cada hidrante y hidrante con monitor. Cada caja de mangueras debe contener el siguiente equipo:

- 4 manguera contra incendios de 2½", longitud 50 pies, clasificación de prueba de 600 psi, camisa doble, blanca, rosca NST hembra en un extremo y rosca NST macho en el otro, clasificación UL
- 2 boquilla de manguera, "Fogfighter" o equivalente homologado, 2½ "
- 1 llave inglesa y
- 2 empaques del acoplamiento de 2½

Las cajas de mangueras se construirán de acuerdo con NFPA 24.

f) Sistema de Rociadores

Según la NFPA 13 y NFPA 850, el sistema de rociadores consiste en un sistema fijo dotado con rociadores de agua, el cual será usado en la protección de las siguientes áreas o instalaciones:

- Área de proceso de metanol donde se maneje metanol líquido:
 - Tambor 1 de metanol espontáneo
 - Tambor 2 de metanol espontáneo
 - Columna de pre-arranque
 - Columna de metanol de alta presión
 - Tambor de alimentación de la columna de pre-arranque
 - Tambor de reflujo de la columna de pre-arranque
 - Tambor de metanol de alta presión de la columna de reflujo
 - Tambor de metanol de baja presión de la columna de reflujo
 - Re-hervidor 1 de la columna de pre-arranque
 - Re-hervidor 2 de la columna de pre-arranque
 - Re-hervidor 1 de la columna de metanol de alta presión
 - Re-hervidor 2 de la columna de metanol de alta presión
 - Re-hervidor de la columna de metanol de baja presión
 - Intercambiador de calor de metanol puro/metanol crudo
 - Condensador en la cabeza de la columna de pre-arranque
 - Enfriador de metanol de alta presión.
 - Condensador en la cabeza de la columna de metanol de baja presión
 - Filtro de guardia de metanol
 - Filtros de metanol A y B
 - Bomba de la columna de pre-arranque
 - Bomba de reflujo de la columna de pre-arranque

- Bomba de la columna de metanol de reflujo de alta presión
- Bomba de la columna de metanol de reflujo de baja presión
- Bombas de retorno de metanol fuera de especificación
- Bombas de despacho de metanol
- Tanques de almacenamiento de metanol
- Tanque de almacenamiento de metanol fuera de especificación
- Tanques de almacenamiento intermedio de metanol

g) Sistema de espuma

Se proporcionará un sistema de espuma para las áreas de contención de derrames donde están los tanques de almacenamiento de metanol. Se requiere la máxima demanda de espuma para la formación de espuma en área de diques de los tanques de almacenamiento de metanol. Los tres tanques de almacenamiento de metanol tienen un área de contención común capaz de contener el inventario completo de un tanque de almacenamiento más 20%. El área está subdividida por paredes intermedias para cada tanque de almacenamiento. El tiempo para el suministro de espuma será de 30 minutos de acuerdo con NFPA 11. Se supone que, en caso de fuga de un tanque, el área de contención intermedia no se llenará en 30 minutos y este se desbordaría hacia el área de contención adyacente. En caso de inundación del área adyacente, el área puede espumarse después de 30 minutos. El tanque de espuma se diseñará para formar espumas sobre las tres áreas de contención intermedia. Los sistemas de espuma deben utilizar un concentrado de espuma resistente al alcohol (concentrado de espuma AR-AFFF al 1%).

En el área de despacho de metanol, se instalarán dos monitores de torre de agua/espuma controlados a distancia en el área de carga con un caudal de agua de 350 m³/h para cada monitor.

i) Equipos Auxiliares

Para la sala de control principal, el laboratorio, el taller, la subestación eléctrica y el edificio administrativo se proveerá, para el primer ataque de incendio, extintores de incendios portátiles. El cuerpo de bomberos externo deberá tomar medidas adicionales de lucha contra incendios.

Se proveerán extintores portátiles de polvo químico (tipo ABC, capacidad aprox. 9 kg) para la protección del área de la planta y los servicios públicos. Las zonas especiales de riesgo de incendio con potencial de incendios de líquidos inflamables, como las casas de máquinas, los transformadores

en las subestaciones, deben protegerse adicionalmente con extintores de incendios de químico seco con ruedas (tipo BC, capacidad aprox. 50 kg). Las salas de conmutación, las salas de instrumentación local, la sala de control central y otras salas con potencial de incendios eléctricos deben estar equipadas con extintores de CO₂ portátiles con una capacidad de aprox. 4,5 kg. Extintores de CO₂ con ruedas con una capacidad de aprox. Se facilitarán 30 kg para la protección adicional de los edificios subestación. Todos los extintores de incendios deben cumplir con NFPA 10, Norma para extintores de incendios portátiles

j) Detección y Centralita

Para la planta de metanol Pacífico MEXINOL, se proporcionará un sistema de alarma contra incendios. El sistema de alarma contra incendios consta de los siguientes componentes:

- Paneles de control de alarma contra incendios incluyendo baterías de respaldo
- Panel anunciador remoto de alarma de incendio
- Iniciadores manuales de alarma contra incendios en puntos adecuados de entrada / salida del operador de las áreas de proceso
- Detectores de humo y / o calor en edificios con aire acondicionado sin procesos y casas de analizadores
- Sirenas para áreas de proceso
- Dispositivos de alarma audible / visual dentro de la casa del compresor, así como en edificios que no son de proceso y casas de analizadores

Los paneles de control de alarma contra incendios deben instalarse preferiblemente en salas de conmutación y sala de control central, las cuales son consideradas de ocupación permanente. Los paneles anunciadores remotos de alarma contra incendios se instalarán en:

- Sala de control
- En casetas designadas para el acceso de vehículos de respuesta a emergencias.

Los iniciadores se conectarán a bucles de alarma y emitirán señales individualmente. Los iniciadores automáticos y no automáticos, así como los dispositivos de alarma sonora / visual, las sirenas y los dispositivos de control se pueden conectar a los mismos lazos.

Los iniciadores de alarma contra incendios deben estar conectados a líneas de alarma, de tal manera que la ubicación de un incendio sea identificable.

Todos los lazos de alarma y los módulos esenciales del sistema de alarma contra incendios deben ser monitoreados permanentemente. En caso de iniciación de alarma o falla, la señal se indicará en los paneles de control y en los paneles anunciadores de alarma de incendio.

I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

A. Descripción del proceso

El concepto básico de producción de metanol se muestra en la figura siguiente. Esta representa la base del proceso cuando se utiliza gas natural como materia prima y comprende los siguientes pasos:

- Purificación de gas natural
- Saturación del gas natural
- Calentadores de Combustión
- Pre-reformador
- Reformador Auto térmico (ATR)
- Recuperación de Calor
- Compresión del gas de síntesis
- Síntesis del metanol
- Tratamiento de gas de purga y recuperación de hidrogeno
- Destilación de metanol
- Generación de vapor
- Servicios

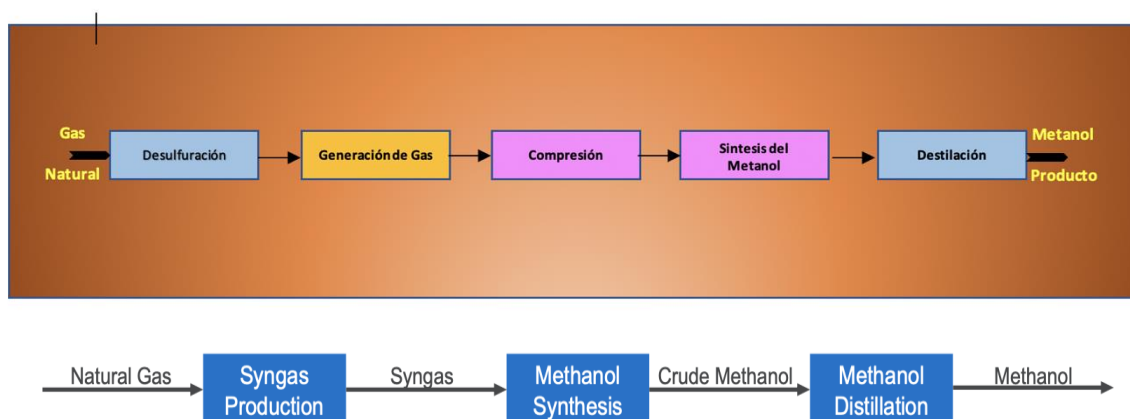


Figura 11. Diagrama de bloques del proceso

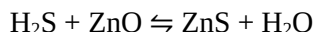
Gas natural de alimentación

Gas natural es entregado a la planta Pacífico MEXINOL a través de una tubería de 16” conectada a la red de gas natural de TC energy a una presión aproximada de 32.4 barg. El gas es entonces medido al pasar por un medidor de flujo perteneciente también a la empresa TC Energy para cuantificar las cantidades entregadas. El flujo de gas natural entregado es de aproximadamente 130 ton/h. El líquido que pueda estar presente en la corriente de gas de alimentación, es separado en el tambor separador de gas natural. Aguas debajo de este tambor, el gas natural se divide en dos corrientes, mientras que una pequeña parte se envía al cabezal de gas combustible para fines de encendido de algunos equipos, la mayoría del flujo se dirige al compresor de gas natural donde se comprime a una presión más alta. El compresor de gas natural es impulsado por una turbina de vapor de condensación con extracción de vapor de media presión.

Desulfuración

El gas natural comprimido se calienta sucesivamente en la alimentación de desulfuración/intercambiador de calor de efluentes y en el calentador de alimentación. Posteriormente, el gas natural precalentado se desulfura en una etapa combinada de hidrogenación y desulfuración utilizando catalizadores de óxido de zinc de tal forma que:

- Los componentes orgánicos de azufre (que también incluyen mercaptanos y tiofenos) son hidrogenados al sulfuro de hidrogeno en un catalizador de óxido de zinc promovido por cobalto-molibdeno en el reactor de hidrogenación y desulfuración.
- La desulfuración final por adsorción química de sulfuro de hidrogeno en un adsorbente de óxido de zinc en el reactor de hidrogenación y desulfuración, de acuerdo con la siguiente ecuación de reacción:



Los reactores de hidrogenación y desulfuración actúan como dos reactores en serie. Debido a la baja concentración de azufre, solo el primer reactor estará saturado de azufre y el segundo reactor sirve como respaldo durante el reemplazo del catalizador del primer reactor. Para evitar la interrupción de la operación mientras se reemplaza el adsorbente agotado, se puede desviar cada reactor para que la planta pueda operar utilizando un solo lecho de hidrogenación y desulfuración. Después de que el catalizador agotado se haya reemplazado con catalizador nuevo, el primer reactor puede volver a ponerse en funcionamiento en la configuración original en serie. El contenido de azufre del gas de alimentación se controla de forma constante aguas arriba, aguas abajo y entre los dos reactores. El

gas natural desulfurado se enfría en el intercambiador de calor de efluentes/alimentación de desulfuración y se dirige al precalentador de vapor de media presión.

Oxidación parcial catalítica (POX), reactor auto térmico (ATR) y recuperación del calor residual saturación y precalentamiento

Después de la desulfuración, se añade agua/vapor al gas natural para ajustar la relación vapor a carbono requerida para la reacción química posterior. Para alcanzar las temperaturas requeridas para la saturación, el gas se calienta en el precalentador y en el precalentador de fuego directo.

El gas natural ingresa al saturador desde la parte inferior y fluye hacia la parte superior de la columna pasando por ambas secciones del empaque, ambos en modo contracorriente de arriba a la parte inferior de la columna.

El agua sale caliente de la columna por la parte inferior. Una parte de esta agua de proceso luego se enfría y se envía a la planta de tratamiento de aguas residuales. La otra parte se envía al calentador de agua de reciclaje del saturador. El agua de proceso del saturador se mezcla con el agua de proceso de la columna de metanol. El calentador de agua de reciclaje del Saturador, calienta la mezcla de agua del proceso.

El condensado del proceso, en la sección de recuperación de calor residual, entra caliente en la columna. El gas natural saturado sale de la parte superior de la columna con una temperatura más alta y con contenido de agua correspondiente a sus condiciones de saturación.

Para alcanzar la relación deseada en la entrada del pre-reformador, el gas saturado se precalienta aún más en un calentador y se mezcla con vapor de proceso del cabezal de vapor de proceso de alta presión. Posteriormente, el gas saturado se calienta aún más. El gas saturado y precalentado entra al pre-reformador a una temperatura muy alta.

El pre-reformador

El pre-reformador convierte los hidrocarburos superiores en metano (CH_4), hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2) y monóxido de carbono (CO). Aunque las mismas reacciones ocurren en la POX (ATR), un alto contenido de hidrocarburos superiores en el gas de alimentación podría conducir a la deposición de carbono y la formación de hollín. El pre-reformado del gas de alimentación a CH_4 , CO , CO_2 y H_2 tiene lugar a temperaturas moderadas en un reactor adiabático con un lecho de catalizador a base de NÍQUEL. El Pre-reformador funciona a una temperatura alta de entrada para garantizar un

rendimiento óptimo y una vida útil del catalizador. La reacción general para la etapa de reformado es endotérmica, lo que da como resultado una temperatura del gas de salida del Pre-reformador un poco más baja.

POX catalítico (ATR)

El gas de salida del pre-reformador se calienta más en el intercambiador de calor de alimentación/vapor I (ATR I) y el precalentador de alimentación/vapor II (ATR II), ambos ubicados dentro de calentador de fuego directo de entrada, antes de que este entre al POX catalítico (ATR).

En el POX catalítico (ATR), el metano y los hidrocarburos reaccionan con el vapor para formar H_2 , CO y CO_2 . Debe añadirse al sistema, vapor por encima de los valores estequiométrico para minimizar el contenido de metano residual en el gas de salida y evitar la deposición de carbono dentro de los poros del catalizador. Al producto de esta reacción se le conoce como gas de síntesis. Las principales reacciones de reformado que tienen lugar en el POX catalítico (ATR), se resumen en las siguientes ecuaciones de reacción:

a) Reformado del metano: $CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3 H_2$

b) Reacción del cambio de gas de agua: $CO + H_2O \rightleftharpoons H_2 + CO_2$

Las reacciones de reformado tienen lugar a una presión media específica, lo que reduce los caudales volumétricos y el volumen del reactor POX catalítico (ATR) en comparación con los procesos convencionales basados en el reformador de vapor, que operan con presiones mucho más bajas. El reactor POX catalítico (ATR) consta de una zona exotérmica no catalítica que produce una combustión parcial (parte superior) y una zona endotérmica catalítica (parte inferior). En la parte superior y a través de un quemador de alto fuego que proporciona la energía necesaria que da lugar a las reacciones de reformado endotérmico que tienen lugar en la parte baja, el gas pre-reformado se mezcla con vapor de alta presión del proceso y con oxígeno que es producido en la unidad de separación de gases del aire (ASU). Antes de entrar en el mezclador, el oxígeno se precalienta y se mezcla con el vapor de alta presión del proceso. El vapor de alta presión del proceso también se utiliza como medio de calentamiento para el precalentador del oxígeno.

En la parte inferior del POX catalítico (ATR), el metano es convertido al pasar por un catalizador a base de níquel de lecho fijo a condiciones de equilibrio y de acuerdo con las ecuaciones de reacción dadas anteriormente, por lo que una porción de metano todavía permanece presente en el gas de síntesis. La temperatura del gas de síntesis a la salida del catalizador POX (ATR) está por encima de

los 1000 °C y esta temperatura se controla al regular la cantidad de oxígeno agregado a la zona de combustión.

Recuperación de calor residual

El propósito de la sección de recuperación de calor residual, es recuperar el calor del gas de síntesis mediante una red integrada de intercambiadores de calor. El primer paso de enfriamiento tiene lugar en dos calderas de calor residual dispuestas en paralelo, el enfriador de gas de síntesis I / II, los cuales generan vapor saturado de alta presión. Estos intercambiadores de calor están conectados al tambor de vapor de alta presión mediante elevadores y esquinas descendentes y la circulación del vapor se mantiene mediante circulación natural.

Posteriormente, se utilizan otros flujos del proceso para enfriar el gas de síntesis. Aguas abajo del enfriador de gas de síntesis I / II, este se enfría aún más, al pasar por el precalentador de gas saturado de entrada, por el calentador de agua de reciclaje del saturador, el precalentador de agua (BFW) para vapor de alta presión y el hervidor de alta presión de la columna de metanol II. Entre cada uno de los últimos tres pasos de enfriamiento, el condensado del proceso se separa del gas de síntesis (en los tambores de gas de síntesis I / II / III) y se recoge en el tambor de condensado de media presión del proceso. El gas del tambor de condensado de media presión del proceso se inyecta al cabezal de gas combustible. Una parte del condensado del proceso se envía al separador de condensado de baja presión. La otra parte se bombea con la bomba de condensado de media presión del proceso al precalentador de condensado de proceso, el cual está ubicado en el calentador de combustión de vapor de media y alta presión, donde el condensado de proceso se calienta. Finalmente, el condensado del proceso se inyecta al saturador, para ajustar el vapor a la ración de carbono del gas natural.

El gas de síntesis entonces se enfría aún más en el hervidor de la columna ejecución previa I, en el precalentador de agua pulida y en el enfriador de gas de síntesis. Nuevamente, entre cada uno de estos pasos de enfriamiento, el condensado del proceso se separa del gas de síntesis (en el tambor de gas de síntesis IV / V / VI) y se envía al separador de condensado.

El condensado del proceso purificado y enfriado se envía a la unidad de desmineralización y pulido para su procesamiento posterior. La porción de vapor de baja presión que está contaminado se elimina en la parte superior del separador y se elimina en los quemadores. El gas de síntesis enfriado se envía posteriormente a la sección de síntesis del metanol.

Calentador de combustión y el sistema de gas combustible

Los calentadores de combustión constan de dos paquetes independientes, uno para calentar las corrientes de proceso y el otro para calentar las corrientes de vapor. Cada uno está equipado con su propio silenciador de admisión de aire, ventilador de aire de combustión, precalentador de aire de combustión, ventilador de gases de combustión y chimenea. Los quemadores del calentador de combustión de proceso y del de vapor de alta y media presión se alimentan con gas combustible desde un cabezal. Además, todos los calefactores tienen una conexión desde la línea de suministro de gas natural.

Síntesis de metanol

El gas es entonces enfriado de la unidad de recuperación de calor, se comprime y se mezcla con otro gas de reciclaje. La corriente de gas de reciclaje es una mezcla de gases sin reaccionar con otros gases ya reaccionados de la unidad de recuperación. El gas mezclado se divide en dos corrientes iguales, se precalienta en los pre calentadores de alimentación de gas de entrada y se inyecta a los reactores. Para obtener metanol, se utiliza un reactor que combina varios catalizadores.

El intervalo de temperatura de funcionamiento preferido para estos catalizadores está en un rango de temperaturas. Es necesaria una temperatura mínima para activar la reacción; no debe excederse una temperatura máxima para evitar la desactivación y la formación de productos secundarios. Las reacciones de formación de metanol se favorecen al aumentar la presión. La generación de metanol se realiza en dos etapas.

Destilación de metanol

El mayor contenido de impurezas contenidas en el metanol crudo es: agua, gases disueltos y subproductos formados en los reactores de metanol. Algunos componentes se eliminan en la parte superior de la columna de destilación. Los otros componentes se eliminan en el fondo de la columna de metanol junto con el agua.

El metanol crudo líquido se calienta en el Intercambiador de calor y se alimenta con flujo controlado a la parte superior de la columna. Los componentes indeseados se separan del metanol crudo y se eliminan por encima como gas de destilación al cabezal de gas combustible. El Condensado se recoge y se bombea de nuevo a la parte superior de la columna.

El metanol puro condensado se recoge en un tambor de reflujo de la columna de metanol y se bombea controladamente a la parte superior de la columna de metanol como reflujo.

El metanol puro residual se enfría y se envía a través del filtro protector de metanol y el filtro de metanol para atrapar las impurezas que aún puede estar presente en las trazas.

El condensado restante se extrae como metanol puro, se mezcla con la corriente de metanol puro filtrado de la columna de metanol de alta presión y se envía al tanque de control de metanol.

Almacenamiento intermedio de metanol

El metanol puro de la sección de destilación de metanol se envía a los tanques de control de metanol. En estos tanques, el metanol puro se almacenará hasta que se verifique y apruebe su calidad. En caso de cumplir con las especificaciones de calidad del producto, este se bombea con las bombas de transferencia de metanol a los tanques de almacenamiento de metanol.

En caso de alteraciones en el proceso o si la calidad del metanol puro no es suficiente, este se envía al tanque de almacenamiento de metanol fuera de especificación, desde donde se puede bombear de regreso al Tambor de alimentación de la columna, a través de las bombas de metanol impuro. Además, el metanol impuro del tambor de alimentación de columna de pre-ejecución, del tambor de decantación de metanol y de la columna de metanol y se puede enviar directamente al tanque de almacenamiento de metanol fuera de especificación.

Los tanques de control de metanol están diseñados para un tiempo de retención de 12 horas, mientras que el tanque de metanol impuro está diseñado para un tiempo de retención de 24 horas.

Los gases de la sección de almacenamiento intermedio de metanol y de la sección de almacenamiento de producto de metanol, así como los gases de la sección de carga del barco de metanol son enviados al lavador de ventilación del tanque de metanol atmosférico para minimizar las emisiones de metanol al medio ambiente. El lavador de ventilación del tanque de metanol está equipado con al menos dos secciones de empaque que operan en modo contracorriente.

La sección de empaque superior se alimenta con agua fresca pulida y la sección de empaque inferior se alimenta con agua reciclada que se bombea a través de la bomba de reciclaje de agua de lavado, desde la parte inferior del lavador de ventilación del tanque de metanol. La purga del lavador se envía

de regreso al tambor de alimentación de la columna de pre-ejecución, a través de la bomba BD de agua de lavado o se puede enviar al tanque de metanol impuro o al tambor de metanol respectivamente. Para evitar la contaminación cruzada de los tanques de control y los tanques de almacenamiento de producto, los gases de ventilación del tanque de metanol impuro y los gases de ventilación de la sección de carga del barco tienen conexiones separadas al lavador.

Recuperación de hidrógeno

El propósito de la recuperación de hidrógeno es separar el hidrógeno del gas de purga de metanol, el cual es rico en hidrogeno. En el proceso, la recuperación de hidrógeno se lleva a cabo por adsorción por cambio de presión (PSA).

El proceso PSA se basa en el principio de que los adsorbentes son capaces de extraer más impurezas a una presión parcial de fase gaseosa más alta que a una presión parcial más baja. Los componentes como CO_2 , CO y CH_4 se adsorben selectivamente en un absorbedor de lecho fijo a alta presión y luego se liberan cuando la presión del sistema "oscila" a un nivel más bajo. El hidrógeno esencialmente no se adsorbe. La capacidad de adsorber completamente las impurezas permite la producción de un producto de hidrógeno de alta pureza. En este caso son suficientes purezas $> 98\%$ en volumen. Un PSA funciona sin la adición o eliminación de calor.

El proceso PSA es un proceso semi-discontinuo que utiliza múltiples absorbedores para proporcionar un flujo constante de alimentación, hidrógeno de alta pureza y gases de escape. El ciclo completo de oscilación de presión tiene cuatro pasos discretos: adsorción, despresurización, purga y re-presurización. La regeneración del adsorbente se realiza mediante una despresurización en dos etapas (en paralelo y luego en contracorriente), seguida de una purga de gas para mejorar la tasa de desorción. Finalmente, el recipiente de adsorción se vuelve a presurizar a la presión de funcionamiento.

La purificación continua de gas se logra mediante el uso de trenes de adsorción paralelos con la ventaja de reducir las pérdidas de flujo de producto y aumentar la eficiencia general, mientras se mantiene una alta pureza del gas del producto. La despresurización controlada se usa para minimizar las fluctuaciones en el gas de purga del PSA alimentado al sistema de gas de descarga.

La corriente de producto de hidrógeno purificado sale de la unidad PSA y se añade al gas producto de la segunda etapa del reactor de metanol aguas arriba del enfriador de Metanol Crudo I. Después de enfriar y separar líquidos, el gas mezclado, incluido el hidrógeno del PSA, se comprimen en el

compresor de gas de reciclo. El gas de reciclo se mezcla con el gas de síntesis, se alimenta al circuito de síntesis aguas abajo del compresor de gas de síntesis y se dirige a la primera etapa del reactor. El gas de escape del PSA (impurezas y pérdidas de hidrógeno), disponible a baja presión, se envía al cabezal de gas combustible. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del proceso.

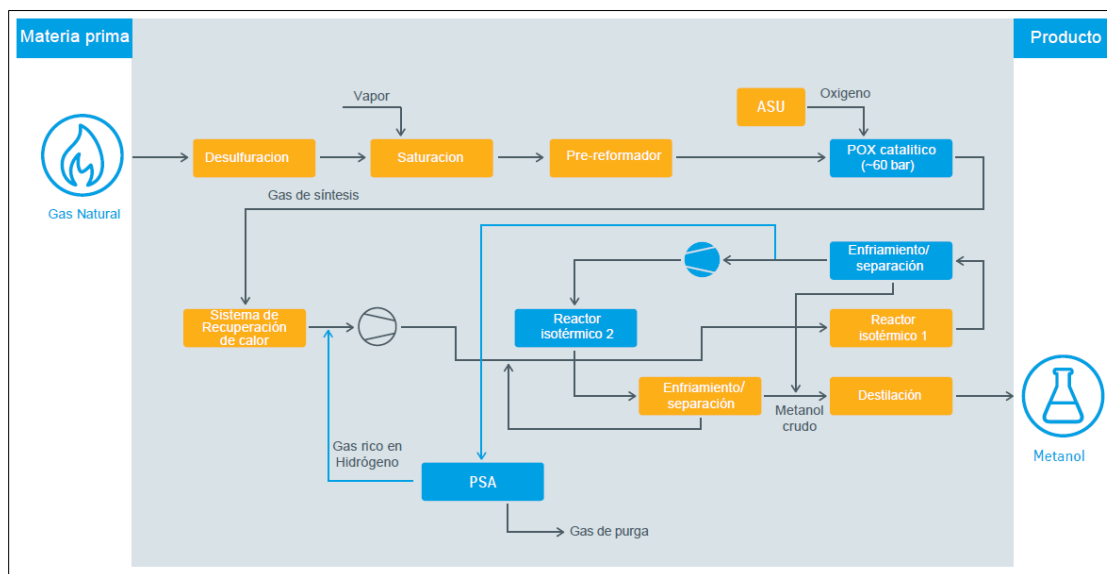


Figura 12. Diagrama de flujo de proceso

Carga de Metanol

El despacho de metanol a buque-tanques se hará a una tasa máxima de 3,000 m³/h a través de un ducto de 28 pulgadas desde la zona de almacenamiento en la planta de producción, hasta el puerto. En las adyacencias del puerto se prevé la instalación de trampas, para el envío de herramientas de inspección del ducto cuando sea necesario.

El diseño de las instalaciones considera cargar de buques de 50.000 DWT (Handymax). Mensualmente se esperan entre 3 y 4 buques en el Puerto y cada operación se hará en aproximadamente 30 horas, tomando en cuenta las maniobras de atraque y amarre de los buques. Para cargar el metanol se instalarán 2 brazos de carga de 12 pulgadas con sus respectivas conexiones de retorno de vapores. Adicionalmente, los brazos contarán con sistemas de liberación de emergencia y acoples de conexión/desconexión rápida.

Manejo de vapores

El proceso de llenado y despacho de metanol desde las instalaciones de Pacífico MEXINOL en el puerto hasta buques cargueros, va antecedido de un proceso de inertización de la atmosfera interna de almacenamiento dentro de estos cargueros con nitrógeno de alta pureza para eliminar la presencia de cualquier factor que pudiese producir una atmosfera peligrosa. Para enriquecer con nitrógeno tal atmosfera, se requiere una salida de gas de purga que permitirá el desplazamiento de estos gases. Se tiene especificado que al llegar los buques estos mantengan en su interior una presión mínima de metanol de la carga anterior, por lo que el gas de salida antes mencionado, sea una mezcla de nitrógeno más vapor de metanol.

La mezcla nitrógeno-metanol se colecta en un ducto y se envía a la unidad de recuperación de vapores adyacente a la zona de carga. La función de esta unidad es la recuperación del vapor de metanol, su licuefacción y reinyección a la línea de llenado de metanol a los cargueros.

El proceso de recuperación de vapor se logra al pasar la mezcla nitrógeno-metanol a través de un separador que posee un tamiz catalizador en su interior capaz de capturar el metanol y dejar pasar el nitrógeno. Luego, el metanol, que está a una presión muy baja, es comprimido y retornado a otro recipiente donde este cambia su estado de gaseoso a líquido. Posteriormente el líquido formado se bombea a una presión por encima de la presión de la línea de llenado principal.

El nitrógeno, que se deja pasar en el catalizador, alcanza una concentración pura y se envía de retorno a la planta principal a través de una línea de 8”.

En la siguiente figura se muestra el proceso de recuperación de vapores en el muelle.

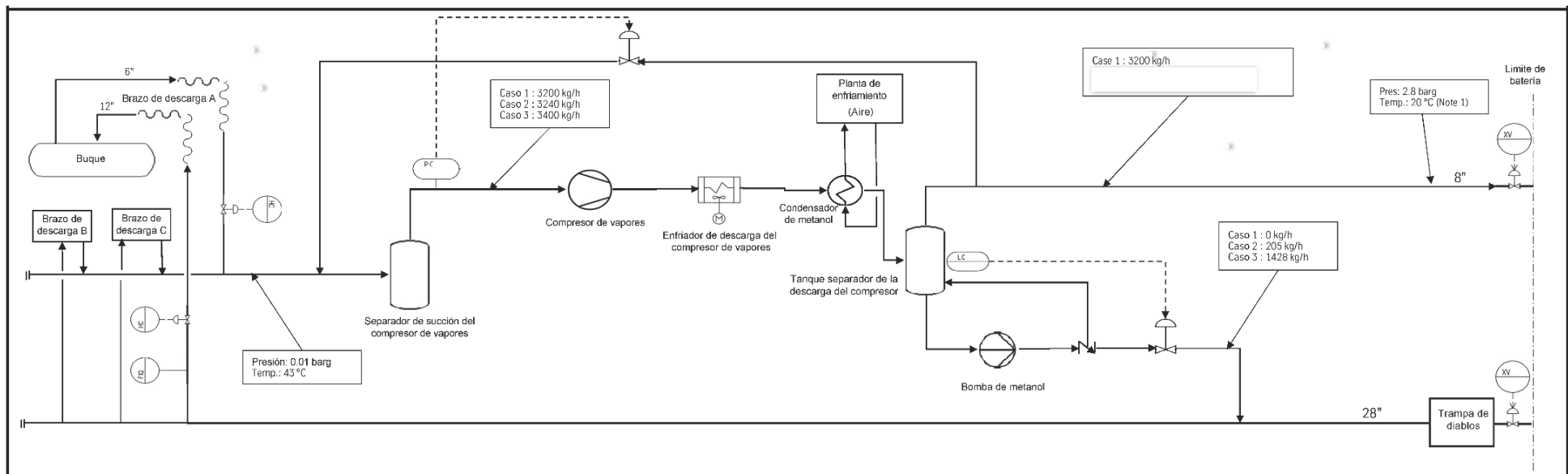


Figura 13. Proceso de recuperación de vapores en el muelle

Servicios Auxiliares

Sistema de drenaje de metanol

Varios drenajes de toda la planta se recogen en el sistema de drenaje de metanol. Los drenajes se recogen en el tambor de mezcla de metanol. Dependiendo de la composición del líquido dentro del tambor, se puede bombear al tanque de metanol impuro o a la instalación de tratamiento de aguas residuales de JAPAMA, a través de la bomba de drenaje de metanol.

Sistema de vapor y condensado

Se necesita vapor para el proceso de metanol a diferentes niveles de presión y temperatura. El sistema de vapor y condensado, suministra agua al generador de vapor (BFW) para la producción de vapor, distribuye el vapor a las diferentes unidades y recoge el condensado de las unidades de la planta. Se produce una gran cantidad de calor en el reactor principal y en los reactores de metanol. Este calor se utiliza para producir vapor a diferentes niveles de presión:

- Vapor saturado de alta presión y
- Vapor saturado de media presión

Posteriormente, ambos niveles de vapor saturado se sobrecalientan y se inyectan al cabezal de vapor apropiado. La planta de metanol produce vapor que excede su propia demanda. Esto incluye también el vapor que se exporta a la unidad de separación de gases del aire (ASU). El exceso de vapor de media presión se utiliza para producir energía en la unidad de generación de energía eléctrica.

Unidad de separación de gases del aire (ASU)

La Unidad de Separación de gases del Aire (ASU) separa el aire en sus componentes, principalmente nitrógeno y oxígeno. Se necesita oxígeno puro para el reactor principal con el fin de proporcionar la energía para las reacciones de reforma que tienen lugar. El nitrógeno se requiere continuamente dentro de la planta de metanol como gas de sellado para compresores, para la inertización de tanques y tambores de almacenamiento y para purgar los cabezales del quemador. Además, se utiliza como gas de purga para la activación del catalizador durante la puesta en marcha de la planta.

El aire del medio ambiente se utiliza como gas de alimentación para la unidad de separación de gases del aire (ASU). El vapor alta presión sobrecalentado del cabezal de vapor de alta presión se utiliza dentro de la ASU para impulsar las turbinas de vapor de los compresores de aire y el vapor

sobrecalentado de media presión del cabezal de vapor de media presión, se utiliza para fines de regeneración dentro de la ASU.

Unidad de tratamiento de agua

El agua pre-tratada se obtendrá a través de Tie-In Point de la planta de tratamiento de agua de JAPAMA. El origen del agua antes del tratamiento, por parte de JAPAMA, son las aguas residuales municipales de la ciudad Los Mochis. Esta agua es sometida a un proceso de clarificación y filtración antes de ser enviada a Pacífico MEXINOL. La unidad de tratamiento de agua de Pacífico MEXINOL está llamada a mejorar la calidad del agua hasta valores aceptables de calidad de agua para uso industrial, utilizando para ello un proceso basado en la inyección de químicos que aceleran la aglomeración de las partículas sólidas suspendidas muy pequeños para formar flóculos más grandes que promuevan su precipitación y posterior decantación que facilita la remoción de sólidos en forma de lodos. Por otro lado, se promueve la cloración e introducción de otros químicos en el agua para eliminar nitrógeno, fosfatos, partículas orgánicas, algas o elementos biológicos, además de llevar el agua a los niveles requeridos de dureza, con la remoción de sólidos disueltos.

Una vez eliminadas las impurezas, el agua se divide en dos corrientes, una hacia la torre de enfriamiento de la planta, la cual se usa para la red de distribución y que sirve para alimentar a los equipos que requieren enfriamiento. La otra corriente de agua va al tanque de almacenamiento de agua tratada, el cual también sirve como tanque de agua contra incendios. El tanque de agua tratada está dividido en dos secciones de nivel, el nivel más bajo que garantiza un volumen de 10,000m³ de agua con salidas únicas hacia las bombas contra incendios, y por encima de ese nivel, otras conexiones que alimentan otros usuarios de la planta, tal como el sistema de desmineralización de agua.

Para producir agua desmineralizada, el agua desde el tanque de agua tratada se conecta con la unidad de pulido de agua. En esta unidad el agua pasa por un proceso de ultrafiltración, luego sometido a un proceso de ósmosis inversa doble para remover minerales como calcio, magnesio, etc. y un sistema de pulido de agua que lleva el agua a los niveles requeridos de desmineralización para producir el vapor del proceso, arriba mencionado.

El agua potable se obtiene de una corriente de agua de reciclaje interno, de tal forma que, el agua servida generada por los servicios internos de la planta, se procesa en equipos de ultrafiltración, decantación, de cloración y de ósmosis inversa para ser convertida en agua de calidad superior apta

para el consumo humano. El uso del agua potable se ha especificado para ser usado en los siguientes sistemas:

- Las regaderas de seguridad
- El agua de uso humano para su aseo personal
- El agua del laboratorio
- El agua usada para cualquier otra actividad dentro de las instalaciones administrativas y operativas.

Toda agua residual, tanto de la unidad de pulido, como del sistema de agua de enfriamiento, así como también cualquier agua que se considere con alto contenido de impurezas, se enviará de retorno a la empresa JAPAMA para su apropiado manejo.

A continuación, se describe el proceso de cloración:

Agregar Cloro de forma segura al agua, consiste principalmente en realizar una extracción de la capa de gas Cloro contenida en el cilindro, a un ritmo controlado; empleando para esto, presiones negativas. Esta presión negativa es creada en un equipo denominado eyector o dispositivo Venturi. Con el paso de una corriente de agua acondicionada, a través de mecanismos finos de este eyector, se provoca un efecto de succión o presión negativa en un conducto dado (frecuentemente tubos flexibles de Polietileno).

El vacío provocado en eyector abre un mecanismo en su contraparte, el cabezal de regulación de vacío. Este cabezal no permite fugas de gas a presión debido a que cuenta con un diafragma opuesto a un resorte y se cierra herméticamente si el vacío desaparece. Si llegase a existir una fuga de gas a presión, está sería por un puerto de venteo, que en instalaciones completas, es dirigido directamente al lavado de aire.

Una vez absorbido por el agua, la solución supe-clorada es conducida a baja presión a los diferentes puntos de inyección, donde será inyectado Cloro, hasta cubrir la demanda provocada tanto por microorganismos, metales y otras especies aceptores de los electrones de Cloro, como lo es amonio y materia orgánica.

Finalmente, en función del caudal y calidad fisicoquímica del agua de proceso, la demanda de cloro es ajustada manualmente luego de la medición, tanto en línea como en laboratorio, del parámetro de Cloro libre residual. Las instalaciones de cloración se describen a continuación.

Cuarto de cloración

Las características del cuarto de cloración son las siguientes:

- El almacenamiento de los cilindros de gas, será en un lugar especial, bajo techo, separado y con restricción de acceso a solo personal autorizado.
- Tendrá necesariamente dos salidas de emergencia.
- Quedará prohibido introducir materiales inflamables en el área.
- Todos los cilindros tendrán cadenas para ser fijados a los muros para evitar su caída en algún movimiento de la tierra.
- Se dispondrá de jaulas y equipo de izaje para la carga y descarga segura de cilindros por parte de proveedores.
- Se dispondrá de alarmas de temperatura para no alcanzar nunca 70°C en esa área. Por lo tanto, la temperatura del lugar deberá permanecer entre 15 y 50°C.
- Se contará con etiquetas imantadas para identificar a los cilindros llenos de los vacíos.
- Solo se almacenará cloro suficiente para una semana de operación. Esto es aproximadamente 3,128 kg.

Regulador de vacío

Cada cilindro contará con un regulador de vacío.

Línea de venteo

Estas líneas compuestas de tubing de polietileno, serán dirigidas (cada una por separado) al scrubber para su procesado.

Aunque el Scrubber es un ambiente cerrado, la terminación de las líneas de venteo mantendrá siempre un cedazo de protección contra taponamiento por insectos.

Línea de cloro gas (tramo entre el regulador de vacío y el eyector)

- Línea de vacío serán de Tubing de polietileno por su resistencia al gas, al vacío y daño mecánico.

Específicamente se usará tubing de 3/8" marca Parker PEF Series, resistente a la flama y con las siguientes especificaciones técnicas:

Diámetro exterior de los tubos (pulg): 3/8

Diámetro exterior del tubo: 3/8 inch, 9.5 mm

Diámetro interior del tubo: 250 inch, 6.4 mm

Grosor de la pared del tubo: 062 inch, 1.6 mm

Presión de trabajo máxima: 155 psi, 10.7 bar

Presión de rotura mínima: 620 psi, 42.8 bar

Radio de curvatura mínimo: 1 1/2 inch, 36.1 mm

Temperatura mínima de funcionamiento: -85 °F, -65 °C

Temperatura máxima de funcionamiento: 150 °F, 66 °C

Rango de presión de vacío: 755 mm-Hg

- Estas líneas operarán a valores de vacío bajos, de alrededor de 1 a 4" Hg; y podrán prolongarse hasta 60 metros sin rebasar pérdidas por fricción, de la conducción de cloro gas, de alrededor de 0.5" Hg. Sin embargo, se espera no necesitar distancias mayores a 10 metros para la instalación es cuestión.
- Los conectores glándula de tubing al eyector y válvula deberán tener un par de vueltas de teflón certificado para ese uso. En este caso teflón marca Garloc de 1/2".
- La conducción de estos tubing, será libre y disponible a la vista y la ventilación
- Todas las conexiones solo se apretarán con la mano, nunca se usará herramienta para dar ajuste.
- El tubing no se pintará ni se limpiará con solventes u otras sustancias químicas. En caso de remover polvo, solo se usará un escobillón limpio.

Eyector

Diversas consideraciones hidráulicas serán tomadas para la elección de un eyector adecuado y tuberías relacionadas. Ya que una falla hidráulica será entonces falla del eyector y del proceso de desinfección. Estas consideraciones comprenden:

- El eyector será siempre localizado en un punto de menor elevación respecto a los puntos de inyección del agua super-clorada. De esta forma será prevenido el sifón de cloro, no demandado por el proceso.

- El diámetro de tubería de inyección (DN 19mm en cada eyector) será elegido (de ser necesario aumentado) para conseguir una velocidad moderada (4 a 5 ft/s) y perdidas por fricción en tuberías mínima. De esta forma se evitará presentar altas presiones de entra al eyector para compensar las pérdidas en la salida. Tomando como referencia el siguiente diagrama. Podemos estimar las siguientes variables para el trabajo de cada eyector, presentadas en la siguiente Tabla.

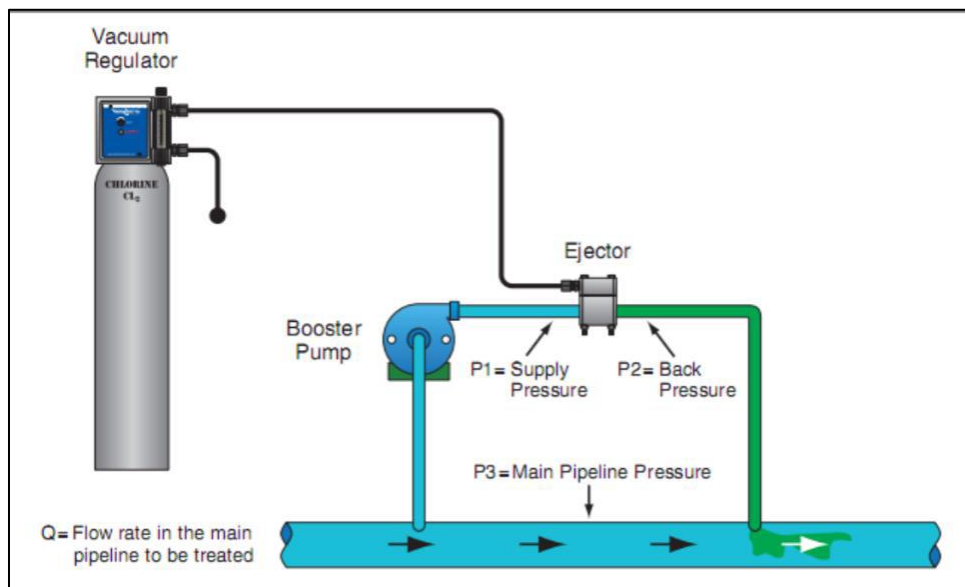


Figura 14. Diagrama representativo de la inyección de Cloro gas

Tabla 6. Variables para el trabajo de cada eyector

Variable	Mínimo-Normal	Máximo extraordinario
Flujo de alimentación de agua	22.5 LPM	30 LPM
Flujo de cloro gas aproximado <i>* en función de cantidad y calidad de agua de proceso.</i>	0.75 kg/h/eyector	1.13 kg/h/eyector
Velocidad media del líquido super-clorado en tubería	4.45 ft/s	5.94 ft/s
P1 (Presión de alimentación a eyector)	3 Bar	5.5 Bar
P1 (Presión de Salida de eyector)	1.37 Bar (14.06 mH2O @4°C)	3.5 Bar
Presión máxima de trabajo admisible para el eyector (según fabricante)	10 bar	10 bar

- Todos los eyectores tendrán un filtro tipo “YEE” de malla 200 mesh para protegerlos de atascamiento por sólidos. Después del filtro YEE, un filtro tipo cartucho de 20 micras será localizado justo antes del eyector para reducir al máximo las maniobras de limpieza de este, en las cuales, la tubería debe inevitablemente ser desarmada.
- También, cada eyector tendrá una válvula de paso y de control del flujo y presión de agua alimentada, así como también, indicadores de presión para la revisión cotidiana.
- Normalmente, el eyector que cubre gran variedad de las necesidades, posee conexiones macho rosca NPT DN 19 mm. Estas terminales serán enroscadas con la mano, usando sello de teflón como facilitador del ajuste a conectores hembra Hidráulicos PVC C80. Estos conectores hembra serán unidos a bridas movibles también de PVC C80 con alta resistencia a la presión de aprox 350 psi. De esta forma, en actividades de mantenimiento y limpieza de eyectores, serán las bridas movibles las piezas que recibirán ajuste y estrés mecánico, evitando en todo momento, sobreajustar o estresar las piezas del eyector.

Tubería de agua super-clorada (tramo entre el eyector y el punto de inyección)

Debido a la alta concentración del gas cloro disuelto, la solución que circula por estas tuberías será corrosiva y deberá usarse un material apropiado para conducirla y proteger la tubería de daños. Esta tubería tendrá las siguientes consideraciones de diseño y/o especificaciones constructivas:

- Fabricada en PVC C80 con piezas hechas en colado monolítico de preferencia marca SPEARS.
- Se mantendrá la tubería oculta del sol y protegida de daño mecánico
- Se evitará la formación de bolsas de gas dentro de la tubería, asegurando una pendiente ascendente en los tramos de tubo, desde el eyector al punto de inyección.
- Esta tubería no cruzará por debajo o dentro de estructuras de concreto.
- De preferencia, las uniones desmontables de esta tubería, serán del tipo bridada en PVC C80.

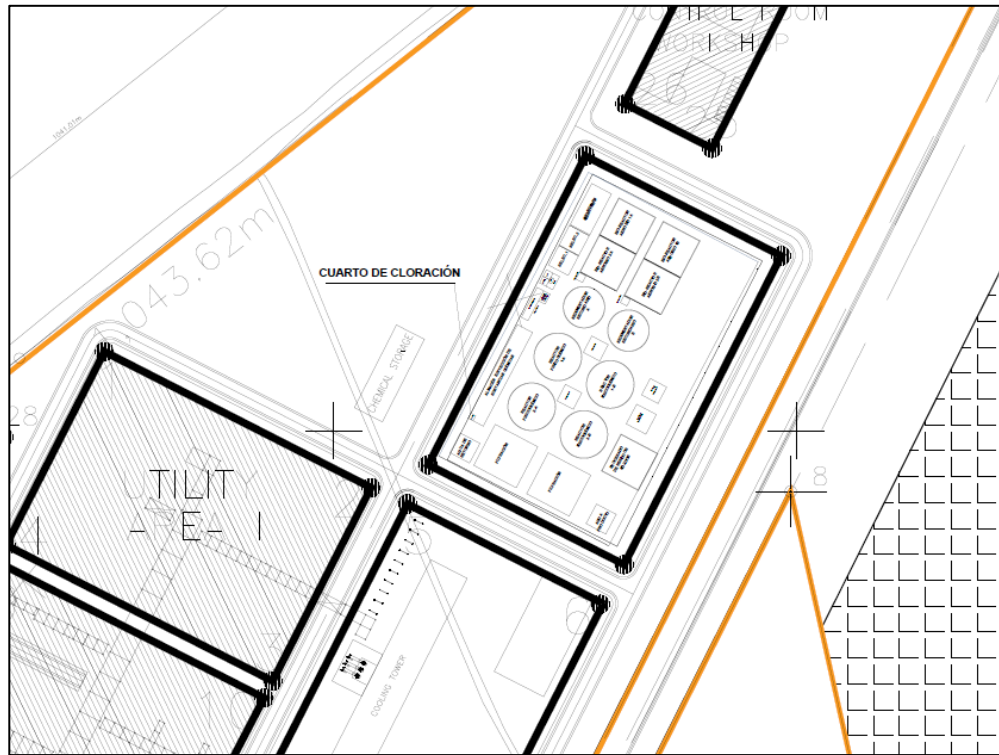


Figura 15. Localización del cuarto de cloración en plano general

Unidad de Generación de Energía Eléctrica

El sistema eléctrico de la planta está conectado a la red de CFE a través de la línea de alta tensión de 115kV. Principalmente la energía eléctrica desde la red nacional se utilizará solo durante el arranque de la planta o cuando haya algún problema en la generación interna de corriente eléctrica.

La generación interna de energía eléctrica se da a través de un generador eléctrico impulsado por una turbina de vapor, la cual recibe vapor de media presión. La capacidad de generación del generado excede la demanda de corriente eléctrica de la planta, por lo que un porcentaje de esta corriente se exporta a la red de 115kV.

La corriente generada antes de llegar a la subestación eléctrica (cuarto eléctrico) es pasado por un proceso de transformación de los niveles de tensión para adaptarlos a los niveles requeridos en la planta y luego se distribuye a las áreas donde la energía eléctrica es requerida. Adicionalmente, se proporciona un generador diésel de emergencia, el cual está llamado a suplir la energía eléctrica demandada por los sistemas vitales de la planta en situaciones de inestabilidad, para garantizar que la planta sea puesta fuera de servicio de forma controlada.

B. Filosofía de seguridad y control

El trabajo de instrumentación principal implica la instalación de instrumentos de campo, instrumentos de paquete, PLC de paquete, sistema SCADA, DCS, ESD, SSLS, F&G, AMS, analizadores en línea, OPC / RTDB, PLC de terceros, sistemas de comunicación y UPS y panel de distribución de energía de la batería.

La instrumentación de campo debe estar cableada para y terminada en tableros de conexiones. Se proporcionará instrumentación independiente para las funciones de control normal y de paro de las facilidades. Las señales se segregarán en cajas de terminaciones separadas para señales analógicas, digitales y de potencia con respecto a los sistemas DCS, ESD y F&G.

Todos los transmisores serán de tipo "inteligente" basados en el protocolo HART utilizando señales analógicas superpuestas con señales digitales. Todos los dispositivos HART se proporcionarán con compatibilidad AMS. Los transmisores ESD deben estar separados de los que se utilizan para el DCS. Se utilizarán transmisores independientes y dedicados para señales Alto-Alto y Bajo-Bajo. Se proporcionarán tomas de proceso y aislamiento separados. Sin embargo, los transmisores ESD y DCS puedan compartir un elemento primario, como una placa de orificio común. El número de transmisores en un ciclo ESD serán de acuerdo con la clasificación SIL requerida. Se utilizarán transmisores electrónicos en lugar de interruptores.

Se proporcionarán válvulas a prueba de fuego para ESD (clasificación SIL según el estudio SIL) Válvulas de SDV / de despresurización / purga, PSV, válvulas de control y sensores de iniciación. Se proporcionarán paneles de reinicio local en la mayoría de las ESDV / SDV, pero no en las SDV, donde es más seguro, el reinicio automático.

Se proporcionará un medidor de flujo de transferencia de custodia en la línea de exportación de metanol y en la línea de gas natural de alimentación principal.

El control y la parada de la planta de proceso se coordinarán desde la sala de control. La sala de control tendrá varias estaciones de trabajo de control principales, así como una estación de trabajo ESD / F&G separada. El número de operadores será de acuerdo con los requisitos mínimos del proyecto, habrá operadores del tablero principal, así como supervisores de turno y operadores de campo.

El equipo de control y parada de la planta instalado en la Sala de Control Principal, comprenderá los siguientes sistemas:

- **Sistema de control distribuido (DCS)**

Las funciones de control y supervisión de la instalación se realizarán mediante un DCS, ubicado en la sala de control para lograr todas las funciones especificadas. El DCS (Distributed Control System / Sistema de Control Distribuido) proporcionará una interfaz bidireccional completa con otros sistemas como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition / Sistema de Adquisición de Datos y Control Supervisado), ESD (Emergency Shut Down System / Sistema de Parada de Emergencia), los equipos de campo, el sistema F&G (Fire and Gas System / Sistema de Detección de Gas y Fuego), almacenamiento a largo plazo / computadora y todos los demás sistemas necesarios para brindar un monitoreo y control completo de las operaciones de la Instalación. El DCS proporcionará un alto grado de fiabilidad operativa y estará diseñado para incorporar redundancia de los procesadores de control, fuentes de alimentación, etc. El diseño del DCS incorporará amplias funciones de autodiagnóstico automático y proporcionará una alarma para indicar todas y cada una de las fallas detectadas. También permitirá capacidades de tendencias flexibles e integradas para un análisis preciso del proceso histórico y los datos derivados e igualmente, proporcionará capacidades de almacenamiento de bases de datos para instalaciones de tendencias, pantallas personalizadas, informes, etc.

Los gabinetes de clasificación del DCS, gabinetes de E/S (Entrada y Salida) y gabinetes del controlador estarán separados físicamente de otros gabinetes del sistema.

La interfaz de DCS con otros sistemas se realizará a través de una arquitectura tolerante a fallas de enlaces redundantes duales.

Se proporcionará una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) con un tiempo de respaldo para el DCS.

- **Sistema de paro de emergencia (ESD)**

El sistema del proceso ESD será doble redundante y las señales de campo serán monitoreada en línea. Todas las señales de entrada / salida de campo estarán cableadas y no se utilizarán datos en serie. Los

gabinetes de clasificación ESD, los gabinetes de E/S (Entrada / Salida) y los gabinetes del controlador deben estar separados físicamente de otros gabinetes del sistema con la excepción de SSLS, que compartirá el mismo controlador que el sistema ESD, pero tendrá módulos de E/S separados para señales SSLS (Sistema Lógico de Apagado Secuencial) y ESD.

La interfaz del ESD a la subestación debe ser a través del panel de relés de interposición (IRP) en la sala de la subestación. La interfaz de ESD con otros sistemas se realizará a través de enlaces redundantes duales.

Se proporcionará una fuente de alimentación ininterrumpida dedicada para los sistemas SSLS y ESD.

- **Sistema lógico de apagado secuencial (SSLS)**

El proceso SSLS será doble redundante y las señales de campo serán monitoreadas en línea. Todas las señales de entrada / salida de campo estarán cableadas y no se utilizarán datos en serie. Los gabinetes de clasificación SSLS, los gabinetes de E / S estarán separados físicamente de otros gabinetes del sistema, pero compartirán el mismo controlador que el sistema ESD. La interfaz SSLS a la subestación se realizará a través del panel de relés de interposición (IRP) en la sala de la subestación. La interfaz de SSLS con otros sistemas se realizará a través de enlaces redundantes duales.

- **Sistema contra incendios y detección gas (F&G)**

Los detectores de fuego y gas se implementarán según el QRA, el F&G Study y el mapa de gas e incendios. El sistema F&G será dual redundante / TMR y las señales de campo serán monitoreadas en línea. Todas las señales de entrada / salida de campo estarán cableadas y no se utilizarán datos en serie. Los gabinetes de clasificación de F&G, los gabinetes de E / S y los gabinetes del controlador deben estar separados físicamente de otros gabinetes del sistema. La interfaz del sistema F&G con otros sistemas se realizará a través de enlaces redundantes duales. Se proporcionará una fuente de alimentación ininterrumpida dedicada con un tiempo de respaldo de 24.5 horas para el sistema F&G.

- **Panel de alarma contra incendios (FAP)**

El sistema de alarma contra incendios es un sistema con marcación automática de emergencia (basado en IP) a la red de la empresa.

Los detectores de humo, pulsadores manuales, detectores de calor (para espacios de subsuelo y techos suspendidos superiores), detectores de hidrógeno y detectores de calor (para sala de baterías), detectores de metanol y otros posibles agentes, alarmas sonoras / luces estroboscópicas / balizas, etc. estarán conectados a un sistema de alarma y detección de incendios dedicado. Todos los detectores serán direccionables y se conectarán a través de un cable con aislamiento mineral (MICC). Las salas de baterías deben estar provistas de un detector de hidrógeno y un sistema detector de calor direccionables a prueba de explosiones.

- **Sistema de monitoreo de CCTV**

CCTV Cámaras Pan Tilt and Zoom (PTZ) serán instaladas en puntos estratégicos de la planta y de la zona de carga de metanol. Una cámara fija dedicada al monitoreo del quemador será instalada.

Todos los controladores, indicadores y registradores normalmente se ubicarán en la sala de control, excepto aquellos lazos / equipos empaquetados, donde la filosofía del proceso exige un controlador local o PLC. Los PLC de paquete que impliquen paradas deben tener una clasificación SIL 2 como mínimo.

Cualquier equipo especializado que tenga capacidad de cálculo y visualización individual, como equipos paquete, deberá estar interconectado con el sistema DCS, SCADA, ESD, sistema F&G de la instalación, SSLS y el sistema informático y almacenamiento de datos, según se requiera para la transferencia de datos, alarma, tendencia, sistema, informes, etc.

C. Materias primas, productos y subproductos

En la siguiente tabla se muestran los insumos requeridos para la operación de la planta Pacífico MEXINOL; así como las cantidades de reporte de las sustancias que se incluyen en los listados de actividades altamente riesgosas emitidos por la Secretaría de Gobernación.

Tabla 7. Materias primas, productos y subproductos

Sustancia	Cantidad de reporte (kg)	Recipiente	Capacidad	Máxima cantidad almacenada
Gas natural	500 ²	N.A.	N.A.	N.A. ³
Metanol puro	10,000 ¹	3 tanques verticales	52,000 m ³	156,000 m ³ (123,552 ton.)

Sustancia	Cantidad de reporte (kg)	Recipiente	Capacidad	Máxima cantidad almacenada
Metanol Fuera de especificación	10,000 ¹	1 tanque vertical	6,400 m ³	6,400 m ³ (5,068.8 ton.)
Metanol de Chequeo	10,000 ¹	2 tanques verticales	3,200 m ³	6,400 m ³ (5,068.8 ton.)
Cloro	1 ¹	3 cilindros verticales	68 kg	204 kg

N.A.= No Aplica, ¹ primer listado, ² segundo listado, ³ el gas se recibe por ducto por lo que no hay almacenamiento

De acuerdo con la tabla anterior, las cantidades totales almacenadas de metanol y de cloro, rebasan las cantidades de reporte.

Por otra parte, el gas natural se recibe por ducto por lo que no hay almacenamiento. Para el suministro de gas desde la salida de la estación de medición (propiedad de TC Energy), se contará con una línea de 10" de diámetro y una longitud de 100 m., hasta el punto de consumo (reactor de hidrogenación/desulfuración).

A continuación, se presenta el cálculo de la cantidad de gas natural contenida en la línea de suministro. Para calcular la masa de gas contenida dentro de una sección de tubería, es necesario determinar en primera instancia la densidad del gas bajo las condiciones de presión y temperatura; la cual se determina a través de la ecuación de gas ideal, considerando para ello un factor de corrección para la ecuación de los gases ideales (factor de compresibilidad=Z), como se muestra a continuación:

Utilizando la ecuación general de los gases, se tiene:

$$P V = n R T \dots\dots (1)$$

Donde:

P= presión

V= volumen

n= número de moles

R= constante de los gases ideales

T= temperatura

El factor de compresibilidad Z se define como:

$$Z = V_{\text{real}} / V_{\text{ideal}} \quad V_{\text{ideal}} = V_{\text{real}} / Z \dots (2)$$

Sustituyendo 2 en 1

$$P V_{\text{real}} = n Z R T \dots\dots (3)$$

Por otra parte:

$$n = \text{moles} = \text{masa} / \text{Peso molecular} = (m/PM) \dots\dots (4)$$

Sustituyendo 4 en 3:

$$P V = (m / PM) Z R T$$

Despejando P:

$$P = (m / V) Z R (T / PM) \dots (5)$$

Considerando que:

$$\text{Masa} / \text{Volumen} = \text{densidad} \quad m/V = \delta \dots\dots\dots (6)$$

Sustituyendo 6 en 5:

$$P = (\delta Z R T) / PM$$

Despejando δ :

$$\delta = (P PM) / (Z R T) \dots\dots (7)$$

Una vez obtenida la densidad del gas y considerando que la masa = (δV), se debe calcular el volumen de gas contenido; el cual, para un ducto, se obtiene a través de la ecuación del volumen de un cilindro:

$$(8) \dots\dots V = \pi r^2 l \quad \text{donde } l \text{ es igual a la longitud del ducto}$$

Teniendo los valores de densidad y volumen, podemos determinar la masa

$$(9) \dots\dots \text{masa} = (\delta V)$$

Una vez indicado lo anterior, se calculó la masa contenida en la tubería de suministro, utilizando las ecuaciones 7, 8 y 9; considerando los siguientes valores:

$$Z_{\text{metano}} = 0.921 \text{ a } 30^\circ\text{C y } 470 \text{ psi}$$

$$R = 10.73 (\text{lb} / \text{in}^2) \text{ ft}^3 / (\text{lbmol } ^\circ\text{R})$$

$$PM = 18.2 \text{ lb} / \text{lbmol}$$

Tabla 8. Masa de gas natural contenida en la línea de suministro

Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Densidad (kg/m³)	Volumen (m³)	Masa (kg)
100	10	470	30	25.409	5.067	129

De acuerdo con la tabla anterior, el gas natural contenido en la línea de suministro, no rebasa la cantidad de reporte.

Con base en los resultados anteriores, Pacífico MEXINOL desarrollará actividades altamente riesgosas por el manejo de metanol y de cloro.

I.2.1. Hojas de seguridad

Metanol

El metanol, también conocido como alcohol metílico, es el alcohol más simple. Es un producto incoloro y tiene un olor distintivo, similar al del etanol. A temperatura ambiente el metanol es un producto volátil, inflamable pero no explosivo. Es soluble en agua y rápidamente biodegradable. Con una densidad promedio de 792 kg/m³ es más liviano que el agua. El metanol no es clasificado como un producto peligroso para el ambiente. Con ciertas limitaciones, el metanol no daña la vida marina (ej. Crustáceos, peces, algas o bacterias).

Tabla 9. Características del Metanol

Característica	Valor
No. CAS	67-56-1
Punto de ebullición	64.7 °C
Densidad relativa del vapor	1.1
Punto de inflamación	12°C
Límite Inferior de Inflamabilidad	5.5 %
Límite Superior de Inflamabilidad	44 %

De acuerdo con las hojas de datos de seguridad, el metanol presenta las siguientes características.



Salud 1. Ligeramente peligroso

Irritación o posible lesión reversible. Ligeramente irritante, reversible dentro de siete días.

Inflamabilidad 4. Extremadamente inflamable

Líquidos que pueden encenderse casi bajo cualquier condición de temperatura ambiente. Los materiales en esta clasificación producen atmósferas peligrosas con el aire bajo casi todas las

temperaturas ambientes o, aunque no afectados por las temperaturas ambientes, se encienden rápidamente bajo casi todas las condiciones.

La flama que produce el metanol no es visible a la luz del día. Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. Los vapores pueden viajar a una fuente de encendido y regresar en llamas. La mayoría de los vapores son más pesados que el aire, éstos se dispersarán a lo largo del suelo y se juntarán en las áreas bajas o confinadas (alcantarillas, sótanos, tanques).

Cloro

El cloro, en condiciones ordinarias de presión y temperatura, es un gas amarillo verdoso de un olor irritante característico.

Se considera un gas compresible no inflamable, ni aún en estado líquido; sin embargo, el cloro gas puede soportar la combustión de ciertos materiales bajo determinadas condiciones. El cloro gaseoso es 2.5 veces más pesado que el aire, por lo que tiende a acumularse en los lugares bajos y se difunde lentamente. El cloro gaseoso puede ser licuado por la aplicación de presión a baja temperatura y en esta forma es un líquido claro color ámbar, 1.5 veces más pesado que el agua.

A presión atmosférica hierve a -34°C y se congela a -101°C aproximadamente. El volumen de cloro líquido cuando vaporiza, produce cerca de 460 volúmenes de gas. En presencia de humedad el cloro líquido o gaseoso es altamente corrosivo para los metales de construcción empleados normalmente.

Tabla 10. Características del Cloro

Característica	Valor
No. CAS	7782-50-5
Punto de ebullición	-33.97°C (239.18 K)
Densidad relativa del vapor	2.5
Punto de inflamación	No es combustible
Solubilidad	Solubilidad en agua: 5.1 g/l (30°C)
Presión de vapor	777.2556 kPa (25°C)

De acuerdo con las hojas de datos de seguridad, el metanol presenta las siguientes características.



Salud 4. Mortal

Materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden ser letales.

Riesgo Especifico OXI.

Materiales que tienen propiedades oxidantes. Reacciona con agua de manera inusual o peligrosa

Es importante señalar que Pacífico MEXINOL, contará con las Hojas de Datos de Seguridad del todas las sustancias químicas que utilice; disponibles para su consulta por todo el personal de la planta; así como de los servicios de emergencia (protección civil, bomberos), que requieran de información directa.

En el **Anexo 3** se presentan las hojas de datos de seguridad del metanol y del cloro, en donde se especifican todas sus características, así como las medidas de seguridad aplicables.

I.2.2. Almacenamiento

Para su operación, Pacífico MEXINOL contará con los siguientes tanques de almacenamiento:

Tabla 11. Tanques de almacenamiento

Sustancia	Capacidad	Cantidad	Dimensiones		Material de Construcción	Dispositivos de seguridad
			Diam.	L o H		
Metanol Puro	52,000 m ³	3	55 m	22 m	Acero al Carbono recubrimiento interno	Tanque de techo fijo con de techo flotante interno e inyección de Nitrógeno entre el techo fijo y el techo flotante para inertizar la atmosfera.

Sustancia	Capacidad	Cantidad	Dimensiones		Material de Construcción	Dispositivos de seguridad
			Diam.	L o H		
Metanol Fuera de especificación	6,400 m ³	1	25 m	15 m	Acero al Carbono recubrimiento interno	Tanque de techo fijo con de techo flotante interno e inyección de Nitrógeno entre el techo fijo y el techo flotante para inertizar la atmosfera.
Metanol de Chequeo	3,200 m ³	2	18 m	17 m	Acero al Carbono recubrimiento interno	Tanque de techo fijo con de techo flotante interno e inyección de Nitrógeno entre el techo fijo y el techo flotante para inertizar la atmosfera.
Cloro	68 kg	3	24.4 cm	1.44 m	Acero	Capuchón cubre válvula, fusible, detectores de gas cloro, scrubber
Agua tratada	15,000 m ³	1	35 m	17 m	Acero al Carbono recubrimiento interno	Conexión de control sobre nivel y venteo con cuello de cisne
Agua Desmineralizada	1,000 m ³	1	10 m	15 m	Acero al Carbono recubrimiento interno	Inyección de nitrógeno a través de válvula de alivio NRP.

La ubicación de estos tanques se muestra en el arreglo general de la planta que se encuentra en el **Anexo 2**.

I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares

En la siguiente tabla se describen los principales equipos de proceso y auxiliares, con que contará Pacífico MEXINOL.

Tabla 12. Equipos de proceso y auxiliares

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
4011D001	Feed Gas Compressor KO Drum	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4011D003	Separador NG	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4011E002	Desulfurization Feed/ Effluent Heat Exchanger	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4011E003	Feed Gas Compressor Recycle Cooler	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4011E053	Feed Gas Compressor Recycle Cooler I	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4011K001	Compresor de gas natural	1	Compresor	Acero inox. y al carbón
4011R003A-B	Reactor de Hidrogenación y desulfuración	1	Reactor	Acero inox. y al carbón
4011R003A-B-Z40	Absorbedor de desulfuración	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4011R003A-B-Z42	Reactor de hidrogenación catalítica	1	Reactor	Acero inox. y al carbón
4011R003A-B-Z43	Reactor de alúmina	1	Reactor	Acero inox. y al carbón
4011U001	Estación de reducción de presión de gas natural	1	Patín de regulación de presión	Acero al carbón
4031C001	Saturador	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4031C002	Separador de condensado LP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4031D003	Separador de agua ATR	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4031D004A	Separador I de vapor HP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4031D004B	Separador II de vapor HP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4031D005	Separador I de gas de síntesis HP	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
4031D006	Separador II flash de gas de síntesis	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4031D007	Separador III flash de gas de síntesis	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4031D008	Separador de condensado MP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4031D009	Separador IV flash de gas de síntesis	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4031D010	Separador V flash de gas de síntesis	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4031D011	Separador VI flash de gas de síntesis	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4031D015	Separador flash de condensado de proceso	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4031E001	Precalentador MP BFW	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E002	Calentador de agua de reciclaje de saturador	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E003	Calentador de alimentación saturada	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E013A	Enfriador de gas de síntesis I	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E013B	Enfriador de gas de síntesis II	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E014	Precalentador de oxígeno	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E015	Precalentador HP BFW	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E016	Precalentador de agua tratada	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E022	Precalentador de gas combustible	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E051	Enfriador de purga de saturación	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E053	Enfriador de agua ATR	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
4031E054	Enfriador final de gas de síntesis	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031E055	LP Process Condensate Cooler II	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4031F001A-B	Filtro de oxígeno	1	Filtro	Acero al carbón
4031P001A-B	Bomba de agua de reciclaje de saturador	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
4031P002A-B	Bomba de reciclaje de agua ATR	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
4031P003A-B	Bomba de condensado media presión	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
4031P004A-B	Bomba de condensado baja presión	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
4031R002	Pre reformador	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R002-Z40	Pre reformador catalítico	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R002-Z41	Pre reformador de alúmina	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R003	POX catalítico (ATR)	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R003-M01	Mezclador catalítico POX (ATR)	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R003-Z40	POX catalítico (ATR) Catálisis 1	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R003-Z41	POX catalítico (ATR) Catálisis 2	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R003-Z42	POX catalítico (ATR) Alumina Balls	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031R003-Z43	POX catalítico (ATR) Alumina Lumps	1	Reformador	Acero inox. y al carbón
4031U001	Calentador	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061C001	Scrubber de gas de purga	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4061D001	Separador de vapor I MP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4061D002	Separador Flash I de metanol	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4061D003	Separador de vapor II MP	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4061D004	Separador Flash II de metanol	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4061D006	Separador de compresor de gas de síntesis	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4061E001A-B	Precalentador de alimentación de gas de síntesis	2	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
4061E004	Pre calentador de reactor II	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061E050	Enfriador RX de efluente I	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061E051	Enfriador RX de efluente II	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061E052	Enfriador de metanol crudo II	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061E053	Enfriador BFW HP	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061E054	Enfriador de metanol crudo I	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061E055	Syngas Compressor Anti Surge Cooler	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4061J001A-D	Eyector de reactor isotérmico I	4	Eyector	Acero al carbón
4061J002A-B	Eyector de reactor isotérmico II	2	Eyector	Acero al carbón
4061K001	Compresor de gas de síntesis	1	Compresor	Acero inox. y al carbón
4071D001	Tambor de alimentación de columna de pre-ejecución	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4071D002	Tambor de reflujo de columna de pre-ejecución	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4071D004	Separador de reflujo de columna de metanol HP	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4071D005	Separador de reflujo de columna de metanol LP	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E001A-B	Pre-Run Column Reboiler I	2	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E002	Pre-Run Column Reboiler II	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E003A-B	Re hervidor I de columna de metanol HP	2	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E004	Re hervidor II de columna de metanol HP	1	Recipiente a presión	Acero inox.

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
4071E005A-B	Re hervidor de columna de metanol LP	2	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E006	Crude Methanol Pure Methanol Heat Exchanger	1	Intercambiador de Calor	Acero inox.
4071E051	Pre-Run Column Overheads Condenser	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E052	Condensador Light H.C.	1	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E053	Enfriador HP de metanol II	1	Intercambiador de Calor	Acero inox.
4071E054A-B	LP Methanol Column Overhead Condenser	2	Recipiente a presión	Acero inox.
4071E055	Enfriador de metanol puro	1	Intercambiador de Calor	Acero al carbón
4071F001	Filtro protector de metanol	1	Filtro	Acero al carbón
4071F002A-B	Filtro de metanol	2	Filtro	Acero al carbón
4071P001A-B	Bomba de fondos de columna de pre-ejecución	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4071P003A-B	Bomba de reflujo de columna de pre-ejecución	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4071P004A-B	Bomba de agua de columna de metanol HP	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4071P005A-B	Bomba de agua de columna de metanol LP	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4071P006A-B	Bomba de aceite Fusel	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4071P007A-B	Bomba de reflujo de columna de metanol LP	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4071U001	Estación de dosificación de NaOH	1	Patín de dosificación de químico	Acero inox.
4071U001-P01	Bomba de dosificación de NaOH	1	Patín de dosificación de químico	Acero inox.
4071U001-T01	Tanque de dosificación de NaOH	1	Tanque	Acero inox.
4071Z006	Sosa caustica	1	Patín de dosificación de químico	Acero inox.

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
4101P001A-B	Bomba de transferencia de metanol	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4101P002A-B	Bomba de transferencia de metanol fuera de especificación	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4101P003A-B	Bomba de reciclaje de agua de lavado	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4101P004A-B	Bomba de agua de lavado BD	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4101T001A-B	Tanque de revisión de metanol	2	Tanque	Acero al carbón
4101T003	Tanque de metanol fuera de especificación	1	Tanque	Acero al carbón
4111U001	Unidad de alta presión PSA	1	Patín de absorción	Acero inox.
4711D001	Separador de metanol	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4711J001	Eyector de pozo de metanol	1	Eyector	Acero inox.
4711P001	Bomba de vertido de metanol	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
4821D001	Deaerador	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4821D002	Separador de condensado MP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4821D003	Separador de soplador MP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4821D004	Separador de soplador LP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4821D005	Separador de condensado de proceso HP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4821D012	Separador de condensado LP	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
4821E002	Enfriador de soplador	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4821E003	Precalentador de condensado de turbina	1	Intercambiador de Calor	Acero inox. y al carbón
4821E050	Condensador de vapor condensado LP	1	Recipiente a presión	Acero inox. y al carbón
4821F001A-B	Filtro de cartucho de condensado de turbina	2	Filtro	Acero al carbón
4821MT01	Turbina de bomba HP BFW	1	Turbina de Vapor	Acero inox. y al carbón
4821P001A-B	Bomba HP BFW	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4821P002-Q01	Bomba de eje descubierto de repuesto	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
4821P002A-B	Bomba MP BFW	2	Bomba	Acero inox. y al carbón

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
4821P003A-B	Bomba LP de condensado	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
4821U003	Estación de dosificación Scavenger O2	1	Patín de dosificación	Acero inox.
4821U004	Estación de dosificación de NH3	1	Patín de dosificación	Acero inox.
8831U001	Calentador auxiliar	1	Calentador de Combustión	Acero inox.
8841D001	Tanque de aire de instrumentos	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
8841U001	Unidad de aire de instrumentos	1	Compresor	Acero inox. y al carbón
8851GM01	Generador	1	Generador eléctrico	Acero al carbón
8851MT01	Turbina de generador	1	Turbina de Vapor	Acero inox. y al carbón
8851P001A-B	Bomba de condensado de la turbina del generador	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8881CT01	Torre de enfriamiento	1	Torre de enfriamiento	Madera
8881K001A-J	Ventilador de torre de enfriamiento	10	Ventilador	Acero al carbón
8881MT01A-B	Turbina de bomba de agua de enfriamiento	2	Turbina de Vapor	Acero inox. y al carbón
8881P001A-C	Bomba de agua de enfriamiento	3	Bomba	Acero inox. y al carbón
8881P002	Bomba de drenaje de agua de enfriamiento	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
8881P003	Cooling Water Fill Pump (HOLD)	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
8881P004A-B	Bomba de agua de filtración	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8881U001	Unidad de dosificación de químicos	1	Patín de dosificación	Acero inox.
8881Z001	Control químico de ph	1	Patín de dosificación	Acero inox.
8881Z002	Inhibidor de corrosión	1	Patín de dosificación	Acero inox.
8881Z003	Bacula de inhibidor	1	Patín de dosificación	Acero inox.
8881Z004	Biocida oxidante	1	Patín de dosificación	Acero inox.
8891P001A-B	Bomba de agua tratada	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8891P002A-B	Bomba de agua de servicio	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8891P003A-B	Cooling Tower Make-Up Pump	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8891T001	Tanque de agua tratada	1	Tanque	Acero al carbón

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
8901P001A-B	Bomba de agua pulida	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8901P002A-B	Bomba de regeneración	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8901P003A-B	Bomba de circulación	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8901P004A-B	Bomba de neutralización	2	Bomba	Acero inox. y al carbón
8901T001	Tanque de agua pulida	1	Tanque	Acero inox.
8901T002	Tanque de neutralización	1	Tanque	Acero inox.
8901U001	Unidad de pretratamiento de desmineralización	1	Patín de tratamiento de agua	Acero inox. y al carbón
8901U002	Unidad de desmineralización	1	Patín de tratamiento de agua	Acero inox. y al carbón
8901U003	Unidad de pulido	1	Patín de tratamiento de agua	Acero inox. y al carbón
8901U004	Unidad de dosificación de químicos	1	Patín de dosificación	Acero inox.
8911T001	Tanque de agua contra incendio (muelle)	1	Tanque	Acero al carbón
8911U001	Bomba de agua contra incendio (Planta)	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
8911U002	Bombas de agua contra incendio (muelle)	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
8911U002-P002	Bombas de agua contra incendio	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
8971D001	Separador de quemador de planta de metanol	1	Recipiente a presión	Acero al carbón
8971P001	Bomba del separador del quemador (Planta)	1	Bomba	Acero inox. y al carbón
8971V001	Quemador de planta de metanol	1	Quemador	Acero inox. y al carbón
9531P001A-C	Bomba de descarga de metanol	3	Bomba	Acero inox. y al carbón
9531T001A-C	Tanque de almacenamiento de metanol	3	Tanque	Acero al carbón
9631U001A-B	Brazo de descarga de metanol a buque	2	Garzas	Acero al carbón
9631U002	Paquete de compresión de vapores	1	Compresor	Acero inox. y al carbón

Tag	Nombre del equipo	Cantidad	Tipo	Materiales de Construcción
9951U001	Unidad de separación de aire	1	Unidad de separación de gases del aire	Acero inox. y al carbón

Todos estos equipos serán nuevos y su localización se muestra en el **Anexo 2**.

I.2.4. Pruebas de verificación

Todos los equipos y accesorios que forman parte integral del proyecto Pacífico MEXINOL, serán sometidos a pruebas rigurosas con parámetros preestablecidos de aceptación basados en las mejores normas aplicables individualmente, además de las mejores prácticas de ingeniería de la industria.

Las pruebas aplicadas se detallan a continuación:

Tanques de almacenamiento

Fabricación

Todos los materiales a ser utilizados en la construcción del tanque: planchas y láminas de acero, acero para estructuras, tuberías, bridas, válvulas, conexiones, accesorios, empaques, espárragos y otros componentes deben satisfacer los requisitos indicados en el código de diseño API 650.

- **Procedimiento de soldadura**

El estándar API 650, se auxilia del Código ASME Sección IX para dar los lineamientos que han de seguirse en la unión y/o soldado de materiales.

El Código ASME Sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde se verificará la calidad de la soldadura.

Los procedimientos de soldadura serán presentados para su aprobación y estudio antes de aplicar cualquier cordón de soldadura para cada caso en particular. Este procedimiento debe indicar la

preparación de los elementos a soldar, así como la temperatura a la que se deberá precalentar tanto el material de aporte (electrodo, si lo hubiera), como los materiales a unir.

- **Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):** Es un procedimiento de soldadura calificado por escrito preparado para proporcionar instrucciones para realizar soldaduras de producción según los requisitos del código. El WPS u otros documentos se pueden usar para proporcionar dirección al soldador o al operador de soldadura para asegurar el cumplimiento de los requisitos del código.
- **Registro de calificación de procedimiento (PQR):** Es un registro de los datos de soldadura utilizados para soldar un cupón de prueba. El PQR es un registro de variables durante la soldadura de los cupones de prueba. También contiene los resultados de las pruebas de los especímenes.
- **Calificación de habilidad del soldador (WPQ):** Es un alcance que rige y califica al soldador o también la soldadura en la cual se observa la capacidad, la destreza y el conocimiento del soldador a la hora de soldar. Este código reconoce que los fabricantes o contratistas pueden mantener un control operacional efectivo de los registros de calificación de desempeño del soldador.

Durante y posteriormente a la fabricación de la estructura metálica del tanque se realizarán algunas de las siguientes pruebas:

- **Líquidos penetrantes:** Cuando se especifique el examen de líquido penetrante, este deberá estar de acuerdo con la sección V, Artículo 6 del Código ASME. El método de examen con líquidos penetrantes es un medio eficaz para detectar discontinuidades que están abiertas a la superficie de metales no porosos y otros materiales. Las discontinuidades típicas detectables por este método son grietas, uniones, vueltas, cierres fríos, laminaciones y porosidad.
- **As built de soldadura y ubicación de radiografías:** El personal que realice y evalúe los exámenes radiográficos de acuerdo con esta sección deberá ser calificado y certificado cumpliendo con los requisitos de certificación descritos en los niveles II o III de ASNT SNT-TC-1A.
- **Prueba de gas oil:** Las juntas soldadas las cuales deberán ser examinadas para detectar grietas o cualquier otra discontinuidad que permita posibles fugas, mediante la aplicación

de un aceite altamente penetrante en todas las juntas de soldadura interiores, y examinar cuidadosamente el exterior de las mismas para detectar fugas.

- **Prueba de vacío del fondo:** Las pruebas de vacío se realizan con una caja de aproximadamente 150 mm de ancho por 750 mm de largo con una ventana transparente en la parte superior que proporciona una visibilidad adecuada para ver el área bajo inspección. Durante las pruebas, la iluminación debe ser adecuada para la correcta evaluación e interpretación de la prueba. El fondo abierto se sellará contra la superficie del tanque mediante una junta adecuada. Se proveerán conexiones, válvulas, iluminación y medidores, según sea necesario. Se utilizará una solución de película de jabón o una solución comercial de detección de fugas, aplicable a las condiciones.
- **Prueba hidrostática:** El tanque debe ser probado hidrostáticamente y su llenado debe ser gradual de manera que se puedan detectar fugas a tiempo, asentamiento de la fundación o cualquier otro problema. Se realiza antes de colocar el recubrimiento interno y las tuberías externas permanentes al tanque. El tiempo de la prueba será establecido por criterio del inspector, una vez completada la prueba hidráulica, sólo se pueden soldar al tanque pequeños accesorios no estructurales. Todas las uniones soldadas que estén por encima del nivel de agua de prueba se examinarán en busca de fugas mediante uno de los siguientes métodos:
 - Aplicar un aceite altamente penetrante en todas las juntas de soldadura interiores y examinar cuidadosamente el exterior de las juntas para detectar fugas.
 - Aplicando vacío a cada lado de las juntas o aplicando presión de aire interna y examinar cuidadosamente las juntas en busca de fugas.
 - Usando cualquier combinación de los métodos estipulados en los subpuntos anteriores.
- **Aplicación de recubrimiento interno:** Los medios de inspección estarán basados en el aspecto visual, prueba de dureza en escala “Shore A” y prueba de salto de chispa Spark Test. La superficie debe ser descontaminada, sobre todo en equipos en donde se generen sales solubles, tales como cloruros y sulfuros. A fin de descontaminar la superficie y realizar una adecuada preparación y la concentración de sales solubles (cloruros) debe ser menor a 10 ppm.
- **Cálculo de la frecuencia óptima de inspección:** Una vez construido el tanque y puesto en la etapa de operación, se diseñaron los planes de mantenimiento haciendo uso de tareas de mantenimiento e inspección y la frecuencia de aplicación la cual corresponda con el contexto operacional actual, mediante las metodologías apropiadas desde la etapa temprana del ciclo de

vida del activo tales como RCM, FMECA, FMEA y RBI. Por otro lado, es sumamente importante definir el intervalo óptimo de la frecuencia de inspección para mitigar el riesgo.

Sistema de Tuberías

- **Procedimiento de Soldadura:** El propósito de la calificación de un procedimiento de soldadura (EPS) es determinar si la junta soldada ejecutada presenta las propiedades requeridas que indican en el código, especificaciones de construcción de Spooles aplicables o en los requerimientos de diseño, La calificación de un (EPS), verifica y certifica las propiedades de la soldadura Posee procedimientos de soldadura (EPS/ PQR), elaborados de acuerdo a los requerimientos de la Norma ASME Sección IX
- **Calificación de Soldadores:** Aquí se asegura la habilidad del personal para efectuar uniones soldadas, mediante el cumplimiento estricto de los estándares de: ASME Sección IX, API 1104. Para lograr cumplir con las expectativas y requerimientos, los Sistemas de Gestión para la Calidad, establecen controles estadísticos, donde se define la trazabilidad, mediante la implantación de “Estampas” de cada soldador, para así lograr optimizar el respectivo control de rechazo, y así establecer acciones correctivas cuando sea requerido.
- **Verificación de la soldadura**
 - **Inspección visual:** El propósito básico de la inspección visual final es asegurar la calidad de la soldadura. Discontinuidades típicas encontradas durante la inspección visual podrían ser: (1) Porosidad, (2) Fusión incompleta, (3) Penetración de junta incompleta, (4) Socavación, (5) Traslape, (6) Fisuras, (7) Inclusión de escoria, (8) Sobre monta excesiva
 - **Inspección Dimensional:** Las tolerancias en las dimensiones lineales (Intermedio o general) se aplican a la cara para cara, cara a extremo y de extremo a extremo mediciones de tubería recta fabricada y cabecera; centro para finalizar o centro a cara de boquillas y otros accesorios; o el centro a cara de curvas.
 - Tolerancia Lineal en son $\pm 1/8$ " (3,0 mm), para los tamaños de 10 "y menores, $\pm 3/16$ " (5,0 mm) para Diámetros de 12 "a 24" y $\pm 1/4$ " (6,0 mm), para tamaños de más de 24 "a 36".
 - Tolerancias lineales sobre para los tamaños de más de 36 " están sujetos a las tolerancias de $\pm 1/4$ " (6.0 mm), aumentando en más o menos $1/16$ " (2.0 mm) por cada 12 "de diámetro de más de 36".
- **Inspección por Gammagrafía:** La gammagrafía es un método de ensayo no destructivo que se basa en la diferente absorción a la radiación “gamma” penetrante de la pieza que está siendo

inspeccionada. Esta absorción depende de la densidad del material, de variaciones de espesor o de su composición química. Generalmente este ensayo es usado en la determinación de variaciones de una región de un determinado material que presenta una diferencia en espesor o densidad comparada con una región vecina.

- **Prueba hidrostática:** Verificación de hermeticidad y calidad llevada a efecto en los circuitos de tubería, mediante el llenado con agua y presurización, a la presión de prueba marcada en los códigos de construcción aplicables. La presión de prueba hidrostática en cualquier punto en el sistema de tubería no será menor de 1.5 veces la presión de diseño. La presión será mantenida continua por un tiempo mínimo de 10 minutos y posteriormente reducida a la presión de diseño y mantenida el tiempo necesario para conducir las examinaciones para detección de fugas, la examinación será en todas las juntas y conexiones.
- **Prueba Neumática:** Verificación de hermeticidad llevada a cabo en circuitos de tuberías, por medio del presurizado con aire, nitrógeno o gas, para garantizar la integridad en todos los puntos de juntas de soldadura o uniones roscadas, bridas, válvulas, equipos, instrumentos y accesorios en general. Esta prueba se efectuará solamente en las líneas o sistemas que la lista de líneas así lo indique, la presión de prueba no será menor de 1.2 y no mayor de 1.5 veces la presión de diseño del sistema de tubería.

Recipientes a Presión

Los recipientes sujetos a presión que se emplean generalmente están contruidos en base a lo establecido en el Código ASME Sección VIII. Durante la fabricación de recipientes a presión, se efectúan diferentes pruebas para llevar a cabo un control de calidad aceptable, estas son, entre otras:

- Radiografiado,
- partículas magnéticas,
- Ultrasonido y
- líquidos penetrantes.
 - **Prueba hidrostática en recipientes a presión:** Consiste en someter el recipiente a presión una vez terminado a una presión 1.5 veces la presión de diseño y conservar esta presión durante un tiempo suficiente para verificar que no haya fugas en ningún cordón de soldadura, como su nombre lo indica, esta prueba se lleva a cabo con líquido, el cual generalmente es agua.
 - **Pruebas neumáticas en recipientes a presión:** Las diferencias básicas entre este tipo de pruebas y la prueba hidrostática, consisten en el valor de la presión de prueba y el fluido a

usar en la misma, la presión neumática de prueba es alcanzada mediante la inyección de gases. No es recomendable efectuar pruebas neumáticas, sin embargo, cuando se haga indispensable la práctica de este tipo de prueba, se deberán tomar las siguientes precauciones:

- Las pruebas neumáticas deben sobrepasar con muy poco la presión de operación, el Código A.S.M.E., recomienda que la presión de prueba neumática sea como máximo 1,25 veces la máxima presión de trabajo permisible y definitivamente deben evitarse en recipientes a presión usados.
 - En las pruebas neumáticas con gases diferentes al aire, deben usarse gases no corrosivos, no tóxicos, incombustibles y fáciles de identificar cuando escapen. El Freón es un gas recomendable para efectuar las pruebas neumáticas.
 - La mayoría de los gases para pruebas neumáticas, se encuentran en recipientes a muy alta presión, por lo tanto, es indispensable que se extremen las precauciones al transvasarlos al recipiente a probar, pues puede ocurrir un incremento excesivo en la presión de prueba sumamente peligrosos].
- **Ensayos no destructivos en recipientes a presión:** En la actualidad las Pruebas no destructivas son una parte importante en el proceso de fabricación de muchos de los productos de la industria y también en los programas de mantenimiento. Las Pruebas No Destructivas más comunes en nuestro medio son, para:
 - Defectos Superficiales: Inspección Visual Líquidos Penetrantes Partículas Magnéticas
 - Defectos Subsuperficiales: Partículas Magnéticas Radiografía Ultrasonido
 - Defectos Internos: Radiografía Ultrasonido
 - **Inspección Radiográfica (RT):** Una radiografía es la imagen obtenida en una película radiográfica, por medio de la radiación X ó Gamma transmitida a través del objeto a prueba. La radiografía es una imagen en dos dimensiones de un objeto que tiene tres dimensiones. La radiografía es el único método que proporciona un registro permanente de resultados y es el método que mejor revela la naturaleza interna de la pieza a prueba.
 - **Ultrasonido (UT):** La prueba ultrasónica consiste básicamente en inyectar ondas ultrasónicas al interior de la pieza a prueba, al propagarse estas ondas por la pieza sufren ciertos cambios que son detectados por nuestro sistema de prueba, que nos proporciona una indicación del estado interno de la pieza.
 - **Líquidos Penetrantes (PT):** La prueba de Penetrantes consiste básicamente en aplicar un líquido PENETRANTE sobre una superficie a prueba para que por CAPILARIDAD entre

en los defectos superficiales del tipo de grietas y porosidad. Después de transcurrido el tiempo de penetración, se remueve el penetrante superficial, teniendo cuidado de dejar solamente el que ha entrado en los defectos.

- **Partículas Magnéticas (MT):** El principio de la Inspección con Partículas Magnéticas es que, al establecer un flujo magnético en la pieza a prueba, la presencia de una discontinuidad provoca distorsión del campo y fugas magnéticas, las cuales son detectadas al rociar Partículas Magnéticas sobre la superficie. Las fugas magnéticas ocasionan acumulaciones de las partículas, que son indicaciones de discontinuidades.

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las condiciones de operación de los equipos, esta patentada y protegida por confidencialidad.

I.3.1. Especificación del cuarto de control

La sala de control es un edificio de uso exclusivo del personal de operaciones y control de los procesos. En él se incluyen la instalación de paquetes PLCs, el sistema, DCS, ESD, SSLS, F&G, AMS, analizadores en línea, OPC/RTDB, el sistema de comunicación, el UPS.

Datos del emplazamiento

El diseño de cimentaciones, estructuras de hormigón y otros trabajos de obra civil deberán realizarse basándose en los datos generales del emplazamiento del proyecto, tales como:

- Velocidad de diseño del viento;
- Zona sísmica;
- Cargas térmicas debidas a las variaciones de temperatura;
- Datos del terreno

Dicha información deberá ser considerada y deberá incluirse en el documento del proyecto Datos Básicos de Diseño (DBD).

Datos del terreno

El diseño de las cimentaciones, estructuras y otros trabajos de hormigón se realizarán de acuerdo con las prescripciones incluidas en el informe geotécnico final, relacionadas con:

- Nivel de cimentación;

- Capacidad de carga admisible del terreno relacionado con los asientos, dimensiones y profundidad de las cimentaciones;
- Capacidad de carga vertical y horizontal de un pilote, con referencia a las características mecánicas del terreno, a la distancia y cantidad
- Asientos esperados (a corto y a largo plazo);
- Densidad natural in situ;
- Peso específico del terreno (seco y húmedo);
- Humedad natural;
- Cohesión y ángulo de rozamiento;
- Elevación del nivel freático (mín. y máx.);
- Permeabilidad;
- Características químicas del terreno.
- Clasificación tipo de suelo
- Evaluación cualitativa de la indeformabilidad del terreno
- Evaluación cualitativa de la plasticidad y deformabilidad potencial del terreno

Situación del edificio

El proyecto de cualquier edificio de control deberá basarse obligatoriamente en el correspondiente “Estudio de Riesgo” de las plantas e instalaciones que albergarán el citado edificio.

En aquellos casos en los que las condiciones del emplazamiento o disponibilidad de espacio, no permita cumplir con las distancias de seguridad establecidas en la especificación antes citada, la construcción de estos edificios estará diseñada para soportar los efectos eventuales de riesgo de incendio, explosión o emisión de gases tóxicos en las proximidades, debiendo cumplir con las recomendaciones de seguridad que, a tal efecto, establezcan tanto la Reglamentación Oficial de la república mexicana así como también, lo establecido en la normativa internacional relacionada a este respecto.

Los edificios destinados a salas de control que normalmente llevan anexas oficinas, vestuarios, etc., se ubicarán preferiblemente en zonas donde el estudio de riesgos prevea un pico de sobrepresión incidente inferior a 35 mbar (0.5 psi, 3.5 kPa) ya que de esta forma no se requerirán refuerzos estructurales adicionales, y podrá realizarse una construcción convencional.

Los edificios de control se situarán preferentemente en áreas no clasificadas y alejados de las áreas con alto nivel de vibración y ruido.

En unidades de producción, se considerará el límite de unidad como referencia para el establecimiento de las distancias citadas.

Los edificios de control no se situarán en zonas donde el estudio de riesgos indique la posibilidad de recibir picos de sobrepresión superiores a 700 mbar.

Categorización de edificios

Para el diseño de los edificios de control se tendrá en cuenta la categoría que le corresponda de acuerdo con el siguiente criterio:

- Categoría 0 Edificios situados en zonas donde el estudio de riesgo indique la posibilidad de recibir picos de sobrepresión incidente de hasta 700 mbar (10 psi, 70 kPa) y duraciones de 40 msegundos o cuando las distancias a los equipos de riesgo sean entre 30 (equipos de bajo riesgo) y 60 m (equipos de alto riesgo).
- Categoría 1 Edificios situados en zonas donde el estudio de riesgo indique la posibilidad de recibir picos de sobrepresión incidente de hasta 450 mbar (6.5 psi, 45 kPa) y duración de 50 msegundos o cuando las distancias a los equipos de riesgo sean entre 60 (equipos bajo riesgo) y 90 m (equipos de alto riesgo).
- Categoría 2 Edificios situados en zonas donde el estudio de riesgo indique la posibilidad de recibir picos de sobrepresión incidente de hasta 200 mbar (3 psi, 20 kPa) y duración de 55 msegundos o cuando las distancias a los equipos de riesgo sean entre 90 (equipos bajo riesgo) y 120 m (equipos de alto riesgo).
- Categoría 3 Edificios situados en zonas donde el estudio de riesgo indique la posibilidad de recibir picos de sobrepresión incidente desde 35 mbar (0,5 psi, 3,5 Kpa) a 100 mbar (1.5 psi, 10 kPa) y duración de 65 mseg o cuando las distancias a los equipos de riesgo sean entre 120 (equipos bajo riesgo) y 150 m (equipos alto riesgo).

Escenarios de diseño

En el cálculo estructural se tendrán en cuenta tres casos de diseño, caracterizados por la sobrepresión incidente P_o y la duración t_o :

- Caso 1 Sobrepresión de diseño alta y corta duración sin producir deformaciones permanentes importantes en el edificio
- Caso 2 Sobrepresión baja y larga duración sin producir deformaciones permanentes importantes en el edificio
- Caso 3 Sobrepresión alta y larga duración produciendo grandes deformaciones permanentes sin llegar al colapso del edificio

El cálculo se realizará para los Casos 1 y 2 y el resultado se chequeará para que soporte el Caso 3.

Consideraciones de diseño

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones de diseño:

- a) Cada muro del edificio se diseñará para soportar un pico de presión reflejada P_r y duración efectiva t_e , según la categoría del edificio y el caso de diseño.
- b) El techo del edificio se diseñará para soportar un pico de presión incidente P_o y duración t_o , según categoría y caso de diseño.
- c) La estructura portante del edificio deberá ser capaz de resistir el efecto combinado de la carga sobre cualquier muro indicado en a) y una carga media en la totalidad de la cubierta equivalente a una presión P_a y duración t_a .
- d) En la combinación de cargas sobre el edificio se considerará que los efectos de viento, sismo u otras cargas excepcionales no son simultáneas con los efectos de la explosión.

Cálculo estructural

Las cargas dinámicas, producidas por explosión, sobre cada elemento estructural se tratarán, como cargas estáticas equivalentes que requerirán una resistencia dinámica R , en el edificio para que no se superen las deformaciones admisibles indicadas más adelante.

La carga estática equivalente que condicionará el diseño será, para cada elemento estructural, la mayor que se origine en cada uno de los tres casos antes considerados.

La resistencia dinámica R , en kPa, será igual a la carga estática equivalente, obtenida con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P}{\eta}$$

donde:

$$\eta = \frac{T\sqrt{(2\delta-1)}}{3,14t} + \frac{(2\delta-1)t}{2\delta(t+0,77T)}$$

P = Valor de pico de la carga de explosión aplicada en kpa (Po, Pr, Pa según los casos).

t = Duración de la sobrepresión en milisegundos (to, ta, te según los casos).

T = Periodo fundamental de vibración del elemento estructural, en milisegundos

δ = X_m/X_y

X_m = Desplazamiento dinámico máximo admisible, en mm

X_y = Desplazamiento efectivo donde comienza deformación plástica en mm

Para elementos secundarios la carga **P** se tomará como la carga de diseño exterior actuante sobre el área soportada por el elemento en cuestión.

Deformaciones admisibles

Los desplazamientos bajo cargas de explosión se limitarán como sigue:

a) Estructura de acero cargada principalmente a flexión o tracción.

$$X_m \leq 5X_y (\text{Casos 1 y 2}) \quad X_m \leq 20X_y (\text{Caso 3})$$

b) Hormigón armado trabajando principalmente a flexión

$$X_m \leq 3X_y (\text{Casos 1 y 2}) \quad X_m \leq 10X_y (\text{Caso 3})$$

c) Acero u hormigón armado trabajando principalmente a compresión.

$$X_m \leq 1,5X_y (\text{Casos 1 y 2}) \quad X_m \leq 3X_y (\text{Caso 3})$$

Siendo X_m e X_y las variables descritas en el punto anterior.

Características dinámicas de los materiales

La resistencia estructural se determina por el método de diseño plástico para el acero estructural y el método de tensión última para el hormigón armado.

El módulo dinámico de elasticidad del hormigón será 1.25 veces el valor estático. Para el acero el módulo dinámico de elasticidad será igual al estático.

Para los cálculos se usarán los siguientes valores de resistencia dinámica:

a) Para acero estructural o de armaduras con límite elástico (f_y) menor de 60 ksi (423 N/mm²)

Resistencia a flexión o tracción (f_{dy})..... 1,2 f_y

Resistencia a compresión..... 2 $F_a \leq f_{dy}$

Resistencia al cortante (f_{dv}) 0.6 f_y

b) Para acero estructural o de armaduras con límite elástico (f_y) mayor de 60 ksi (423 N/mm²):

Resistencia a flexión o tracción (f_{dy})..... 1.1 f_y

Resistencia a compresión..... 1,8 $F_a \leq f_{dy}$

Resistencia al cortante (f_{dv}) 0.55 f_y

(siendo F_a la tensión admisible a compresión)

c) Para el hormigón referido a la resistencia a compresión f'_c del cilindro estándar de 28 días de curado.

Resistencia a compresión axial o de flexión..... 1.25 f'_c

Resistencia al cortante puro 0.20 f'_c

Resistencia al cortante diagonal 2.25 (f'_c)^{0,5}

Adherencia en barras deformadas..... 0,15 f'_c

Resistencia en apoyo 0,85 f'_c

Tracción pura 7,5 (f'_c)^{0,5}

[f'_c siempre será superior a 3,000 psi (20,7 MPa)]

Arquitectura

General

a) El edificio de control será de una planta.

b) El edificio tendrá forma de caja, sin huecos interiores ni grandes retranqueos en el exterior.

c) Las zonas de ordenadores, sala de control y sala de racks, se diseñarán pensando en posibles

c) ampliaciones futuras.

d) Los edificios Categorías 0 y 1 no llevarán ventanas al exterior. En los de Categoría 2 se minimizarán teniendo en cuenta que no deben sobrepasar los 0,0065 m² por m³ de edificio y se situarán en fachadas opuestas a los puntos de riesgo.

e) Para mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo se tendrán en consideración las recomendaciones de la norma ISO11064-3 Parte 3 en la distribución interior.

Distribución de espacios

- 1) Sala de control
- 2) Sala de racks
- 3) Sala de ordenadores
- 4) Despachos de jefes de turno
- 5) Sala de máquinas de aire acondicionado (puede estar en planta alta)
- 6) Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)
- 7) Aseos opcionalmente a petición del Complejo
- 8) En la parte exterior junto a la fachada del edificio, se preverá un espacio de fácil acceso para situar las botellas del sistema de extinción de incendios.
- 9) Despachos técnicos de proceso
- 10) Sala de reuniones
- 11) Aseos femeninos y masculinos
- 12) Vestuario (sí es necesario)
- 13) Comedor
- 14) Otras dependencias

Aislamiento térmico/acústico

- a) Se aislarán las paredes y forjados del edificio conforme a la normativa nacional vigente.
- b) No se permitirán materiales de aislamiento que desprendan vapores tóxicos ante un fuego.
- c) El material será estable al fuego y al deterioro con el tiempo.
- d) La superficie exterior del aislamiento será protegida contra daños mecánicos, por medio de tabicón de hueco doble.
- e) La sala de máquinas del aire acondicionado no generará ruidos al resto de dependencias que superen los 55 dBa.

Protección contra incendios

La protección contra incendios será de acuerdo con las especificaciones correspondientes

Instalaciones eléctricas, alumbrado y telefonía

De acuerdo a las especificaciones para las Instalaciones eléctricas y especificación de diseño de protección contra descargas atmosféricas.

Tabla 13. Cargas de diseño por explosiones

Caso diseño Categoría Edificio	Pico sobrepresión incidente Po psi (kPa)	Duración sobrepresi ón to, mseg	Carga de explosión media equivalente sobre techos luces ≥ 30 m		Pico sobrepresión reflejada, Pr, psi (kPa)	Duración efectiva te, mseg	
			Sobrepresi ón Pa, psi (kPa)	Duración ta, mseg		Altura<5 m y/o (2) Anchura <10 m	Altura>10 m y/o Anchura > 20 m
Caso 1			6.5 (45)	60	15.0(103)	40	50
Cat. 0	10,0(70)	40					
Cat. 1	6,5(45) 3.0(21)	50	3.5(24) 1.8	90	15.0(103) 6.0	40	50
Cat. 2	1.5 (10)	55	(12.5) 1.0	95	(41)	50	60
Cat. 3		65	(7.0)	110	3.0 (21)	55	75
Caso 2							
Cat. 0	3.0(21) 3.0(21)	230	3.0(21)	230	6.0 (41)	120	140
Cat. 1	1.9(13) 1.1	200	2.5(17)	240	6.0 (41) 4.0	120	140
Cat. 2	(7.5)	200	1.5(10) 0.9	240	(27.5)	120	140
Cat. 3		200	(6)	245	2.25 (15.5)	120	140
Caso 3							
Cat. 0	11.0 75)	100	7.0(48)	155	16.5(114)	75	100
Cat. 1	7.0(48) 3.5(24)	130	5.5(38)	165	16.5(114) 7.5	75	100
Cat. 2	1.5 (10	155	2.7(19) 1.2	200	(52)	90	130
Cat. 3		200	(8.5)	250	3.5 (24)	110	135

I.3.2. Sistemas de aislamiento

Aislamiento de sistemas y equipos

Los requisitos para el aislamiento de la planta se deben implementar en base a:

- Una evaluación de la seguridad,
- La disponibilidad del sistema y
- La frecuencia de las operaciones regulares de producción y mantenimiento.

En general, se utilizará un solo bloqueo y purga en todos los sistemas. El doble bloqueo y purga solo se usará por razones de seguridad, es decir:

- En sistemas peligrosos con una presión nominal por encima de 600 psig (41 barg),
- En sistemas / equipos críticos para la confiabilidad general y

- En sistemas / equipos con alta frecuencia de mantenimiento, tales como, turbinas, compresores y bombas sobre las cuales podrían ser aplicadas tareas de mantenimiento, cuando el sistema al cual pertenecen, está presurizado.

Las siguientes figuras muestran los diferentes arreglos de aislamiento:

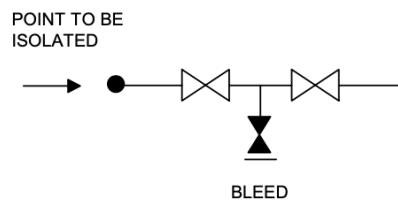


Figura 16. Doble bloqueo y venteo para sistemas de proceso

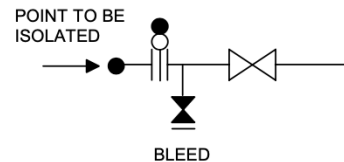


Figura 17. Bloqueo simple y venteo para sistemas de proceso

Aislamiento de recipientes a presión

Todas las boquillas de los recipientes a presión deberán estar equipadas con ciegos o espaciadores, excepto en aquellos que sean muy pequeños o a los que no se puede acceder, ver la siguiente figura.

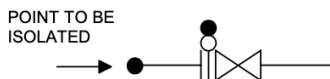


Figura 18. Bloqueo simple para aislamiento de recipientes a presión

El aislamiento del recipiente debe ubicarse lo más cerca posible del recipiente, normalmente directamente en la boquilla. Las válvulas de purga y vapor deben estar provistas de bridas ciegas o figuras en ocho.

Las conexiones a los sistemas de venteo / drenaje de los instrumentos deben estar aisladas en el instrumento.

Aislamiento para mantenimiento de equipos que puedan ser removidos

Piezas de transición se utilizarán cuando sea necesario para fines de mantenimiento. Este tipo de requisito de aislamiento se utiliza generalmente para bombas, compresores e intercambiadores de calor.

Aislamiento de válvulas de control

Las válvulas de control estarán equipadas con válvulas de aislamiento y purga.

Si se requiere un cierre hermético, se debe instalar una válvula de aislamiento aguas arriba de la válvula de estrangulación.

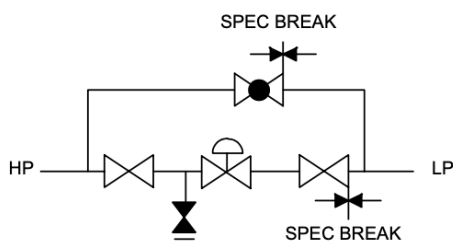


Figura 19. Aislamiento de válvula de control con bypass

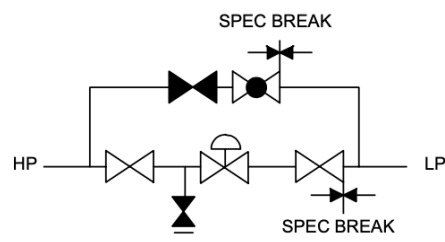


Figura 20. Aislamiento de válvula de control con bypass de doble bloqueo

En equipos no esenciales, se permiten válvulas de control simple.

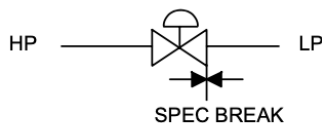


Figura 21. Válvula de control en sistemas no esenciales (sin aislamiento)

Aislamiento de instrumentos de presión y nivel en sistemas de inyección de químicos y puntos de muestreo

Generalmente, se aplican los mismos criterios a los instrumentos de estos sistemas que al aislamiento de sistemas y equipos de proceso.

Todos los instrumentos de presión deben tener una válvula de aislamiento con brida en el punto donde se extrae la presión en una línea de proceso, recipiente, etc.

Además, los puntos de inyección de productos químicos, deberán tener una válvula antirretorno.

Aislamiento del sistema

En general, los fluidos asociados a la producción de metanol y los servicios peligrosos con una presión de diseño del sistema que corresponda a una clasificación de brida de 600 psig (41 barg) y superior, se aislarán mediante válvulas de doble bloqueo y purga si se va a mantener el sistema mientras el resto de los sistemas están en funcionamiento. Bridas ciegas o una pieza de transición se colocará en la brida más cercana al punto de aislamiento requerido. Para una clasificación de brida de 300 libras y menos, es suficiente una válvula de bloqueo simple.

Una sola válvula es aceptable como doble bloqueo y purga, solo si la fuerza que actúa sobre las caras del sello es independiente de la presión del sistema, excepto alrededor de los elementos usados para el lanzamiento y recibimiento de herramientas de inspección de tuberías (PIG).

Dispositivos de aislamiento

Deberá ser posible aislar equipos o las secciones del proceso durante el trabajo de mantenimiento para obtener condiciones de trabajo seguras para el personal de mantenimiento. Las secciones de proceso también se aislarán para la prueba de fugas antes de la puesta en servicio o después de una operación de mantenimiento. Las disposiciones necesarias para facilitar el aislamiento son:

- El cierre de las válvulas automáticas de dos posiciones (cierre/apertura) o válvulas de bloqueo manuales en todas las conexiones de equipo o la sección del proceso a aislar.
- La Ventilación / drenaje (purga) entre válvulas de aislamiento o entre una válvula y una brida ciega.
- bridas con ciegos en el punto de aislamiento.

El aislamiento mecánico real se logra mediante uno de los siguientes arreglos:

- Uso de figuras en ocho (Spectacle Blinds)
- Espaciador y ciego.
- Pieza de transición y brida ciega.

Cuando se utilizan válvulas de mariposa tipo sándwich, se debe proporcionar una brida adicional entre la válvula y el carrete para permitir la extracción del carrete sin perturbar la válvula de mariposa.

La ubicación de los ciegos de la línea y las piezas de transición se indicará en los diagramas de instrumentación y tuberías (P&IDs).

Protección pasiva contra incendios (fireproofing)

Se aplicará aislamiento a prueba de fuego en equipos y tuberías donde se requiera protección pasiva contra un incendio de productos inflamables y en equipos que se requiera que sean operables durante un incendio.

La filosofía y los criterios para la aplicación de la protección pasiva contra incendios se detallan en las especificaciones y normas correspondientes.

Aislamiento acústico

El aislamiento acústico comprende las clases de aislamiento 6, 7 y 8. Los requisitos respectivos para estas clases son una atenuación media lineal de 10, 20 y 30 dB entre 500 y 2000 Hz.

Conexiones a venteos y drenajes

La filosofía para las conexiones a quemadores, venteos y drenajes se describe en esta sección:

- Sistema de drenaje cerrado: Diseñado para el drenaje de líquido después de la despresurización de recipientes a presión, tuberías y otros equipos debido a trabajos de mantenimiento, etc. Todas las conexiones de drenaje de presión deben estar equipadas con una brida ciega para evitar el drenaje accidental de líquidos o gases presurizados.
- Sistema del quemador: Es el sistema de alivio de todo el proceso de la planta. También se utiliza para el venteo total o parcial de los equipos para reducir la presión del cabezal al cual estén conectados.
- Sistema de venteo: Es el sistema de venteo de gases peligrosos a un respiradero atmosférico ubicado en un lugar seguro. Se utiliza durante el mantenimiento antes de abrir el equipo y normalmente se hace después de ventear del equipo al sistema del quemador. Si no hay un sistema de ventilación, alternativamente una boquilla ciega es aceptable para las conexiones de mangueras de alta presión a un lugar seguro.

Requerimientos detallados

- Todos los equipos y las tuberías deben estar provistas de respiraderos a un punto alto y drenaje de los puntos bajos.
- Todos los recipientes a presión deben estar provistos de una válvula de venteo y un ciego que ventile a atmósfera durante el mantenimiento.
- Todos los drenajes de recipientes o columnas que descargan en el sistema de drenaje de agua contaminadas deben tener tuberías permanentes dispuestas con observación visual del flujo. Los drenajes que se utilicen únicamente durante paradas importantes deben estar provistos ciegos o tapones.
- Las conexiones de venteo y drenaje deben estar provistas de válvulas de bloqueo para todos los intercambiadores de calor. En los intercambiadores que operan en serie, se instalarán válvulas de drenaje con tapones o bridas ciegas en el intercambiador inferior.
- Si se deben tomar medidas para la limpieza química con el haz de tubos en su lugar, se deben proporcionar conexiones de brida ciega para las conexiones de las mangueras químicas. Las conexiones deben ser preferiblemente de 3" NPS, pero sin exceder el tamaño de la línea y deben ubicarse entre las boquillas del intercambiador y las válvulas de bloqueo.
- Todos los conductos de venteo y drenaje de las carcasas de bombas que no estén conectados permanentemente al sistema del quemador / drenaje deberán estar con ciegos aguas abajo de las válvulas.
- Las conexiones al sistema de drenaje cerrado desde equipos y tuberías deben tener dos válvulas, una válvula de bloqueo o estrangulamiento, y una disposición de válvula de purga ciega. Se colocará una figura en ocho entre la válvula de bloqueo aguas arriba y la válvula de purga.

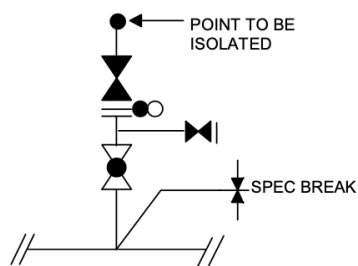


Figura 22. Doble bloqueo para conexiones al sistema de drenaje cerrado

- Las tuberías de drenaje hasta la conexión con el cabezal deben diseñarse para la misma presión que el sistema que se va a drenar. La última válvula de drenaje debe ser una válvula

de apertura lenta o alternatively, un orificio para evitar una relación de presión / flujo demasiado alto.

- Se debe usar una válvula de bloque con brida ciega para transmisores de nivel y medidores de nivel con conexiones a sistemas cerrados de drenaje y quemador. Si está conectado permanentemente al quemador o al sistema de drenaje cerrado, el ciego no es necesario.
- Las conexiones al sistema de venteo atmosférico desde recipientes presurizados requieren un solo aislamiento, válvula y ciegos. Las conexiones al sistema de ventilación atmosférica de los recipientes atmosféricos requieren un ciego.
- Los venteos atmosféricos que se descargan de fuentes peligrosas, incluidos tanques, deben dirigirse al sistema de venteo atmosférico. Sin embargo, los venteos de los tanques no peligrosos pueden dirigirse individualmente a la atmósfera.
- Los venteos y drenajes (y purgas) en servicio de peligrosos que no estén conectados permanentemente a sistemas de drenaje cerrados o al quemador deberán tener una válvula de doble bloqueo y un ciego para valores de presión de 600 psig (41barg) (clase ANSI) y superiores. Las clasificaciones de presión de 300 psig o menos deben estar equipadas con una válvula de bloque simple y un ciego.
- Las válvulas de alivio pueden equiparse con una válvula de bloqueo aguas arriba y aguas abajo y una válvula de purga ciega aguas arriba de la válvula de alivio.

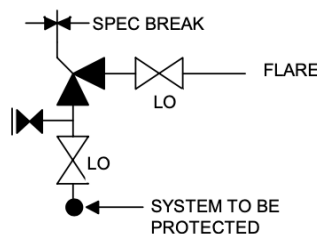
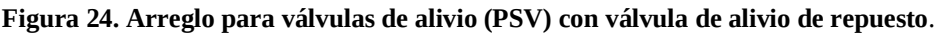


Figura 23. Arreglo para válvula de alivio simple de presión (PSV)

- Las válvulas de alivio o discos de ruptura con repuesto deben estar equipadas con válvulas de selector simple o válvulas de bloqueo con enclavamiento mecánico aguas arriba y aguas abajo y una válvula de purga ciega, aguas arriba de cada válvula de alivio.



-

Figura 25. Válvula de despresurización

- Los diagramas de tubería e instrumentación (P&IDs) deben mostrar todos los drenajes del proceso, los venteos y los puntos de muestreo necesarios para la puesta en servicio y la operación. Los venteos y drenajes utilizados exclusivamente para pruebas de presión hidrostática se agregarán mediante el diseño y la disposición de la tubería.

Para evitar derrames de metanol, los tanques contarán con protección contra el exceso de llenado por medios de alarmas de alto nivel visibles y audibles; accionamientos con instrumentos automáticos para detener el flujo antes del llenado excesivo; respiraderos con apagallamas; sistemas de contención secundarios, como diques, retenciones o bermas; detectores y alarmas de vapor; y detectores de gases explosivos para detectar y advertir de peligros de incendios o explosiones en caso de una fuga.

El metanol se almacenará en un área bien ventilada con bermas, diques o retenciones. El sistema será diseñado de acuerdo con NFPA 30, por lo tanto, el área de almacenamiento tendrá la capacidad de contener al menos el 120% del volumen de un tanque de almacenamiento en el área contenida. En el caso de una fuga dentro del área de contención, el metanol líquido acumulado se cubrirá idealmente por completo con espuma resistente al alcohol. Como el área de contención tiene las dimensiones adecuadas, el derrame de metanol podrá diluirse con al menos cuatro partes de agua a una parte de metanol para reducir el riesgo de incendios. Estas precauciones se tomarán sin que importe si el metanol está en combustión. El objetivo es impedir la migración de vapor y el retorno de llama reduciendo la velocidad de las fugas de vapor desde la superficie líquida.

Los procedimientos de operación y mantenimiento para prevenir y detectar fugas y derrames incluirán inspecciones visuales periódicas (al menos una por turno). Se realizarán con regularidad pruebas no destructivas del estado de los tanques, válvulas, tuberías, mangueras y diques, así como el mantenimiento preventivo de los componentes mecánicos, eléctricos y estructurales. Esto incluirá los sistemas de detección y alarma.

En todas las áreas en las que se manipule, se almacene o se use metanol, se dispondrá de equipos contra derrames. Cada juego completo para derrames incluirá lo siguiente:

- Varios tipos y tamaños de materiales absorbentes (vermiculita o carbón activado, esponjas absorbentes).
- Pala de plástico (que no produzca chispas) para dispersar los materiales absorbentes.
- Cinta de precaución amarilla u otros dispositivos de barrera para aislar el área.
- Barril o recipiente para el material de desecho recogido.
- Dispositivos de comunicación de emergencia como teléfonos móviles o radios transmisoras a prueba de explosiones.

Los equipos de protección personal para los bomberos incluirán lo siguiente como mínimo:

- Gafas y mascarar contra salpicaduras de productos químicos Guantes de butilo o nitrilo. Botas de caucho.
- Uniformes resistentes a los productos químicos.
- Múltiples extintores de incendios
- Botiquines industriales de primeros auxilios.

- Duchas de cuerpo completo y lavaojos que suministren 15 minutos de agua para descontaminar al personal expuesto.
- Suministro amplio de agua potable para lavarse y beber.
- Vehículos adecuados para transporte de emergencia.

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

La planta Pacífico MEXINOL, utilizará la tecnología patentada *AdWinMethanol*® desarrollada por las empresas *Thyssenkrupp* y *GasConTec*. Esta tecnología de síntesis de metanol, se distingue de otras tecnologías de producción de metanol por sus ventajas, las cuales se mencionan a continuación:

- Volúmenes efectivos de gas de síntesis que se reducen a la mitad debido a presiones más alta, lo que resulta en tamaños de equipo significativamente reducidos y un compresor de gas de síntesis drásticamente simplificado.
- Diseño de reactor de metanol significativamente simplificado.
- La eliminación del reformador de vapor.
- Confiabilidad mejorada.
- Reducción del consumo de gas natural, aproximadamente entre 3 y 4%.

Actualmente, no existen antecedentes de accidentes o incidentes en la aplicación de esta tecnología, de hecho, existen registros de eventos donde se ha mencionado la presencia de metanol, no como una causa de incidentes, más bien, como un elemento más, que ha estado presente, con una respuesta propia a tales eventos. Es importante señalar que, de acuerdo a la información del instituto de metanol, los peligros particulares del metanol que importan más para su instalación dependen en gran parte sobre la forma en que se recibe y almacena el metanol, como se usa, dónde se usa, cuánto se almacena y usa en un cierto tiempo. No controlar los peligros relacionados con una pequeña cantidad de metanol podría resultar problemático sin apenas ninguna consecuencia, pero la pérdida de control de una cantidad grande, puede ser catastrófica.

Hay cinco consideraciones importantes al manipular el metanol:

- 1) El metanol es un líquido fácilmente inflamable que arde y a veces estalla en el aire.

- 2) El peso molecular del vapor de metanol es marginalmente mayor (más denso) que el del aire (32 frente a 28 gramos por mol). Como consecuencia de eso, y dependiendo de las circunstancias de una fuga o un derrame, el metanol líquido se acumulará y el vapor puede migrar a espacios cerca del suelo y acumularse en áreas estrechas y bajas. Se espera que el vapor de metanol, al estar cerca de la flotabilidad neutral, se disipará inmediatamente de los lugares ventilados. No espere que se disipe de lugares sin ventilar como alcantarillas y espacios cerrados. Si se inflama, la llama del vapor de metanol puede retroceder hasta su fuente.
- 3) En ciertas circunstancias específicas, el vapor de metanol puede estallar en vez de arder al inflamarse.
- 4) El metanol es una toxina; la ingestión de una pequeña cantidad (entre unos 30 y 60 mililitros) puede causar la muerte; se sabe que cantidades menores causan ceguera irreversible. El metanol se absorbe por la piel y otros tejidos pasando directamente a la corriente sanguínea.
- 5) El metanol es totalmente miscible con agua y retiene su inflamabilidad incluso a concentraciones de agua muy altas. Una solución del 75% de agua y 25% de metanol en volumen se considera un líquido inflamable. Esto tiene consecuencias importantes para la lucha contra incendios. El metanol es un disolvente químico, que tiene implicaciones importantes para la selección de materiales y también para la lucha contra incendios.

Las estadísticas indican que las causas de incidentes pueden variar dependiendo de la actividad que se esté llevando a cabo. Los incidentes de transporte, ya sea por carretera, ferrocarril o agua, parecen ocurrir durante las actividades de rutina. Los incidentes de tuberías e industriales están relacionados con el mantenimiento de los equipos y, en la producción de biodiesel en particular, con las operaciones de rutina.

Una cosa que todos los incidentes comparten es el elemento humano, que es de importancia clave para evaluar las consecuencias de estos incidentes. Esto subraya la importancia crítica de entender los peligros del metanol y de aprender y practicar los procedimientos para la manipulación segura y responder ante situaciones de emergencia.

Aunque no es posible identificar las contribuciones relativas de los lugares, personas y procesos que resultan de cada evento, podemos beneficiarnos de las lecciones aprendidas en el análisis de incidentes y la gestión de seguridad del proceso de industrias y procesos similares. Entre los factores comunes que contribuyen a la ocurrencia de incidentes se incluyen los siguientes:

- No entender bien las propiedades físicas, químicas y de inflamabilidad del metanol.
- No haber preservado la integridad de recipientes, mangueras o tuberías.
- Permitir que se acumulen o se desprendan vapores de metanol a concentraciones inflamables.
- Capacidad de contención de derrames inadecuada.
- Fuente de inflamación evidentes, como trabajo en caliente, sin reconocer ni controlar.
- Fuentes de inflamación como la electricidad estática, los arcos eléctricos de equipos o instalaciones que no son a prueba de explosiones, fricción y chispas mecánicas o reacciones químicas exotérmicas sin identificar o difíciles de controlar.
- Mantenimiento inadecuado por los equipos.
- No seguir los procedimientos de operación estándar para las operaciones de rutina o que son inadecuados.
- No están vigentes o no se siguen las medidas de seguridad del proceso.
- No están vigentes los sistemas de prevención de incendios, son inadecuados o no funcionan.
- Planificación, adiestramiento, equipos y supervisión inadecuados de la respuesta de emergencia.
- No se reconoce la magnitud del peligro o del evento en desarrollo y no se toman las medidas de protección de seguridad apropiadas y oportunas.

La información estadística registrada en medios públicos es representativa de la frecuencia o magnitud relativa de varios incidentes. Esta, puede servir como punto de partida para evaluar los tipos comunes de incidentes donde el metanol, directa o indirectamente ha estado presente, ayudar a identificar los riesgos y desarrollar las medidas de seguridad para prevenir posibles desastres.

El sector industrial, que incluye la producción de biodiésel, es el área donde la mayoría de los incidentes de metanol han ocurrido y donde el metanol no ha sido la causa directa del incidente. Los problemas relacionados con el inadecuado mantenimiento parecen estar relacionados con más de la mitad de los incidentes con causas conocidas. El “trabajo en caliente” como las tareas de soldadura o rectificación en tanques de almacenamiento o recipientes de metanol, representa la mitad de los incidentes de mantenimiento, y las instalaciones y los equipos eléctricos, tuberías de transferencia, bombas o válvulas de seguridad defectuosas, representan el resto.

Las operaciones inadecuadas de rutina como, la mezcla de materiales, las reacciones a altas temperaturas y presiones, y las operaciones de transferencia de materiales parecen ser responsables

de otros incidentes en el sector industrial, aunque no es posible identificar las fuentes específicas que ocasionaron los incidentes en estos casos.

La fabricación de biodiesel es responsable de dos tercios de todos los incidentes industriales informados con causas conocidas.

Por otro lado otros incidentes donde el metanol ha estado presente, viene representado por incidentes en el sector transporte. En este sector, las colisiones por transporte en carretera, vagones de ferrocarril o barcos son responsables de más de tres cuartas partes de todos los incidentes con causas conocidas. En gran medida, los accidentes de transporte parece que se han producido durante operaciones de rutina mientras que los vehículos o recipientes que transportan metanol estaban en carretera, ferrocarril o en aguas marinas, siendo interesante que no se ha informado de casos de derrames durante las operaciones de transferencia de materiales. Todos los derrames de transporte, aquí referidos, se debieron a colisiones o vuelcos y a un incidente de un derrame menor. Es importante resaltar que, en ningún caso, estos incidentes fueron causados debido el transporte de metanol, estos accidentes podrían haber ocurrido con o sin la presencia de metanol.

No siempre es posible determinar la causa principal de los incidentes informados por los medios o en los informes recopilados. Casi un tercio de los incidentes informados tienen una causa desconocida. Otros casos pueden clasificarse como usos “no intencionados” en los que se ven implicados niños y adultos jugando con metanol y fuego, o experimentos en clases de ciencias de la escuela que salen mal.

Conclusiones

Como sugiere el análisis de incidentes históricos anterior, los peligros inherentes al uso, almacenamiento y transporte de metanol pueden resultar en eventos graves y catastróficos. La pérdida de la vida, lesiones graves y/o pérdidas significativas de material pueden ocurrir cuando este químico no se manipula correctamente y con las debidas medidas de seguridad. Las siguientes conclusiones se basan en la información recopilada de estos incidentes:

- La capacidad de respuesta a emergencias y prevención de derrames, capacitación y el equipo, son elementos esenciales para el manejo seguro del metanol.
- La implementación de un permiso de trabajo en caliente adecuado previo a las actividades de soldadura o esmerilado.

- La integridad mecánica y adecuado mantenimiento preventivo del equipo para el servicio de metanol es de importancia clave para todos usuarios de metanol.
- Comprender la importancia de las causas de la corrosión y prevención en sistemas de transporte de servicio de metanol, ductos, y tanques de almacenamiento es esencial.
- El reconocimiento, identificación y control de posibles fuentes de ignición deben ser enfatizadas en todas las situaciones donde el metanol está presente.
- Los usuarios industriales de metanol y en particular la industria fabricación de biodiésel, se beneficiarán de la implementación de prácticas y procedimientos de gestión de la seguridad para las operaciones de rutina y especiales, así como condiciones de emergencia.
- La capacitación del operador en las propiedades físicas, químicas e inflamables del metanol es un elemento esencial en la manipulación segura, en particular para los trabajadores industriales y del transporte.
- No se han registrado incidentes o accidentes de grandes proporciones en plantas dedicadas a la producción de metanol, corroborando que cuando los sistemas de seguridad son implementados, el manejo, producción y transporte de metanol son altamente seguros.

Cloro

De acuerdo con la revisión hemerográfica realizada, en el país se han reportado los siguientes accidentes relacionados con el manejo de cloro gas.

30 de julio de 2003

Ixhuatlancillo, Ver.

<http://www.orizabaenred.com.mx/cgi-bin/web?p=orizabaenred&b=VERNOTICIA&{num}=11741>

Una fuga de gas de cloro en el tanque de almacenamiento de la planta de agua potable Citlalli, provocó ayer una fuerte movilización de los grupos de rescate urbano de Protección Civil, afortunadamente el conato fue controlado por personal de Protección Civil de Orizaba. Los hechos ocurrieron a las 15:20 horas aproximadamente cuando se informó a esta dirección sobre las fuertes emanaciones de gas de cloro.

Precisó que inmediatamente varios elementos de esta corporación se desplazaron a la planta potabilizada de Agua Potable que está ubicada en calle 12 de diciembre Sección 3 de la colonia Los Álamos del municipio de Ixhuatlancillo, donde fue controlada la fuga por elementos de rescate urbano de Protección Civil. Asimismo, arribaron al lugar de los hechos elementos de la central de bomberos y elementos de la Policía Municipal para controlar esta fuga que causó la movilización de

las diversas corporaciones policíacas, afortunadamente este conato de fuga fue controlada a los 10 minutos de que se recibió este llamado de auxilio.

Solano García, precisó que esto se generó por un error humano, tras mencionar que el personal a cargo de esta dependencia por un descuido dejó semiabierto una de las válvulas por lo que únicamente se cerró para evitar que el gas se esparciera.

31 de octubre de 2010

Progreso, Yuc.

<http://yucatanahora.com/noticias/alarma-vecinos-por-fuga-gas-cloro-vieja-planta-tratamiento-aguas-negras-8810/>

Fuerte olor a cloro se sintió durante la noche y parte de la madrugada de este día en el oriente del puerto por una fuga de gas cloro que se registró en la vieja planta de tratamiento de aguas negras ubicada en el libramiento entre Progreso y Chicxulub, a la altura del kilómetro cuatro.

Luego de más de tres horas de trabajo, con apoyo de la Cruz Roja que los apoyó con oxígeno para evitar intoxicaciones, los bomberos lograron controlar la fuga con fuertes chorros de agua para disipar los efectos del gas concentrado.

La fuga se debió, según los bomberos de la SSP, a ladrones que intentaron sustraer una válvula de bronce de un cilindro de cinco toneladas que contenía remanentes de gas cloro concentrado.

2 de febrero de 2013

Tepetitlan, Hgo.

<http://www.elindependientedehidalgo.com.mx/2013/02/84501>

Ayer a las 10:15 horas aproximadamente, fue reportada una fuga de gas-cloro en el cuarto de bombas que abastece del líquido a la cabecera municipal, por lo que personal de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Tepetitlán solicitó ayuda de Protección Civil de Tula.

El organismo encargado del agua en Tepetitlán reportó el incidente ante la corporación de auxilio del municipio, la cual no cuenta con el equipo adecuado para evitar una intoxicación en la entrada del lugar, por lo que buscó auxilio de su homóloga en Tula.

Al lugar arribó el cuerpo de Bomberos, quién cerró el cilindro de la fuga y ventiló el área para evitar la acumulación de gas.

El titular de Seguridad Pública y Protección Civil municipal, Luis Urrutia Pompeya indicó que el cilindro contenía solo 30 por ciento de su capacidad, por lo que no generó mayor problemática.

5 de enero de 2013

Hermosillo, Son.

<http://www.jornada.unam.mx/2013/01/05/estados/021n7est>

<http://www.elimparcial.com/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/04012013/656381.aspx>

Una fuga de gas cloro provocó que 35 personas fueran desalojadas de la colonia Palo Verde, al poniente de Hermosillo. La Unidad Municipal de Protección Civil precisó que los encargados de una recicladora de metales compraron tres contenedores, pero no se dieron cuenta de que uno contenía el gas, por lo que al proceder a destruirlo provocaron la fuga.

Como primera acción preventiva, fue evacuar a los 35 vecinos que viven más cerca a las calles Segunda y San Antonio en la colonia Palo Verde, posteriormente se realizó un cerco perimetral de 400 metros de diámetro para evitar la exposición del químico con más personas.

Una empresa privada instalada en el Parque Industrial de esta ciudad, prestó apoyo con trabajadores capacitados en el manejo y resguardo de esta sustancia, quienes valoraron la situación y aseguraron 7 cilindros con capacidad de 68 kilogramos y dos contenedores más de 900 kilogramos.

1 de abril de 2013

Corregidora, Qro.

<http://www.eluniversalqueretaro.mx/metropoli/01-04-2013/fuga-de-gas-cloro-en-corregidora>

Cerca de 80 personas de la colonia Lomas de Balvanera, en el municipio de Corregidora fueron evacuadas al registrarse una fuga de gas cloro de un cilindro ubicado al interior de una chatarrera. El siniestro derivó en la movilización de cuerpos de emergencia y de la unidad estatal y municipal de Protección Civil para contener la fuga de este gas sumamente peligroso.

Luego de contener la emergencia, el titular de la unidad municipal de Protección Civil, Carlos Rodríguez, informó que los operarios de la chatarrera removieron la válvula del cilindro lo que ocasionó la salida del gas, volatilizándose el químico.

5 de julio de 2011

Ciudad Juárez, Chih.

<http://www.oem.com.mx/elmexicano/notas/n2134260.htm>

Una fuga de gas cloro que era transportado por un vehículo a la altura del kilómetro 20 de la carretera a Casas Grandes, dejó un saldo de 39 personas intoxicadas, entre hombres, mujeres y niños que circulaban a esa altura en el momento en el que ocurrió el percance.

Los hechos se registraron alrededor de las siete y media de la tarde cuando paramédicos de la Cruz Verde y personal de Rescate acudieron atender el llamado de emergencia, estos trasladaron a nueve personas integrantes de dos familias a la clínica número 35 del Seguro Social.

En el accidente químico se vieron afectados cuatro menores de edad que presentaban severos síntomas de intoxicación que requerían de atención inmediata. Según la información inicial dada a conocer por los cuerpos de rescate, la mayoría de los civiles afectados viajaban a bordo de un camión de personal de una empresa maquiladora, mientras que otras cuatro familias circulaban a bordo de sus vehículos particulares cuando la nube de gas los invadió.

Señalaron que el gas cloro es utilizado para potabilizar el agua que se consume constantemente y que es manejado por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento, pero que en este caso se desconocía si el gas era transportado por la descentralizada del Estado o por un vehículo particular.

I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

Los puntos de riesgo de cualquier instalación se refieren a aquellas áreas de proceso, almacenamiento y/o transporte que puedan producir un efecto que tenga consecuencias adversas sobre la vida o la salud de las personas, el medio ambiente o las instalaciones, tal como emisiones y fugas de sustancias, incendios o explosiones.

El presente análisis identifica los posibles eventos de riesgo creíbles hipotéticos a suceder en las instalaciones de Pacífico MEXINOL. Para llevar a cabo este análisis se aplicó la metodología presentada en la Figura 26.

I.4.2.1. Criterios para la selección de la metodología utilizada para la identificación de riesgo

Las técnicas de identificación de peligros deben ser apropiadas para la instalación y para las actividades que se llevan a cabo en la instalación; por lo tanto, al seleccionar un proceso de identificación de peligros, se debe considerar:

- El tamaño y la complejidad de la instalación;
- La duración y complejidad de las actividades o la fase que se está considerando;
- La naturaleza de las actividades y procesos asociados con la instalación; y
- Estudios piloto / casos de seguridad de instalaciones similares.



Figura 26. Metodología de análisis de riesgos

El proceso de identificación de peligros sienta las bases para el resto del proceso de análisis de riesgo. Todos los peligros se identifican durante esta fase para que puedan evaluarse y gestionarse de forma segura. Por lo tanto, la técnica seleccionada debe:

- Ser sistemático y estructurado;
- Fomentar el pensamiento creativo y lateral sobre posibles peligros que no se han experimentado previamente;
- Ser apropiado para la instalación y su fase de desarrollo o nivel de madurez;
- Considerar qué enfoque extraerá la máxima cantidad de información útil; y
- Debe ser apropiado para las personas involucradas.

Hay muchas técnicas o combinaciones de técnicas que se pueden aplicar. Algunas de las técnicas de identificación de peligros más comunes se enumeran a continuación:

Tabla 14. Metodologías de identificación de riesgos

Fase del proyecto	Propósito	Método recomendado
Ingeniería Conceptual	- Como ayuda para la selección del proceso. - Detectar peligros inaceptables de proceso. - Ayuda para el diseño del proceso. - Identificar modificaciones fundamentales en el proceso que reduzcan el nivel de riesgo.	HAZID Checklist What If
Ingeniería Básica	- Identificar con mayor detalle peligros en el proceso seleccionado y en el diseño propuesto; adicionalmente, en esta fase ya se pueden valorar adecuadamente los riesgos asociados.	HAZID Checklist What If FMEA HAZOP
Ingeniería de Detalle Manuales Operativos Procedimientos	- Identificar definitivamente todas las situaciones de peligro en el proceso, valorando los riesgos asociados. - Detectar aspectos de la operación no contemplados inicialmente. - Ayudar a establecer los procedimientos de operación, comisionado y puesta en marcha.	Checklist What If FMEA HAZOP
Plantas En Operación	- Garantizar que la información sobre calidad, requisitos legales, seguridad de proceso y procedimientos operativos es completa y esta actualizada. - Verificar que las lecciones aprendidas en accidentes o incidentes recientes han sido tenidas en cuenta y aplicadas.	Checklist HAZOP

Tomando en cuenta las características del proyecto a evaluar:

- Proyecto en etapa de ingeniería básica
- Complejidad media del proceso
- Tamaño medio de las instalaciones

Para la identificación de peligros en el proceso de metanol, se seleccionó la metodología HAZID y para el proceso de cloración se utilizó el análisis HAZOP.

HAZID

El método HAZID (Hazard Identification) es un estudio formal para la identificación de peligros y riesgos, como así también los controles requeridos en una operación o instalación, y la evaluación de la aceptabilidad de dichos riesgos utilizando métodos tanto cualitativos como cuantitativos. Por medio de esta técnica se identifican las medidas a ser adoptadas para reducir o eliminar todo riesgo que no es considerado aceptable. Los estudios HAZID proveen un entorno en el que las personas pueden utilizar su experiencia y habilidades para evaluar riesgos o problemas operacionales que pueden llegar a generarse. Es un acercamiento sistemático, considerando cada línea, modo de operación y tipo de riesgo, minimizando las posibilidades de soslayar o pasar por alto problemas.

El método es una combinación de la identificación y análisis de los riesgos contemplados en un “Checklist” y las conclusiones arribadas luego de una tormenta de ideas. El “Checklist” se divide en cuatro secciones principales:

- Sección 1: Riesgos Externos y Ambientales
- Sección 2: Riesgos hacia la Instalación
- Sección 3: Riesgos a la Salud
- Sección 4: Riesgos de la Instalación.

Un HAZID es llevado a cabo por un equipo, donde, luego de una “tormenta de ideas”, se identifica, evalúa y se proponen medidas preventivas para minimizar tanto las consecuencias que pueden llegar a generarse de incidentes, como así también las posibilidades de que tal incidente se lleve a cabo. El equipo puede variar dependiendo del tema del HAZID, pero siempre tendrán que participar representantes de los departamentos de diseño, ingeniería, operaciones, calidad y salud e higiene.

Un coordinador independiente y experimentado en HAZID es beneficioso para que el equipo siga correctamente el procedimiento. Idealmente el coordinador no debería estar involucrado de manera cercana con el diseño o aspectos operacionales del proyecto, de manera tal de asegurar objetividad. El coordinador promoverá las discusiones cuando sea necesario, dejando que los miembros del equipo puedan arribar a soluciones. Si no se arriba a soluciones en forma inmediata, se toma nota del problema para que, con posterioridad, se tomen las acciones correspondientes.

HAZOP

El análisis HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables o condiciones del proceso con respecto de los parámetros normales de operación.

El análisis HAZOP consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas “palabras guías”. Las palabras guías deben ser aplicadas a las variables de acuerdo a la intención de diseño del nodo establecido, para identificar y evaluar las desviaciones potenciales de la operación de la instalación. Para cada nodo se plantean de forma sistemática las desviaciones de las variables de proceso aplicando a cada variable una palabra guía.

El análisis HAZOP consiste en la aplicación exhaustiva de todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nodo determinado.

I.4.2.2. Criterios para la selección de la metodología utilizada para la jerarquización de riesgos

Contar con una metodología para valorar los niveles de riesgo es importante cuando el conjunto de riesgos identificados es amplio y los recursos para su administración son limitados. El valorar los niveles de riesgo y asignar prioridades a la atención de las recomendaciones que los prevengan o los mitiguen, permite una administración adecuada de los recursos.

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. Para llevar a cabo la jerarquización de los riesgos identificados mediante los análisis HAZID y HAZOP, se seleccionó el uso de la matriz de riesgos debido a lo siguiente:

- Es simple de entender y fácil de usar
- Incluye todo el espectro de frecuencia de ocurrencia de escenarios de riesgo potenciales
- Describe detalladamente las consecuencias en cada categoría (personal, población, medio ambiente, producción e instalaciones)
- Define claramente los niveles de riesgo no tolerable, indeseable, aceptable con controles y tolerable

La matriz de riesgos es una gráfica en dos dimensiones en cuyos ejes se presenta la categoría de frecuencia de ocurrencia y la categoría de severidad de las consecuencias. La matriz está dividida en regiones que representan las diferentes categorías de riesgo.

La jerarquización de los escenarios a través de una matriz de riesgos, se establece con base en rangos de frecuencia y consecuencias adoptados y reconocidos por alguna entidad, autoridad u organización. En el presente caso se utiliza la matriz de riesgos adoptada por PEMEX, establecida en el documento 800-16400-DCO-GT-75. Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso.

A continuación, se muestra la matriz de riesgo empleada:

FRECUENCIA	F6	C	B	A	A	A	A
	F5	C	C	B	B	A	A
	F4	D	C	C	B	B	A
	F3	D	C	C	B	B	A
	F2	D	D	C	C	C	B
	F1	D	D	D	D	C	C
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
		CONSECUENCIA					

Figura 27. Matriz de riesgo

Las diferentes categorías de riesgo se definen de la siguiente manera:

Riesgo No Tolerable (Tipo A):

El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo "C".

Riesgo Indeseable (Tipo B):

El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo Indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe

realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo “C” y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo “D”.

Riesgo Aceptable con Controles (Tipo C):

El riesgo es significativo, pero se pueden gestionar con controles administrativos. Un riesgo Tipo “C” representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos, deben darse en un plazo no mayor a 180 días. La administración de un riesgo Tipo “C” debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de su atención para reducirlos a riesgos tipo “D”, debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos identificados.

Riesgo Tolerable (Tipo D):

El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo Tipo “D” representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

Las diferentes categorías de Frecuencia y Consecuencias utilizadas en la matriz de riesgos se describen en las siguientes tablas.

Tabla 15. Categorías de Frecuencia

Clase	Categoría	Descripción de la Frecuencia de Ocurrencia	Frecuencia / año
F6	Muy Frecuente	Puede ocurrir más de una vez en un año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 100$)
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años	≥ 0.2 a < 1.0 ($\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 100$)
F4	Poco Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años	≥ 0.1 a < 0.2 ($\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 10 años	≥ 0.01 a < 0.1 ($\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$)

Clase	Categoría	Descripción de la Frecuencia de Ocurrencia	Frecuencia / año
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la Instalación.	≥ 0.001 a < 0.01 ($\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.	≥ 0.0001 a < 0.001 ($\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$)

Tabla 16. Categorías de Consecuencias

Categoría de consecuencia (Impacto)	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida o diferimiento de producción [USD]	Daños a la instalación [USD]
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	$> 500'000,000$	$> 500'000,000$
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	$> 50'000,000$ a $500'000,000$	$> 50'000,000$ a $500'000,000$
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	$> 5'000,000$ a $50'000,000$	$> 5'000,000$ a $50'000,000$

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

I.4.3. Identificación y jerarquización de riesgos

I.4.3.1. HAZID

Para documentar el análisis HAZID se utilizó el software "PHAWorks 5". La identificación de peligros (HAZID) se realizó en sesiones de trabajo; dirigidas por un líder de HAZID y los ingenieros de proceso responsables del proyecto.

Para la planta de Pacífico MEXINOL se analizaron aspectos generales como la interacción entre las diferentes unidades, interacción del sitio con los alrededores, protección ambiental, etc.

Los aspectos específicos analizados fueron:

- Riesgos naturales y ambientales
- Impactos hacia la planta de metanol
- Servicios / instalaciones
- Riesgos a la salud
- Impactos de la planta de metanol

Para la identificación de peligros del proyecto, se analizó cada unidad de proceso en la cual puedan existir peligros debido a las sustancias manipuladas. Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

- Sustancias
- Sobrepresión
- Desviaciones de temperatura
- Sobre llenado

El procedimiento HAZID comprendió cuatro etapas principales de análisis:

- Identificación de peligros potenciales
- Identificación de las causas de los peligros
- Discusión de consecuencias
- Listado de salvaguardas
- Establecimiento de recomendaciones si no se instalaron salvaguardas o las salvaguardas previstas no son suficientes

I.4.3.1.1. Nodos

El estudio HAZID de la planta de metanol Pacífico MEXINOL se realizó para los siguientes nodos (unidades):

1. Planta general
2. Preparación del gas de alimentación (Unidad 4011)
3. POX catalítico y recuperación de calor residual (Unidad 4031)
4. Síntesis de metanol (Unidad 4061)
5. Destilación de metanol (Unidad 4071)

6. Almacenamiento intermedio de metanol (Unidad 4101)
7. Recuperación de hidrógeno (Unidad 4111)
8. Sistema de almacenamiento y transferencia de metanol (Unidad 9531)
9. Carga de barco / Área portuaria (Unidad 9531)

I.4.3.2. HAZOP

Para la aplicación del análisis HAZOP se procedió de acuerdo a la siguiente secuencia:

1. Seleccionar una sección del proceso o paso de operación (nodo).
2. Explicar la función del sistema (intención de diseño).
3. Seleccionar una variable del proceso o tarea.
4. Aplicar una palabra guía a la variable de proceso para determinar la desviación.
5. Hacer una lista de las causas posibles (pasar al punto 4 si no hay causas creíbles).
6. Examinar las consecuencias (pasar al punto 4 si no hay consecuencias de interés).
7. Se identifican las protecciones existentes para prevenir la desviación.
8. Proponer acciones correctivas apropiadas.
9. Repetir los pasos 3 a 8 para todas las variables/etapas del proceso.
10. Repetir del paso 4 al 8 para todas las palabras guías.
11. Repetir los pasos 1 a 10 para todos los nodos.

I.4.3.2.1. Nodos

El criterio utilizado para seleccionar los nodos fue considerar los puntos del proceso en los cuales se produce una variación significativa de alguna de las variables o condiciones del proceso, con respecto a las demás etapas¹. De acuerdo con la descripción del proceso y el diagrama de tubería e instrumentación se definieron los siguientes nodos:

Tabla 17. Nodos seleccionados para la identificación de riesgos

Nodo	Instalación/equipo	Limites	DTI
1	Cilindro de gas cloro de 68 kg	El cilindro completo hasta la válvula de gas del cilindro	PROY-000- CLORACION MEXINOL

¹ Guía Técnica – métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Dirección General de Protección Civil y Emergencias, España

Nodo	Instalación/equipo	Limites	DTI
2	Tubing de polietileno	Desde la válvula de gas del cilindro hasta el eyector	PROY-000- CLORACION MEXINOL

I.4.3.2.2. Palabras guía

Las palabras guía empleadas, las variables que interviene en los nodos y las desviaciones analizadas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18. Variables, palabras guía y desviaciones analizadas

Palabra guía	Variable	Desviación
Alto	Presión Nivel Flujo Temperatura	Alta presión Alto Nivel Alto flujo Alta temperatura
Bajo	Presión Nivel Flujo Temperatura	Baja presión Bajo Nivel Bajo Flujo Baja Temperatura
No	Nivel Flujo	No Nivel No flujo
Inverso	Flujo	Flujo inverso

Resultados

Las hojas de trabajo de los análisis HAZID y HAZOP se presentan en los **Anexos 4 y 5**, respectivamente.

I.4.4. Escenarios identificados

De acuerdo con los resultados de los análisis HAZID y HAZOP; en la Planta y ducto se identificaron 11 escenarios de riesgo tipo B (riesgo indeseable), y en el muelle ninguno; sin embargo, en este último

se incluye un escenario tipo C (Riesgo Aceptable con Controles) para analizar sus posibles consecuencias.

Tabla 19. Escenarios de riesgo tipo B en planta y ducto, y tipo C en muelle

No.	Instalación/equipo	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo
20	Tanques de metanol (4101T001A-B, 4101T003, 9531T001A-C)	20.1. Incendio en el área de almacenamiento de metanol.	20.1.1. Radiación de calor; daño de equipo; lesión del personal; peligro para el tráfico de trenes	B
26	Tanques de metanol (4101T001A-B, 4101T003, 9531T001A-C)	26.1. Fallo en unidad de separación de gases del aire (ASU).	26.1.1. Pérdida de inertización de tanques de metanol; posible atmósfera explosiva, riesgo de incendio/explosión.	B
33	Tanques de metanol (4101T001A-B, 4101T003, 9531T001A-C)	33.1. Metanol	33.1.1. Gas / líquido inflamable; fuego y explosión	B
65	Tanques de revisión (4101T001A-B) y tanque de metanol fuera de especificación (4101T003)	65.1. Línea de ventilación bloqueada	65.1.1. Superación de la presión de diseño; liberación de metanol	B
70	Tanques de metanol producto (9531T001A-C)	70.1. Fallo del control de nivel (no se cambia al segundo / tercer tanque)	70.1.1. Sobrellenado del tanque; daño del tanque; transferencia de líquido al depurador 4101C001 a través de la línea de ventilación; posible liberación de metanol	B
71	Tanques de metanol producto (9531T001A-C)	71.1. Línea de ventilación bloqueada	71.1.1. Superación de la presión de diseño; liberación de metanol	B
72	Ducto	72.1. Corrosión	72.1.1. Liberación de metanol; contaminación del medio ambiente	B
72	Ducto	72.2. Onda de presión en caso de una interrupción repentina del flujo durante la carga del barco	72.2.1. Golpe de ariete; posible daño de la línea; liberación de metanol	B

No.	Instalación/equipo	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo
72	Ducto	72.3. Daño mecánico por fuente externa (por ejemplo, accidente de camión)	72.3.1. Liberación de metanol; contaminación del medio ambiente	B
74	Brazo de descarga	74.1. Movimiento de barco	74.1.1. Rotura del brazo de carga; liberación de metanol; contaminación del medio marino	C
1.2.2	Cilindro de cloro	2. Fuga por golpe externo a válvula (caída de cilindro)	1. Vaciado de cilindro	B
2.2.2	Tubing de polietileno	2. Ruptura del tubing por golpe externo	1. Emisión de cloro	B

Con base en los resultados anteriores, a continuación, se presenta la descripción de los escenarios de riesgo identificados.

Tabla 20. Escenarios de riesgo identificados

No.	Escenario
E01	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E02	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E03	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E04	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E05	Fuga por orificio de 20% (7.2") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada
E06	Fuga por ruptura total (36") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada
E07	Fuga por ruptura total (28") del ducto de metanol por corrosión, golpe de ariete o daño externo

No.	Escenario
E08	Fuga por orificio del 20% del brazo de descarga por movimiento del barco
E09	Fuga por ruptura total del brazo de descarga por movimiento del barco
E10	Fuga total de cilindro de cloro, por golpe externo
E11	Fuga por orificio del 20% (1.9 mm) del tubing a eyector por golpe externo
E12	Fuga por ruptura total (9.52 mm) del tubing a eyector por golpe externo

II. ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

II.1.1. Programa de simulación

Para determinar los radios potenciales de afectación de los escenarios descritos, se utilizó el programa de simulación Phast (Process Hazard Analysis Software Tools), desarrollado por la compañía Det Norske Veritas (DNV).

II.1.2. Criterios para definir las zonas de seguridad

Los criterios empleados en la simulación de los escenarios, para determinar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, fueron los establecidos por la SEMARNAT, como se indica en la siguiente Tabla:

Tabla 21. Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento

Evento	Zona	
	Alto riesgo	Amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación térmica)	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	0.070 kg/cm ²	0.035 kg/cm ²
Toxicidad (Concentración) Metanol	IDLH: 6,000 ppm	TLV ₈ : 200 ppm
Toxicidad (Concentración) Cloro	IDLH: 10 ppm	TLV ₈ : 0.5 ppm

IDLH: Inmediatamente peligroso para la vida o la salud. TLV₈: Valor Umbral Límite, para un periodo de 8 hr

II.1.3. Simulación de escenarios

Condiciones meteorológicas del sitio

A continuación, se describen las características climatológicas del sitio donde se ubicará el proyecto. Esta información se obtuvo del sitio web de la NASA Prediction of Worldwide Energy Resources y en todos los casos corresponden al periodo 2009-2019.

Tabla 22. Condiciones meteorológicas del sitio

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom anua l
Temperatura (° C)	19.22	19.50	21.16	23.27	25.96	29.26	29.96	30.18	29.49	27.73	23.94	20.15	24.99
Velocidad del viento (m/s)	4.082	4.1	3.72	3.56	3.56	3.62	3.17	2.71	2.96	3.31	3.73	4.06	3.55
Humedad relativa (%)	64.96	63.95	60.45	58.19	55.83	60.79	68.18	71.66	73.05	66.50	64.01	66.18	64.48

De acuerdo con la siguiente tabla², a una velocidad promedio del viento de 3.55 m/s y una intensidad de radiación moderada, le corresponde una estabilidad B.

Tabla 23. Estabilidad de Pasquill

Velocidad del viento U ₁₀ (m/s)	Día: Insolación				Cielo cubierto: Nubosidad 10/10, Altura <2,133.6 m	Noche: Nubosidad	
	Fuerte	Moderado	Ligera	Débil		>4/10	≤4/10
0-0.77	A	A	B	C	D	F	F
0.77-1.80	A	B	B	C	D	F	F
1.80-2.83	A	B	C	D	D	E	F
2.83-3.34	B	B	C	D	D	E	F
3.34-3.86	B	B	C	D	D	D	E
3.86-4.89	B	C	C	D	D	D	E
4.89-5.40	C	C	D	D	D	D	E

² Turner, D.B. (1964): A difusión model for an urbana area, J. Appl. Meteor 3, 83-91

Velocidad del viento U_{10} (m/s)	Día: Insolación				Cielo cubierto: Nubosidad 10/10, Altura <2,133.6 m	Noche: Nubosidad	
	Fuerte	Moderado	Ligera	Débil		>4/10	≤4/10
5.40-5.92	C	C	D	D	D	D	D
≥5.92	C	D	D	D	D	D	D

A continuación, se presentan los datos de simulación empleados y los radios de afectación obtenidos para cada una de los escenarios de riesgo identificados.

La memoria de cálculo de las simulaciones realizadas se presenta en el **Anexo 6**. y la representación en planos, de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento obtenidas, se presentan en el **Anexo 7**.

Tabla 24. Datos de simulación

No.	Escenario	Diam. del orificio	Inventario	Temperatura (°C)	Presión (bar)
E01	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	4"	3,200 m ³ ⁽¹⁾	38	5.1
E02	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	20"	3,200 m ³ ⁽¹⁾	38	5.1
E03	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	4"	6,400 m ³ ⁽¹⁾	33	0.1
E04	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	20"	6,400 m ³ ⁽¹⁾	33	0.1
E05	Fuga por orificio de 20% (7.2") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada	7.2"	52,000 m ³ ⁽¹⁾	33	0.1
E06	Fuga por ruptura total (36") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada	36"	52,000 m ³ ⁽¹⁾	33	0.1
E07	Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol por daño mecánico por fuente externa	28"	4,120 m ³ ⁽²⁾	33	1
E08	Fuga por orificio del 20% (2.4") del brazo de descarga por movimiento del barco	2.4"	4,468 kg ⁽³⁾	33	35
E09	Fuga por ruptura total (12") del brazo de descarga por movimiento del barco	12"	111,690 kg ⁽⁴⁾	33	35
E10	Fuga total de cilindro de cloro, por golpe externo	-	68 kg	24.9	6.9
E11	Fuga por orificio del 20% (1.9 mm) del tubing a eyector por golpe externo	1.9 mm	13.9 kg ⁽⁵⁾	24.9	6.9
E12	Fuga por ruptura total (9.52 mm) del tubing a eyector por golpe externo	9.52 mm	58.5 kg ⁽⁶⁾	24.9	6.9

Notas:

1. Volumen del tanque.

2. Volumen total contenido en el ducto.
3. Tasa de fuga de 148.94 kg/s calculada mediante el software phast y tiempo de respuesta de 30 s.
4. Tasa de fuga de 3,723 kg/s calculada mediante el software phast y tiempo de respuesta de 30 s.
5. Tasa de fuga de 0.0777 kg/s calculada mediante el software phast y tiempo de respuesta de 180 s.
6. Tasa de fuga de 1.951 kg/s calculada mediante el software phast y tiempo de respuesta de 30 s.

Tabla 25. Radios de afectación

No.	Escenario	Incendio Radios de afectación (m)		Explosión Radios de afectación (m)		Nube toxica Radios de afectación (m)	
		Alto riesgo	Amortiguamiento	Alto riesgo	Amortiguamiento	Alto riesgo	Amortiguamiento
E01	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	63.68	101.80	21.48	32.08	51.74	257.54
E02	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	63.69	101.80	31.82	49.06	63.35	358.90
E03	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	63.68	101.80	15.92	22.95	41.76	205.63
E04	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada	63.69	101.80	29.33	44.97	54.32	284.29
E05	Fuga por orificio de 20% (7.2") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada	193.86	305.58	29.87	45.85	96.05	525.97
E06	Fuga por ruptura total (36") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada	193.87	305.59	37.52	58.41	128.40	782.04
E07	Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol por daño mecánico por fuente externa	88.27	140.71	22.05	35.58	74.72	431.75
E08	Fuga por orificio del 20% (2.4") del brazo de descarga por movimiento del barco	48.67	77.89	18.30	26.85	37.31	139.91
E09	Fuga por ruptura total (12") del brazo de descarga por movimiento del barco	203.49	320.46	38.63	60.25	93.77	477.79

No.	Escenario	Incendio Radios de afectación (m)		Explosión Radios de afectación (m)		Nube toxica Radios de afectación (m)	
		Alto riesgo	Amortiguamiento	Alto riesgo	Amortiguamiento	Alto riesgo	Amortiguamiento
E10	Fuga total de cilindro de cloro, por golpe externo	-	-	-	-	349.81	1,315.88
E11	Fuga por orificio del 20% (1.9 mm) del tubing a eyector por golpe externo	-	-	-	-	92.30	496.95
E12	Fuga por ruptura total (9.52 mm) del tubing a eyector por golpe externo	-	-	-	-	400.76	1,285.31

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

II.2.1. Interacciones de riesgo

De acuerdo con los radios potenciales de afectación obtenidos, las posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones que se encuentran dentro de las Zonas de Alto Riesgo; son las siguientes:



Figura 28. Escenario E01. Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B

Tabla 26. Escenario E01. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	63.68	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta
	Sobrepresión	21.48	Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación	No rebasa los límites de la planta
	Toxicidad	51.74	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta



Figura 29. Escenario E02. Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B

Tabla 27. Escenario E02. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	63.69	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta
	Sobrepresión	31.82	Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación	No rebasa los límites de la planta
	Toxicidad	63.35	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta



Figura 30. Escenario E03. Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003

Tabla 28. Escenario E03. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	63.68	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta
	Sobrepresión	15.92	Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación	No rebasa los límites de la planta
	Toxicidad	41.76	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta



Figura 31. Escenario E04. Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003

Tabla 29. Escenario E04. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	63.69	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta
	Sobrepresión	29.33	Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación	No rebasa los límites de la planta
	Toxicidad	54.32	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta



Figura 32. Escenario E05. Fuga por orificio de 20% (7.2") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C

Tabla 30. Escenario E05. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	193.86	Tanques de almacenamiento de metanol producto, planta de metanol, quemador	En la colindancia sur-suroeste, terrenos de cultivo. En la colindancia este, vías del ferrocarril
	Sobrepresión	29.87	Tanques de almacenamiento de metanol producto	No rebasa los límites de la planta
	Toxicidad	96.05	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto	En la colindancia este, vías del ferrocarril



Figura 33. Escenario E06. Fuga por ruptura total (36") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C

Tabla 31. Escenario E06. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	193.87	Tanques de almacenamiento de metanol producto, planta de metanol, quemador	En la colindancia sur-suroeste, terrenos de cultivo. En la colindancia este, vías del ferrocarril
	Sobrepresión	37.52	Tanques de almacenamiento de metanol producto, Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación	No rebasa los límites de la planta
	Toxicidad	128.40	Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y tanques de almacenamiento de metanol producto	En la colindancia este, vías del ferrocarril



Figura 34. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (1 de 4)

Tabla 32. Escenario E07-1. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	88.27	Estación de bombas de metanol	Terrenos de cultivo y terrenos sin uso y sin infraestructura
	Sobrepresión	22.05	Estación de bombas de metanol	Terrenos de cultivo y terrenos sin uso y sin infraestructura
	Toxicidad	74.72	Estación de bombas de metanol	Terrenos de cultivo y terrenos sin uso y sin infraestructura

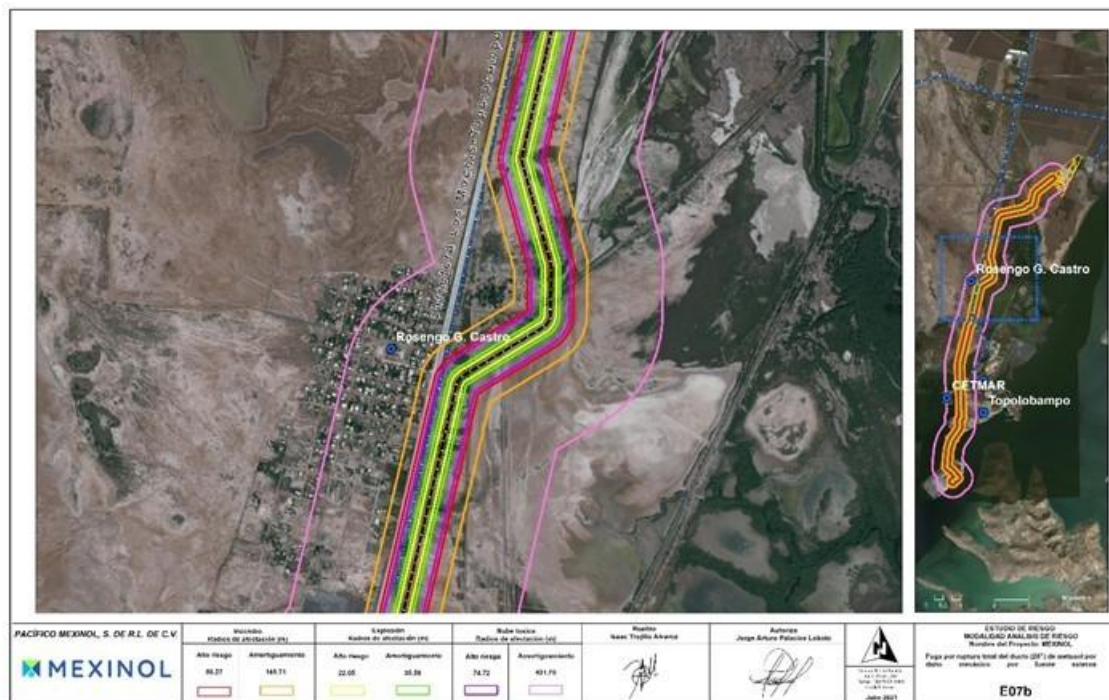


Figura 35. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (2 de 4)

Tabla 33. Escenario E07-2. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	88.27	-	Terrenos sin uso y sin infraestructura
	Sobrepresión	22.05	-	Terrenos sin uso y sin infraestructura
	Toxicidad	74.72	-	Carretera Los Mochis-Topolobampo y terrenos sin uso y sin infraestructura

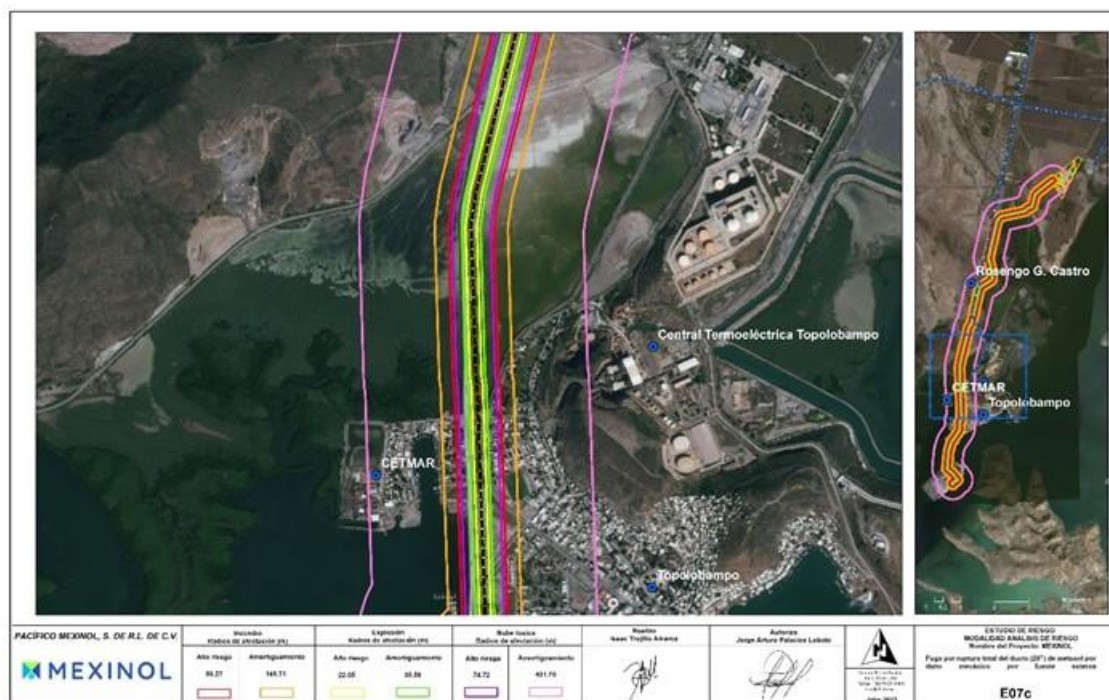


Figura 36. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (2 de 4)

Tabla 34. Escenario E07-3. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	88.27	-	Carretera Los Mochis-Topolobampo
	Sobrepresión	22.05	-	Carretera Los Mochis-Topolobampo
	Toxicidad	74.72	-	Carretera Los Mochis-Topolobampo

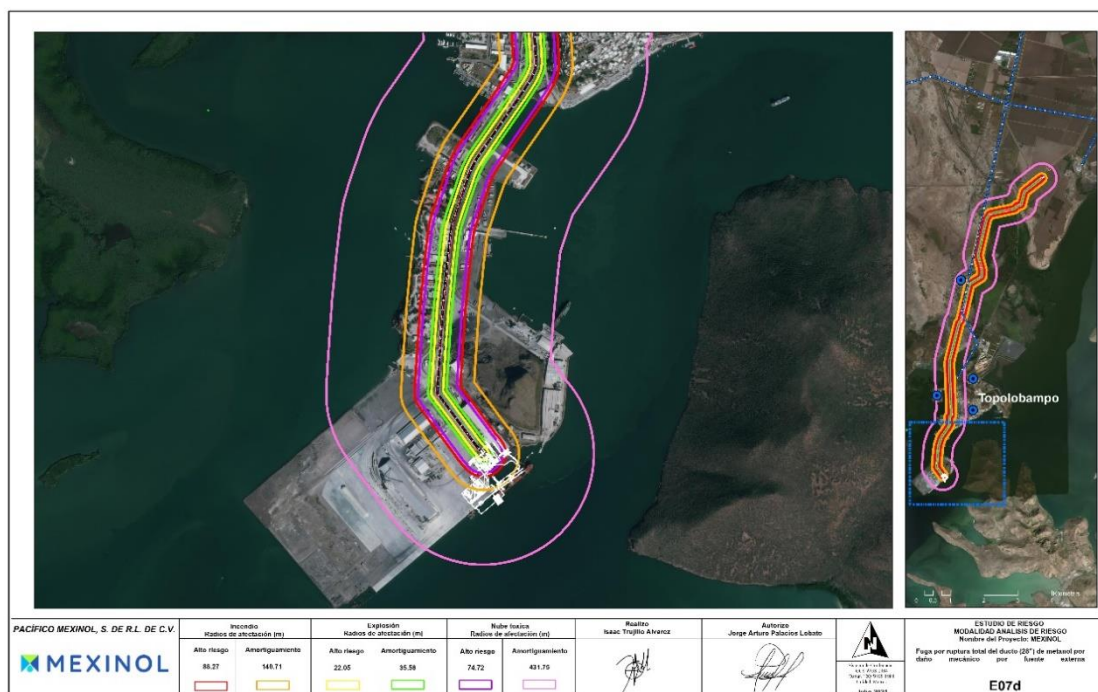


Figura 37. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (4 de 4)

Tabla 35. Escenario E07-4. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	88.27	-	Carretera Los Mochis-Topolobampo y Terminal Transoceánica de Topolobampo
	Sobrepresión	22.05	-	Carretera Los Mochis-Topolobampo y Terminal Transoceánica de Topolobampo
	Toxicidad	74.72	-	Carretera Los Mochis-Topolobampo y Terminal Transoceánica de Topolobampo

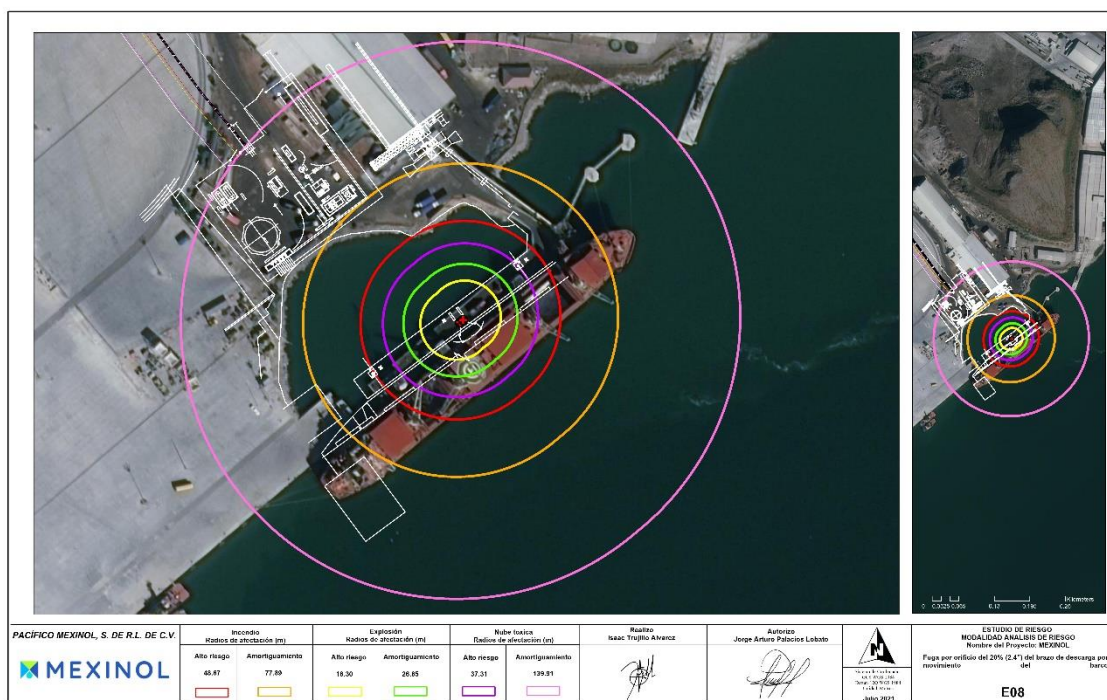


Figura 38. Escenario E08. Fuga por orificio del 20% (2.4") del brazo de descarga

Tabla 36. Escenario E08. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	48.67	Brazos de descarga	Buque y Bahía de Ohuira
	Sobrepresión	18.30	Brazos de descarga	Buque y Bahía de Ohuira
	Toxicidad	37.31	Brazos de descarga	Buque y Bahía de Ohuira

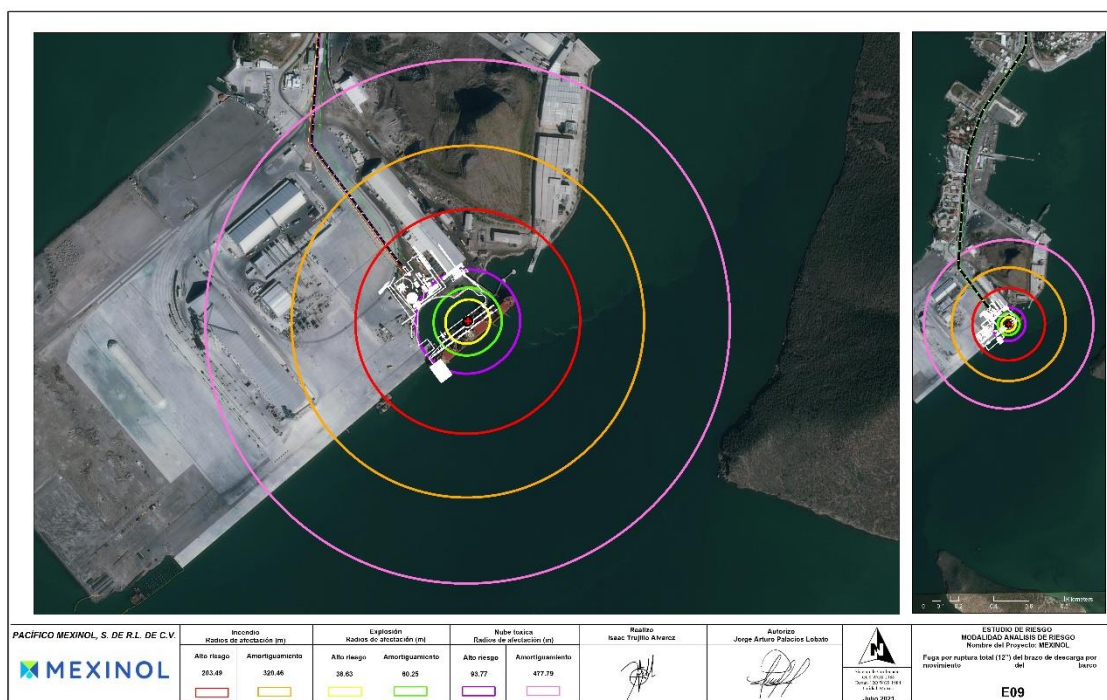


Figura 39. Escenario E09. Fuga por ruptura total (12”) del brazo de descarga

Tabla 37. Escenario E09. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Radiación	203.49	Todas las instalaciones de Pacífico MEXINOL en el puerto	Bodega de la Terminal Transoceánica de Topolobampo, buque y Bahía de Ohuira
	Sobrepresión	38.63	Brazos de descarga	Buque y Bahía de Ohuira
	Toxicidad	93.77	Brazos de descarga, bombas contra incendio y paquete de compresión de vapor	Buque y Bahía de Ohuira

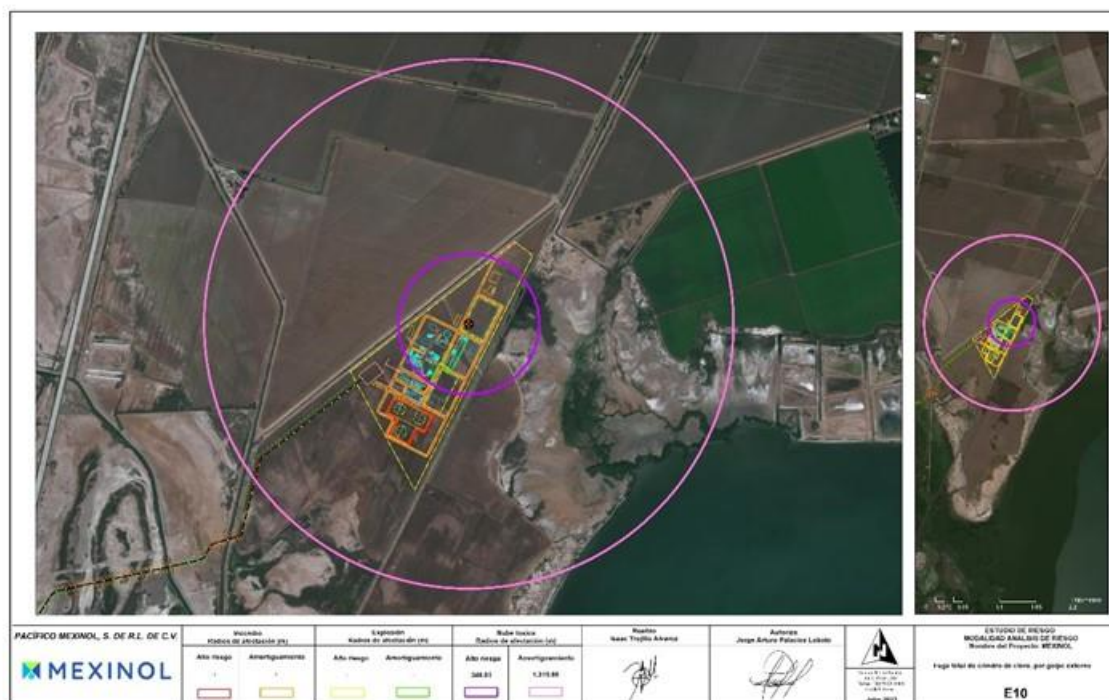


Figura 40. Escenario E10. Fuga total de cilindro de cloro

Tabla 38. Escenario E10. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Toxicidad	349.81	Planta de Japama, almacén de químicos, cuarto de control, taller, servicios 1 (torre de enfriamiento, cisterna de agua contra incendio), servicios 2 (subestación principal), planta de metanol y Unidad de Separación de Gases del Aire	En la colindancia norte-oeste, terrenos de cultivo. En la colindancia sur-este, terrenos de cultivo, terrenos sin uso o infraestructura y vías del ferrocarril

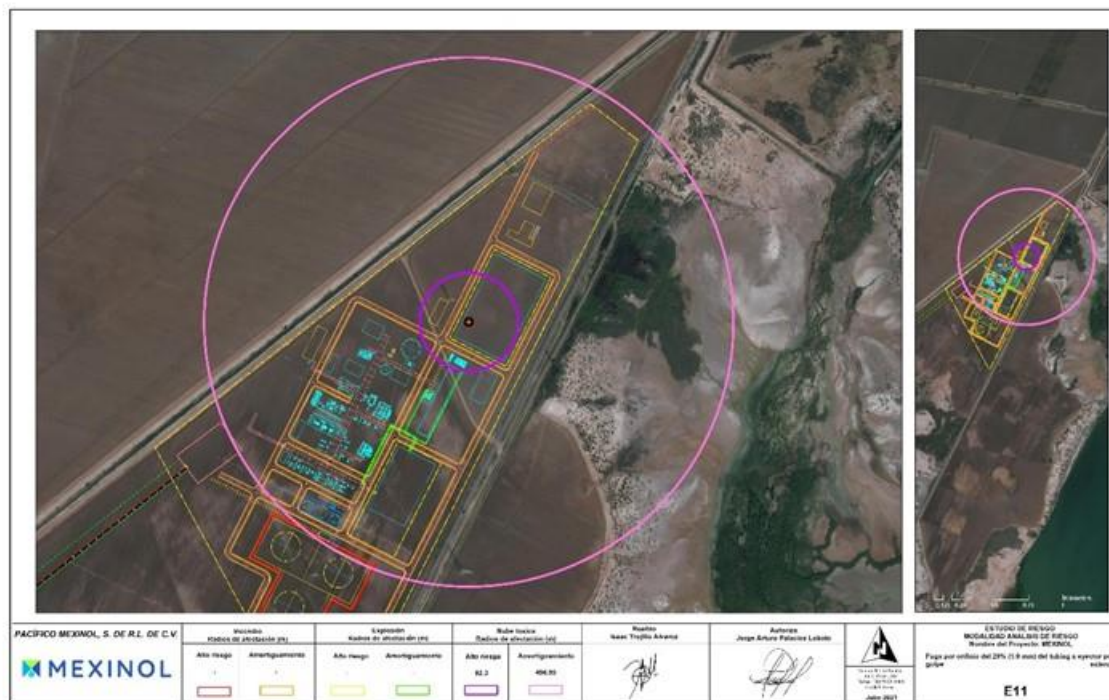


Figura 41. Escenario E11. Fuga por orificio del 20% (1.9 mm) del tubing a eyector

Tabla 39. Escenario E11. Interacciones de riesgo

Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de afectación (m)	Áreas, equipos, ductos, o instalaciones dentro del radio	
			Interior de la planta	Fuera de la planta
Alto Riesgo	Toxicidad	92.30	Planta de Japama, almacén de químicos, servicios 1 (torre de enfriamiento)	No rebasa los límites de la planta



Tabla 40. Escenario E12. Interacciones de riesgo

II.2.2. Medidas preventivas para la reducción de la ocurrencia de las interacciones de riesgo

Para el manejo de metanol:

- 155

- Tanque de reserva para nitrógeno en caso de falla de la unidad de separación de gases del aire (ASU)
- Detección de vapores inflamables
- Diques para contención de derrames de metanol
- Clasificación de áreas peligrosas y equipo específico para cada zona peligrosa
- Válvulas de seguridad o discos de ruptura en tanques de revisión 4101T001-003
- Válvulas de seguridad o discos de ruptura en tanques de almacenamiento de metanol producto 9531T001A-C
- Interruptores de alto nivel en tanques de almacenamiento de metanol producto 9531T001A-C
- Se considero en el diseño un alto margen de corrosión para el ducto de metanol
- Protección catódica para el ducto de metanol
- Sistema de limpieza inteligente (diablos) para la inspección del ducto de metanol
- El ducto de metanol está diseñado para caso de golpe de ariete (estudio externo de golpe de ariete)

Para el manejo de cloro:

- Capuchón protector de válvula de cilindro de cloro
- Detectores de gas cloro con alarma visual y sonora
- Paro de emergencia manual del sistema de cloración
- Lavador de emisiones de cloro (Scrubber)

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

De acuerdo con la información del diagnóstico ambiental realizado en el Capítulo IV de la MIA del presente proyecto, a continuación, se identifican y describen los componentes ambientales y asentamientos humanos que pueden ser afectados por los eventos de riesgo identificados, considerando las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

Tabla 41. Efectos sobre los componentes ambientales

Componente ambiental	Indicador	Escenario actual	Efecto sobre el componente ambiental
Medio abiótico			
Clima	Modificación del microclima	En el SAR, se registra un clima tipo BW(h')hw muy seco cálido. La temperatura promedio anual varía de 14.3°C a 19.3°C, las temperaturas máximas se presentan en los meses de mayo y junio y van de 15.7°C a 23.1°C, en lo referente a las temperaturas mínimas se presenta en diciembre, con una media anual que va de 10.8°C a 15.6°C. La precipitación media anual va de 347.7 mm a 716. mm, siendo los meses más lluviosos de julio a septiembre, siendo el periodo más seco de diciembre a febrero. El microclima fue modificado desde que se eliminó la cobertura vegetal para el desarrollo de la agricultura desde hace al menos 50 años.	Los eventos de riesgo identificados; en caso de presentarse, serían de corta duración y de efectos reversibles, por lo que no se esperan modificaciones al microclima.
Calidad del aire	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones a la atmósfera	De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio de 2016, las fuentes con emisiones de más de 100 t/año de NOx en Ahome son: quemas agrícolas, generación de energía eléctrica, autos particulares, camionetas particulares, motocicletas, pickup y vehículos <3.8 toneladas, maquinaria agrícola, autobuses, tractocamiones,	En caso de presentarse, alguno de los eventos identificados; se generarían emisiones a la atmósfera, de gases de combustión o de gas cloro.

Componente ambiental	Indicador	Escenario actual	Efecto sobre el componente ambiental
		vehículos > 3.8 toneladas y locomotoras de recorrido; las cuales también destacan por su alta emisión de los otros contaminantes.	
Ruidos y vibraciones	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones de ruido	En términos generales no existen fuentes importantes de emisiones de ruido, las principales fuentes de emisión de ruido son los vehículos que transitan sobre la carretera Los Mochis-Topolobampo.	Solo los eventos de explosión generarían altos niveles de ruido; sin embargo, estos serían de muy corta duración.
	Presencia de fallas o fracturas	En el SAR no existen riesgos geológicos o geotécnicos como; fallas o fracturas, de acuerdo al marco geológico regional, así como de los resultados del estudio de mecánica de suelo, existe presencia de materiales compresibles que pudieran generar asentamientos diferenciales.	No se espera que los niveles de sobre presión alcanzados, provoquen la formación de fallas o fracturas.
Geomorfología	Modificación del relieve	En el SAR existen tres tipos básicos de topografías: playa, llanura y sierra. La llanura es la topografía predominante en el SAR, se registran tres tipos de llanura: la llanura deltaica que ocupa aproximadamente el 52% del SAR, le sigue la llanura costera con ciénagas salinas con el 23% y al final la llanura deltaica salina, con el 15%. Las sierras que se encuentran dentro del SAR, se subdividen en dos: sierra baja con laderas escarpadas	No se espera que los eventos identificados provoquen la modificación del relieve.

Componente ambiental	Indicador	Escenario actual	Efecto sobre el componente ambiental
		que ocupa solo el 2% y la sierra baja de laderas escarpadas con llanuras ocupa el 5.72%.	
Suelo	Presencia o ausencia de degradación del suelo	En el SAR se registran en ocho tipos de suelo de acuerdo a la cartografía de INEGI, predominan los suelos vertisol (46.6%) y solonchak (29.965) que se distribuyen en la mayor parte de la llanura, el leptosol se ubica en la zona que corresponde a la sierra, mientras que el arenosol se presenta en la barra. En la siguiente tabla se presenta la superficie de cada tipo de suelo. El predio norte donde se construirá la planta Pacífico MEXINOL presenta suelo tipo vertisol, mientras que el poliducto, la mayor parte de su trayectoria se ubicará en suelos tipo solonchack. De acuerdo a los criterios establecidos por la SEMARNAT, en el SAR aproximadamente el 66% de la superficie presenta algún tipo de degradación: la degradación química ocupa el 64.3% y se presenta en el área que ocupa la agricultura mientras que la degradación física se presenta en la zona urbana de Los Mochis.	La mayor parte de la Planta estará pavimentada por lo que solo en pequeñas partes existirá suelo expuesto; sin embargo, no se espera una degradación del suelo ya que el metanol no persiste en el medio ambiente y cuando se descarga en aguas superficiales, tierra y aguas subterráneas, se diluye de inmediato hasta llegar a bajas concentraciones, permitiendo que las bacterias nativas de la tierra o del agua lo degraden biológicamente en un tiempo relativamente corto. Debido a la velocidad relativa de degradación biológica del metanol, se espera que los tiempos de limpieza natural sean más rápidos que los tiempos de limpieza activa.
	Erosión	La mayor parte del SAR no presenta erosión debido principalmente a que se encuentra en una llanura, solo el 9.03% presenta algún grado de erosión de acuerdo a	La mayor parte de la Planta estará pavimentada por lo que solo en pequeñas partes existirá suelo

Componente ambiental	Indicador	Escenario actual	Efecto sobre el componente ambiental
		la clasificación de INEGI, el 7.37% corresponde a erosión hídrica y 1.65% a erosión antrópica.	expuesto; sin embargo, no se espera que los eventos identificados provoquen la erosión del suelo.
Hidrología superficial	Modificación del drenaje superficial	El drenaje superficial del SAR ha sido modificado por la construcción de drenes agrícolas para el riego de los diferentes módulos que integran el Distrito de Riego No.75 Red Valle del Fuerte.	No se espera que los eventos identificados provoquen la modificación del drenaje superficial.
	Presencia o ausencia de contaminación del agua	Se registra contaminación en la Bahía de Ohuira por las descargas de los drenes agrícolas y de algunas localidades que se asientan en las cercanías de la bahía.	No se espera contaminación del ya que el metanol no persiste en el medio ambiente y cuando se descarga en aguas superficiales, tierra y aguas subterráneas, se diluye de inmediato hasta llegar a bajas concentraciones, permitiendo que las bacterias nativas de la tierra o del agua lo degraden biológicamente en un tiempo relativamente corto. Debido a la velocidad relativa de degradación biológica del metanol, se espera que los tiempos de limpieza natural sean más rápidos que los tiempos de limpieza activa.
Hidrología subterránea	Estado actual del acuífero (sobreexplotado o subexplotado)	El SAR abarca parcialmente dos acuíferos: Río Fuerte que ocupa el 94% y Río Sinaloa con el 5.84%, ambos acuíferos presentan disponibilidad de agua subterránea de acuerdo a la CONAGUA, Río Fuerte con 103.215510 hm ³ /año y el Acuífero Río Sinaloa con 8.231880 con hm ³ /año	No se espera que los eventos identificados afecten la disponibilidad del agua subterránea.

Componente ambiental	Indicador	Escenario actual	Efecto sobre el componente ambiental
Medio biótico			
Vegetación	Proporción de vegetación natural/superficie total del SAR	El En el SAR predominan los ecosistemas modificados constituidos por el las zonas agrícola del Distrito de Riego No.75 Red Valle del Fuerte ocupando el 67% de la superficie del SAR, los ecosistemas naturales ocupan 28% de la superficie están constituidos principalmente Matorral sarcocaul, Vegetación halófila xerófila y el manglar, los ecosistemas artificiales están constituidos principalmente por la Ciudad de Los Mochis, la localidad de Topolobampo y el Puerto de Topolobampo.	El sitio donde se ubicará la planta presenta la pérdida de la vegetación natural debido a las actividades de agricultura que se han desarrollado, por lo que no se espera afectación a este componente ambiental.
Fauna	Hábitat	El hábitat de la fauna silvestre ha sido modificado y fragmentado desde hace al menos 50 años por la agricultura, así como por el desarrollo urbano, la construcción de las vías de comunicación principalmente la carretera Los Mochis Topolobampo y la vía del ferrocarril. Actualmente los tipos de vegetación natural han sido fragmentados y solo en la costa se puede observar áreas continuas de manglar.	Los eventos de fuga de cloro tendrían un efecto negativo en la fauna del lugar, principalmente sobre las aves.

Componente ambiental	Indicador	Escenario actual	Efecto sobre el componente ambiental
Medio socioeconómico			
Paisaje	Calidad del paisaje	El SAR se caracteriza por ser predominantemente un ecosistema modificado desde hace al menos 50 años por el establecimiento de las actividades agrícolas, por lo que los ecosistemas naturales han sido fragmentados, las áreas mejor conservadas se encuentran en las áreas inmediatas a la costa en donde se registra el manglar.	No se espera que los eventos identificados provoquen la modificación de la calidad del paisaje, ya que estos son de efectos reversibles.
Demografía	Número de habitantes	La población del total de los tres municipios que abarca parcialmente el SAR, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 2020 es de 374,836 personas distribuidas en 181 localidades Los municipios y localidades que conforman el SAR se caracterizan por presentar una tasa de crecimiento positiva. Ahome presenta un crecimiento poblacional significativo a partir del año 2000 a la fecha.	No se espera afectación ya que, en el sitio, no existe población cercana afectable.
Población indígena	Número de localidades indígenas	En el municipio de Ahome se registraron un total de 2,749 personas de más de tres años que hablan una lengua indígena distribuidas en 33 localidades, en Guasave la población fue de 382 personas en una sola localidad y en El Fuerte fue de 5 personas en dos localidades	No se espera afectación ya que, en el sitio, no existe población cercana afectable.

Componente ambiental	Indicador	Escenario actual	Efecto sobre el componente ambiental
Servicios	% de viviendas con servicios	Las viviendas particulares registradas en el SAR ascienden a 111,849 de las cuáles el 99.54% tiene servicio de energía eléctrica, el 98.83% tiene agua potable y el 98.99% cuenta con sistema de drenaje	No se espera afectación ya que, en el sitio, no existen zonas habitacionales cercanas.
Empleo	Número de personas desocupadas	En el SAR, la población económicamente activa es de 185,233 personas, la población ocupada es de 181,929 personas, la población desocupada es de 3,304 personas y la población no económicamente activa es de 119,764 personas.	Sin bien, algunos de los eventos identificados pueden afectar las operaciones de la planta, esta afectación será temporal; por lo que no se espera afectación a las fuentes de empleo.
Actividades productivas	Superficie en has dedicadas a agricultura	El SAR abarca gran parte del Distrito de Riego No.075 Río Fuerte, el cual tiene una extensión de 250,000 hectáreas, está integrada por los 13 módulos de riego: Guasave, Río Fuerte, Leyva Solano, Ruiz Cortines, Batequis, Taxtes, Sevelbampo, Pascola, Mavari, Cahuinahua, Juncos, Nohme y Santa Rosa donde se ubicará la planta de producción de Metanol. En el SAR se registra una superficie dedicada a actividades agrícolas de 82,151.39 has que corresponden al 60.12% de la superficie del SAR	No se espera afectación a las actividades productivas de la zona, ya que los eventos identificados son de corta duración y de efectos reversibles.

III. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Con base en los resultados obtenidos a través de la identificación y jerarquización de riesgos, así como de la simulación de escenarios del presente estudio; se establecieron las siguientes recomendaciones:

Tabla 42. Recomendaciones técnico operativas

No.	Recomendación
1.	Comprobar si las bombas de transferencia de agua de lluvia deben estar conectadas a una fuente de alimentación de emergencia.
2.	Considerar en la base del diseño que es posible que se produzcan daños menores en caso de huracán.
3.	Establecer un plan de respuesta de emergencia (paro de la planta, procedimiento de evacuación, etc.)
4.	Considerar la aprobación de terceros en función de los resultados del informe preliminar del suelo.
5.	Establecer un plan de respuesta de emergencia (paro de la planta, procedimiento de evacuación, etc.)
6.	Establecer un plan de respuesta a emergencias
7.	Establecer un plan de respuesta a emergencias
8.	Establecer un control del tráfico de camiones dentro del área de la planta (velocidad límite, señalizar zonas de tránsito, etc.)
9.	Establecer un plan de respuesta a emergencias
10.	Establecer un plan de respuesta de emergencia para la zona del puerto
11.	Elaborar una evaluación cuantitativa de riesgos (QRA); que considere onda explosiva para edificios ocupados
12.	Establecer un plan de respuesta de emergencia en caso de liberación al exterior del área de la planta
13.	Elaborar el cálculo de la dispersión
14.	Definir el tamaño del tanque de almacenamiento de reserva de nitrógeno
15.	Comprobar protecciones para ASU
16.	Verificar el arreglo de las instalaciones para minimizar la posibilidad de incendio.
17.	Verificar el diseño de control de nivel

No.	Recomendación
18.	Instalar protecciones para el llenado excesivo del lavador
19.	Verificar sistema de control de nivel
20.	Comprobar si se cuenta con válvulas de acción rápida dentro del barco (si el cierre <2 s, revisar el estudio de golpe de ariete)
21.	Establecer un plan de respuesta a emergencias
22.	Establecer el cierre de la válvula en la línea de transferencia de metanol o el paro de las bombas de transferencia, en caso de alta presión en la línea de retorno de vapor; se debe considerar el tiempo de cierre de la válvula en el estudio del golpe de ariete
23.	Establecer la prohibición de almacenar materiales combustibles o inflamables, en el cuarto de cloración.
24.	Colocar equipo contra incendios en el cuarto de cloración.
25.	Establecer un procedimiento de inspección al ingreso de cilindros de cloro a la planta
26.	Establecer un programa de inspecciones periódicas que incluya la revisión de los cilindros almacenados y en operación
27.	Adquirir un kit “A”, para fugas en cilindros, mascarillas tipo canister y de aire autónomo
28.	Establecer procedimientos para la atención de fugas de cloro.
29.	Establecer brigadas capacitadas para la atención a emergencias.
30.	Establecer un programa de capacitación del personal, en el que se incluyan los procedimientos para la atención de fugas de cloro
31.	Establecer un programa de simulacros en el que se contemplen fugas de cloro
32.	Incluir la báscula de los cilindros, en el programa de mantenimiento.
33.	Establecer un programa de mantenimiento en el que se incluya la válvula de control de flujo.
34.	Elaborar un manual de operación del sistema de cloración, en el que se incluyan procedimientos de operación, inspección y mantenimiento.
35.	Establecer un programa de mantenimiento en el que el regulador de vacío.
36.	Llevar una bitácora o registro de la medición de cloro en el agua y mantenerla actualizada

III.1.1 Sistemas de seguridad

III.1.1.1. Planta

Las materias primas del proceso, los productos intermedios y finales, los productos químicos auxiliares que se manipulan pueden ser inflamables, combustibles o tóxicos. La condición de emergencia puede resultar de derrames o fugas, además de inhalación, contacto con la piel, absorción cutánea, ingestión oral, incendios ocurridos. Además, las fallas en el trabajo mecánico durante el mantenimiento pueden causar lesiones; por lo tanto y en principio, todas las personas que se encuentren dentro de las áreas designadas de seguridad de la Planta Pacífico MEXINOL, deben usar Equipo de Protección Personal (PPE).

Se requiere equipo de seguridad adicional para proporcionar primeros auxilios en caso de incidentes graves, así como información de seguridad para colocar en ubicaciones de plantas relacionadas (señalización).

Equipo de protección personal (PPE)

Es obligatorio usar EPP al ingresar a la planta. El EPP fijado como equipamiento básico incluye:

- Casco de seguridad
- Zapatos de seguridad
- Protección de oídos
- Lentes de seguridad

Conjunto de escape

El "juego de escape" consta de una campana de escape con filtro de gas. El filtro de gas debe proteger contra los gases tóxicos que contienen monóxido de carbono que pueden liberarse accidentalmente.

Para varias tareas, p. Ej. actividades de control o mantenimiento, el personal puede necesitar equipo de protección adicional como guantes, protección para los oídos, mascarillas, trajes de gas, equipos de respiración (SCBA), etc.

El PPE para el personal fijo de la empresa será otorgado por la gerencia de la planta. Los contratistas proporcionarán el equipo de protección personal para su personal que este ejecutando actividades dentro de las instalaciones de la planta.

Equipo de seguridad

Con respecto a incidentes y emergencias, se requiere un equipo de seguridad particular, principalmente para proporcionar primeros auxilios e información de seguridad:

- Regaderas de seguridad con lavajojos.
- Puntos de primeros auxilios (botiquines y camillas)
- Señales de seguridad

Todas las personas en la instalación deben recibir instrucciones sobre las reglas de seguridad y los procedimientos de emergencia en caso de incidentes o situaciones de emergencia. Estas instrucciones deben cubrir la prevención de incidentes, la ubicación de la información de seguridad y la aplicación y uso de equipo de seguridad. El personal debe saber dónde encontrar los elementos y equipos relacionados.

Equipo de primeros auxilios

El equipo de primeros auxilios comprende puntos de primeros auxilios y regaderas de seguridad con lavajojos.

Puntos de primeros auxilios

Los puntos de primeros auxilios deberán estar equipados de modo que se puedan tratar las heridas leves. En caso de lesiones, se debe informar al Centro de Emergencias de inmediato. Si es necesario, la víctima debe ser transportada al Centro Médico. El punto de primeros auxilios comprende el estuche de almacenamiento que contiene el botiquín de primeros auxilios, la manta y la camilla.

Los puntos de primeros auxilios deben estar ubicados en edificios como:

- Edificio de control principal
- Subestaciones
- Taller
- Salas de operador
- Puertas de entrada

Duchas de seguridad con lavajojos

Las regaderas de seguridad deben estar ubicadas donde se almacenan y / o manipulan productos químicos peligrosos y donde se puedan suponer derrames de líquidos de proceso.

Las regaderas de seguridad estarán equipadas con unidades de lavado de ojos / cara. La ubicación de las regaderas de seguridad debe estar en un buen lugar accesible, es decir, cerca de las vías de escape o para caminar. La distancia desde la fuente potencial de escape se determinará de modo que la persona afectada pueda llegar a la regadera de seguridad en no más de 10 segundos.

El diseño de regaderas / lavaojos de seguridad debe estar de acuerdo con ANSI Z358.1-2014 (Equipo de regadera y lavaojos de emergencia).

Tabla 43. Lista de duchas de seguridad con lavaojos:

Unidades de Proceso	Ubicación de la duchas de emergencia más cercana	Regadera de emergencia con Tanque	Químicos peligrosos
Planta de Metanol			
4061	Síntesis de Metanol: Tambor de Metanol Flash I (4061D002)	no	Metanol
4061	Síntesis de Metanol: Tambor de Metanol Flash I (4061D004)	no	Metanol
4071	Destilación de Metanol: tanque de NaOH (4071D003) / bomba de dosificación de NaOH (4071P002)	no	Soda caustica
4071	Destilación de Metanol: Columna de pre-ejecución (4071C001) / Bomba del fondo de la Columna de pre-ejecución 4071P001A-B / Bomba de reflujo de la Columna de pre-ejecución 4071P003A-B	no	Metanol
4071	Destilación de Metanol: Columna de metanol de Alta presión 4071C002 / Bomba de reflujo de la columna de metanol de Alta presión 4071P004A-B	no	Metanol
4071	Destilación de Metanol: Columna de Metanol de baja presión 4071C003 / Bomba de reflujo de la columna de metanol de baja presión p 4071P007A-B	no	Metanol

Unidades de Proceso	Ubicación de la duchas de emergencia más cercana	Regadera de emergencia con Tanque	Químicos peligrosos
4101	Almacenamiento intermedio de metanol: Bombas de Metanol 4101P001A-B, 4101P002A-B	no	Metanol
	Almacenamiento de químicos	no	Diferentes químicos
Fuera de la planta e instalaciones			
8901	Estación de dosificación de diferentes químicos en las unidades de pretratamiento de desmineralización, de desmineralización y pulido de agua (8901U001, 8901U002; 8901U003) (2 regaderas de seguridad)	no	Químicos (por ejemplo, FeCL ₃ , PE, H ₂ SO ₄ , NaOH, NaClO)
8831	Estación de dosificación para la unidad de caldera auxiliar 8831U001	no	Químicos
8831	Unidad de dosificación de químicos 8881U001 / Unidad de clorado 8881U002 (sistema de agua de enfriamiento)	no	Cloro, Inhibidor de corrosión y Biocida
9531	Bombas de carga de Metanol 9531P001A-C / Estación de PIGGING 9531U003-X02	no	Metanol
9631	Carga de Buques (Puerto)	si	Metanol

Según la norma ANSI Z358.1-2014, la tasa de agua está diseñada para un mínimo de 76 l / min para regaderas y 11,4 l / min para lavados de ojos / rostro durante un mínimo de 15 minutos. Las regaderas de seguridad se conectarán a un sistema de circulación de agua en un rango de temperatura entre 16 y 38 °C. El circuito de regadera de seguridad se alimentará desde el sistema de agua potable.

En la zona de carga del buque en el puerto se instalará una regadera de seguridad con tanque superior.

Información de seguridad

Conos de viento

Fuera de los edificios, las personas deben percibir la dirección del viento mirando hacia las mangas de viento y tomar el camino a través de la dirección del viento en caso de liberación de gas tóxico. Las mangas de viento se iluminarán con conexión a la iluminación de emergencia para proporcionar información de la dirección del viento también por la noche y en caso de corte de energía que pueda

ocurrir junto con la liberación de gas tóxico. Las mangas de viento se ubicarán en puntos más altos en el área de la planta, p. a:

- Tanque de almacenamiento de metanol (9531T001A)
- Tanque de agua tratada (8891T001)
- Columna de metanol HP (4071C002)
- Reactor isotérmico (4061R001A-B)
- Calentador encendido (4031U001)

Señales de seguridad

Se deben instalar señales de seguridad que brinden información para su uso en la prevención de accidentes y para advertir de peligros para la salud.

Los avisos se utilizarán como letreros de condición obligatoria y segura especificados de acuerdo con las normas OSHA / ANSI.

Las señales obligatorias indican que se debe tomar un curso de acción específico, p. Ej. llevar equipo de protección durante la manipulación de productos químicos. Se preverán las siguientes señales obligatorias:

- Use protección para los ojos
- Use protección respiratoria
- Use protección para las manos
- Use protector facial

Las señales deben ubicarse en lugares donde se manipulen productos químicos, en estación de dosificación, en áreas de carga / descarga, etc.

La señal "Use protección para los oídos" debe ubicarse en lugares donde el ruido exceda el límite de 90 dB (A), p. Ej. en las áreas de maquinarias.

Las señales de condiciones seguras brindan información sobre las condiciones seguras. Se preverán las siguientes señales de condición de seguridad:

- Estación de primeros auxilios
- Regadera de emergencia

- Punto de encuentro / reunión

Señales de equipos contra incendios:

- Indicación de dirección para vías de evacuación en edificios.
- Señales de salida para rutas de escape en edificios
- Punto de llamada de alarma de incendio para botones de alarma manual
- Carrete de manguera contra incendios en las cajas de mangueras
- Extintor de incendios ubicado encima de los extintores y en los gabinetes de extintores.

Las señales de advertencia brindan información sobre los peligros de los productos químicos (venenosos, inflamables, explosivos, etc.) y los peligros eléctricos. Las señales de prohibición especifican comportamientos o acciones que no están permitidas.

Detección de gas

El propósito del sistema de detección de gases es la detección temprana de una fuga de gas para gases inflamables o tóxicos y la notificación de una estación con personal permanente.

Para este propósito, se deben instalar detectores de gas en áreas críticas de la planta para monitoreo continuo del ambiente con estación de trabajo de alarma de gas para información del operador en la Sala de Control Central.

Los detectores de gas deben ubicarse donde se pueda esperar un peligro. Especialmente los detectores de gas se instalarán en:

- Conductos de entrada de aire de los sistemas HVAC en edificios tripulados
- Casa del analizador donde se manipulan gases tóxicos o inflamables
- Áreas cerradas de la planta con ventilación insuficiente donde pueden ocurrir gases o vapores tóxicos, inflamables o sofocantes (por ejemplo, MeOH, H₂ / CO, CH₄).

La gerencia de la planta proporcionará detectores de gas portátiles para las actividades de mantenimiento.

Tabla 44. Ubicación de detectores de gas

Ubicación	Componente	Nota
Planta de Metanol		
Compresor de gas natural 4011K001 CH ₄	(LEL)	alarma
Compresor de gas de síntesis 4061K001	CO (T)	alarma
Compresor de gas de recicló 4061K002	Hidrogeno (LEL)	alarma
Bomba de fondo de la columna de pre-ejecución 4071P001A-B	Metanol (LEL)	alarma
Bomba de reflujo de la columna de pre-ejecución 4071P003A-B	Metanol (LEL)	alarma
Bomba de reflujo de la columna de alta presión de metanol 4071P004A-B	Metanol (LEL)	alarma
Bomba de reflujo de la columna de baja presión de metanol 4071P007A-B	Metanol (LEL)	alarma
Bombas de transferencia de metanol 4101P001A-B	Metanol (LEL)	alarma
Bombas de metanol impuro 4101P002A-B	Metanol (LEL)	alarma
Bombas de desagüe de metanol 4711D001	Metanol (LEL)	alarma
Casa de analizadores de hidrocarburos	LEL) CO (T) oxígeno (O)	alarma / parada
Fuera de la planta y utilidades		
Bomba de carga de metanol 9531P001A-C	Metanol (LEL)	alarma
Estación de PIGGING 9531U003-X02 (Planta)	Metanol (LEL)	alarma
Estación de PIGGING 9531U003-X01 (Puerto)	Metanol (LEL)	alarma
Edificios (ductos para de entrada de aire del sistema de acondicionamiento de aire)		
Hidrogeno en el edificio principal de sala de control	(LEL) CO (T)	alarma / parada
Subestación principal	Hidrogeno (LEL) CO (T)	alarma / parada
Subestación de MeOH	Hidrogeno (LEL) CO (T)	alarma/ Parada

* Detectores de gases inflamables: (LEL), Detectores de gases tóxicos: (T), Detección de deficiencia de oxígeno: (O)

III.1.1.2. Muelle

Sistema contra incendios

Considerando que el Metanol es un producto inflamable Clase I, según la NFPA 30, el puerto contará con un sistema contra incendios fijo, con la intención de minimizar cualquier impacto ante este evento.

El dimensionamiento del sistema contra incendios se realizará basándose en las consideraciones de la NFPA y las especificaciones de la normativa mexicana. El mismo funcionará con los siguientes componentes:

- Red de agua contra incendio: El sistema contempla un tanque de almacenamiento con capacidad de suministro de 4 horas y un sistema de tuberías para el suministro a las áreas operativas.
- Bombas contra incendio: Se consideran 3 bombas principales (2 operativas y 1 de reserva) para el suministro de agua. Igualmente se consideran 2 bombas jockey (1 operativa y 1 de reserva).
- Sistema de Espuma y Monitores: La zona de muelle contará con 2 monitores con capacidad de manejar 350 m³/h de flujo cada uno, con un alcance mínimo de 70 m. Controlados remotamente e instalados en torres de 20 m de altura para combatir eficientemente fuegos en la plataforma o en el conector de tuberías del barco. Cada monitor contará con una boquilla eductora de espuma y el kit de succión estará compuesto por un tanque de concentrado de espuma al 3% con capacidad 265 galones y contarán con conexiones de concentrado de espuma resistente a alcoholes con base AFFF (AR-AFFF).
- Hidrantes: Se instalarán hidrantes por toda la red según requerimientos de la OCIMF y de la NFPA, el espaciamiento máximo entre hidrantes será de 50 m en el muelle.
- Extintores Portátiles: Los extintores portátiles se ubicarán en lugares de fácil acceso y clara visibilidad, con su correcta demarcación y ubicación a no más de 1 metro sobre el suelo. Se considerarán las siguientes unidades: 4 unidades de 9 - 12 kg DP, 3 unidades 50 kg DP.

Sistema de Detección de Fuego y Gas (F&G)

El sistema de F&G permitirá detectar y registrar oportunamente de manera automática, posibles eventos de incendio que se puedan materializar en las diferentes áreas de proceso del muelle. Notificará a los operarios sobre condiciones de emergencia para que se tomen las respectivas medidas de control y mitigación que permitan minimizar el impacto.

El sistema visualizará a través de una interfaz gráfica HMI todos los eventos asociados al sistema contra incendio. El diseño del sistema F&G cumplirá con la Norma NFPA 70 y NFPA 72; sus componentes serán listados UL o aprobados FM para uso en sistemas contra incendio.

Sistema de Alarma

Se plantea la instalación de alarmas visuales y alarmas sonoras en puntos estratégicos (rutas de evacuación), con el fin de alertar al personal que permanece en estas áreas y procedan a ejecutar los planes de evacuación. La intensidad sonora y luminosa, de estos dispositivos, debe ser adecuada para la anunciación de cada área.

De igual manera se instalarán interruptores manuales en diferentes lugares del puerto para permitir que cualquier persona pueda activar las sirenas y alarmas de incendio.

Sistema de Paro de Emergencia

El puerto considerará un sistema de paro de emergencia (ESD) que recibirá las señales de campo de los instrumentos de emergencia y de los instrumentos de F&G y se comunicará, para monitoreo, con el sistema de control de proceso en la sala de control de la planta.

Sistema de Circuito Cerrado de TV (CCTV)

El sistema de CCTV consiste en un sistema de monitoreo y registro compuesto por cámaras de video distribuidas en sitios estratégicos, un servidor de control y configuración de cámaras, un servidor para almacenamiento de video, una estación de trabajo y control del sistema, además de todos los accesorios requeridos por el sistema para su correcto funcionamiento.

En áreas del muelle se instalarán cámaras tipo domo PTZ y cámaras fijas; las cámaras domo serán controladas desde el cuarto de control. Las cámaras no serán ubicadas en áreas clasificadas. Las cámaras tipo domo PTZ instaladas en exteriores serán ubicadas sobre postes de 8 - 10 m de altura. El sensor de las cámaras de video instaladas en exteriores tendrá alta sensibilidad nocturna. Todas las señales se centralizarán en el cuarto de control principal, en donde se ubicarán los servidores de almacenamiento de video, control y configuración del sistema. El objetivo del sistema de CCTV es:

- Monitorear y supervisar las áreas designadas como críticas para los objetivos de seguridad de la planta.
- Monitorear actividades de riesgo y operación.
- Ayudar al monitoreo de operaciones críticas y operaciones riesgosas.
- Registrar y almacenar los videos generados de los diferentes eventos ocurridos.

- Servir como herramienta de respaldo para el análisis de eventos anormales o investigaciones posteriores.
- Apoyar los demás sistemas de seguridad con el fin de confirmar alarmas de intrusión, eventos de acceso y alarmas en el sistema F&G.

Sistema de Control de Acceso

Con el propósito de controlar el acceso y delimitar las áreas clasificadas, se contempla la instalación de un cerramiento en malla.

Sistema de Control de Proceso

Las operaciones de carga de buques estarán controladas desde la sala de control principal en la planta, donde estarán disponibles todas las señales del sistema de control de proceso. En las adyacencias del puerto se instalará un cuarto de operaciones, donde se podrán visualizar las señales y tendrá comunicación con la sala de control principal en la planta.

En el siguiente plano se muestra la ubicación de conos de viento, regaderas de emergencia y botiquines.

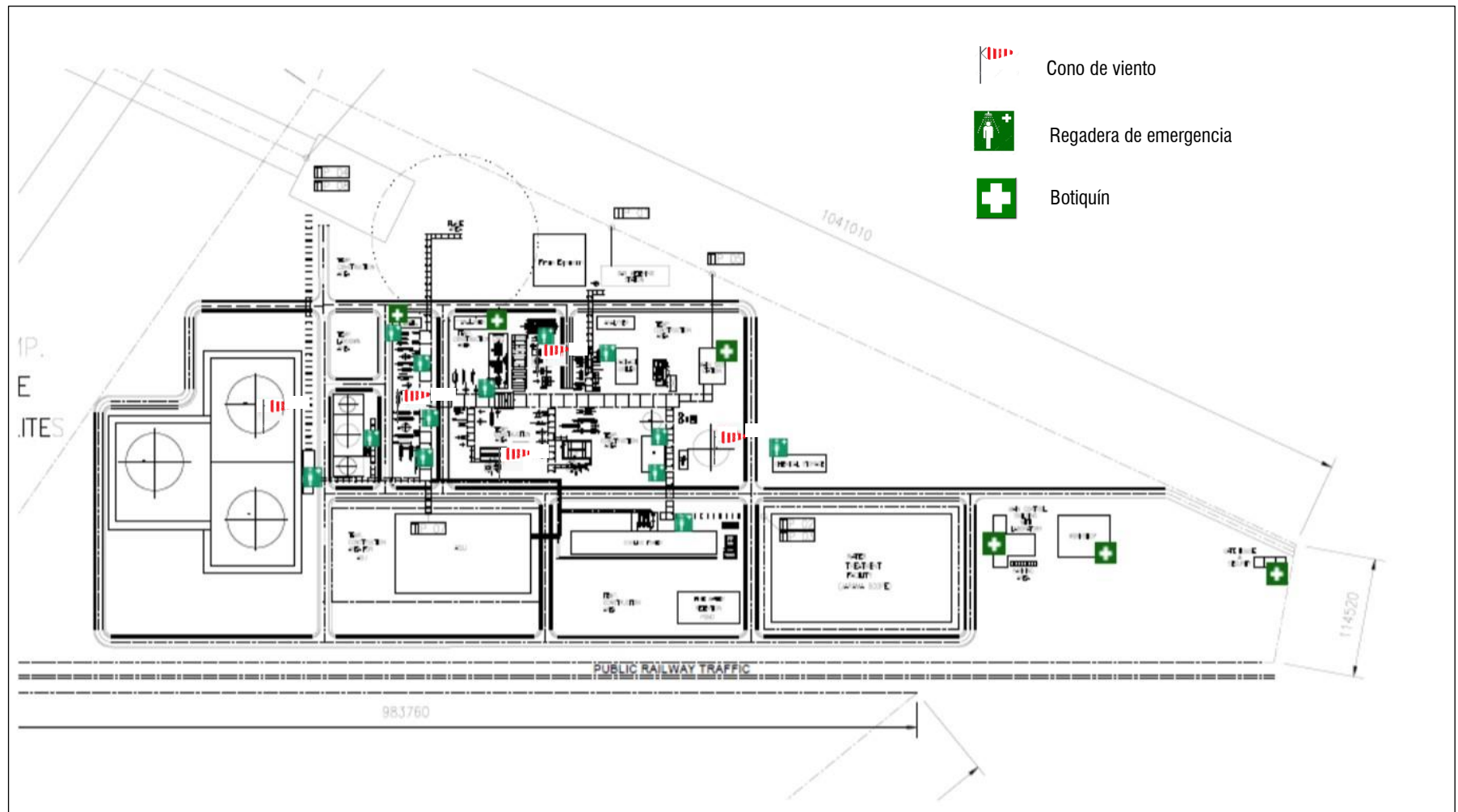


Figura 43. Ubicación de conos de viento, regaderas de emergencia y de botiquines

III.1.2 Medidas preventivas

III.1.2.1. Programa de mantenimiento

Tabla 45. Programa de mantenimiento

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Tambor KO del compresor de gas de alimentación	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Compresor de gas natural	Compresor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10) A
Turbina de compresor NG	Turbina de vapor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST	Nivel11	(10-15) A
Hidrogenación y Desulfuración. Reactor	Reactor	Nivel 1	D	Nivel 7	ST						
Absorbente de desulfuración	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Catalizador de hidrogenación	Reactor	Nivel 1	D	Nivel 7	ST						
Saturador	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Separador de condensado LP	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Tambor de vapor HP I	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Tambor de vapor HP II	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Tambor de condensado MP	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Tambor flash de condensado de proceso	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Precalentador MP BFW	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Enfriador de Syngas I	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Precalentador de oxígeno	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Precalentador HP BFW	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Precalentador de agua tratada	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Precalentador de gas combustible	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Enfriador de agua ATR	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Enfriador final de gas de síntesis	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Filtro de oxígeno	Filtro	Nivel 1	S	Nivel 7	ST	Nivel 2	S				
Bomba de agua de reciclaje de saturador	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10) A
Bomba de reciclaje de agua ATR	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10) A
Bomba de condensado MP	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10) A
Bomba de condensado LP	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10) A
Pre-reformador	Reformador	Nivel 1	D	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
POX catalítico (ATR)	Reformador	Nivel 1	D	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Estufa	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Tambor de vapor MP I	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Tambor flash de metanol I	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Tambor de vapor MP II	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Tambor flash de metanol II	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Tambor KO del compresor de gas de síntesis	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Precalentador Reactor II	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Enfriador de metanol crudo II	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Enfriador HP BFW	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Enfriador de metanol crudo I	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Eyector de reactor isotérmico I	Eyector	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Eyector de reactor isotérmico II	Eyector	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Compresor de gas de síntesis	Compresor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10) A
Tambor de alimentación de columna de pre-ejecución	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Tambor de reflujo de columna de pre-ejecución	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Tambor de reflujo de columna de metanol HP	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Tambor de reflujo de columna de metanol LP	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Rehervidor de columna de pre-ejecución I	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Calentador de columna de pre-ejecución II	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Rehervidor de columna de metanol HP I	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Hervidor de columna de metanol HP II	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Rehervidor de columna de metanol LP	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Enfriador de metanol HP II	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Condensador de techo de columna de metanol LP	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Enfriador de metanol puro	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Filtro protector de metanol	Filtro	Nivel 1	S	Nivel 7	ST	Nivel 2	S				
Filtro de metanol	Filtro	Nivel 1	S	Nivel 7	ST	Nivel 2	S				
Bomba de fondos de columna de pre-ejecución	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de reflujo de columna de pre-ejecución	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de reflujo de columna de metanol HP	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de agua de columna de metanol LP	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de aceite Fusel	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Bomba de reflujo de columna de metanol LP	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de transferencia de metanol	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de metanol fuera de especificación	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de reciclaje de agua de lavado	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de agua de lavado BD	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Tanque de control de metanol	Tanque	Nivel 1	M	Nivel 7	A						
Tanque de metanol fuera de especificaciones	Tanque	Nivel 1	M	Nivel 7	A						
Unidad de PSA de alta presión	Patín de absorción	Nivel 1	D	Nivel 7	ST	Nivel 3	M	Nivel 9	ST		
Desaerador	Recipiente a presión	Nivel 1	S	Nivel 7	ST						
Enfriador de soplado	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Pre calentador de condensado de turbina	Intercambiador de Calor	Nivel 1	S	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Turbina de bomba HP BFW	Turbina de Vapor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M			Nivel 9	ST	Nivel11	(10-15)A
Bomba HP BFW	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba MP BFW	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Bomba de condensado LP	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Caldera auxiliar	Calentador de Combustión	Nivel 1	D	Nivel 7	ST			Nivel 9	A		
Receptor de aire para instrumentos	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Unidad de aire para instrumentos	Compresor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Generador	Generador eléctrico	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Turbina de generador	Turbina de Vapor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST	Nivel11	(10-15)A
Torre de enfriamiento	Torre de enfriamiento	Nivel 1	S	Nivel 6	ST			Nivel 9	A		
Ventilador de la torre de enfriamiento	Ventilador	Nivel 1	S	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST		
Turbina de bomba de agua de refrigeración	Turbina de Vapor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST		
Bomba de agua refrigerante	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Tanque de agua tratada	Tanque	Nivel 1	M	Nivel 7	A						
Bomba de agua pulida	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de regeneración	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Tanque de agua pulido	Tanque	Nivel 1	M	Nivel 7	A						
Tanque de neutralización	Tanque	Nivel 1	M	Nivel 7	A						

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Unidad de Pretratamiento de Desmineralización	Patín de tratamiento de agua	Nivel 1	S	Nivel 4/5	ST	Nivel 3	M	Nivel 9	ST		
Unidad de desmineralización	Patín de tratamiento de agua	Nivel 1	S	Nivel 4/5	ST	Nivel 3	M	Nivel 9	ST		
Unidad de pulido	Patín de tratamiento de agua	Nivel 1	S	Nivel 4/5	ST	Nivel 3	M	Nivel 9	ST		
Tanque de agua contra incendios (puerto)	Tanque	Nivel 1	M	Nivel 7	A						
Planta de Bombas Contra Incendio	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Puerto de bombas contra incendios	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Bomba de extinción de incendios	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Planta de metanol Flare KO Drum	Recipiente a presión	Nivel 1	M	Nivel 7	ST						
Flare K.O. Bomba de tambor (metanol)	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A
Llamarada de la planta de metanol	Quemador	Nivel 1	M	Nivel 6	A			Nivel 9	A		
Bomba de carga de metanol	Bomba	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	M	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A

Nombre del equipo	Tipo	Rondas Operacionales (Vigilancia)		Monitorización de la Condición (Predictivo)		Mantto. Preventivo		Evaluación de Eficiencia		Mantto. Mayor (Overhaul)	
		Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia	Alcance	Frecuencia
Tanque de almacenamiento de metanol	Tanque	Nivel 1	M	Nivel 7	A						
Brazo de carga de buques de metanol	Garzas	Nivel 1	M	Nivel 7	T						
Paquete de compresión de vapor	Compresor	Nivel 1	D	Nivel 4/5	M	Nivel 3	A	Nivel 9	ST	Nivel11	(5-10)A

Frecuencia: D: diario, S: semanal, M: mensual, T: trimestral, Q: cuatrimestral, ST: semestral, A: anual, 2A: bianual, 4A: cada 4 años, 5-10A: de 5 a 10 años, 10-15A: de 10 a 15 años

Tabla de Alcance

Nivel1	En Servicio	Operacional (Vigilancia)	Inspeccion Visual, Chequeo de Niveles y Variables de proceso.
Nivel2	Fuera de Servicio	Operacional (Vigilancia)	Nivel 1 + limpieza y verificacion de ajustes, cambio de lubricantes de ser necesario.
Nivel3	En Servicio	Mantenimiento Preventivo	Lubricacion
Nivel4	En Servicio	Monitorizacion de la Condicion (Predictivo)	Captura de datos de Vibraciones, Temperatura y Ruido.
Nivel5	En Servicio	Monitorizacion de la Condicion (Predictivo)	Analisis de Lubricantes
Nivel6	Fuera de Servicio	Monitorizacion de la Condicion (Predictivo)	Videoscopia
Nivel7	Fuera de Servicio	Monitorizacion de la Condicion (Predictivo)	Medicion de espesores, mapeo de corrosion y revision de cupones.
Nivel8	Fuera de Servicio	Pruebas y Calibracion (Detectivos)	Pruebas de lazo y control
Nivel9	En Servicio	Evaluacion de Eficiencias	Prueba de Desempeno (Hidraulico, Termodinamico, Neumatico, etc)
Nivel10	Fuera de Servicio	Mantenimiento Preventivo	Remover equipo del campo y traslado al Taller para: Desarmado, Limpieza e Inspeccion (Metrologia),
Nivel11	Fuera de Servicio	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Mayor. (Overhaul)

IV. RESUMEN

IV.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

De acuerdo con los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas; las interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones que se encuentran dentro de las Zonas de Alto Riesgo; de los eventos identificados, son los siguientes:

Escenario E01. Fuga por la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B.

Al interior de la planta:

Radiación. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Sobrepresión. Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación

Toxicidad. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Fuera de la planta:

No se rebasan los límites de la planta

Escenario E02. Fuga por ruptura total de la brida del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B

Al interior de la planta:

Radiación. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Sobrepresión. Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación

Toxicidad. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Fuera de la planta:

No se rebasan los límites de la planta

Escenario E03. Fuga por la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003

Al interior de la planta:

Radiación. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Sobrepresión. Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación

Toxicidad. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Fuera de la planta:

No se rebasan los límites de la planta

Escenario E04. Fuga por ruptura total de la brida del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003

Al interior de la planta:

Radiación. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Sobrepresión. Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación

Toxicidad. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Fuera de la planta:

No se rebasan los límites de la planta

Escenario E05. Fuga por la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C

Al interior de la planta:

Radiación. Tanques de almacenamiento de metanol producto, planta de metanol, quemador

Sobrepresión. Tanques de almacenamiento de metanol producto

Toxicidad. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y área de tanques de almacenamiento de metanol producto

Fuera de la planta:

Radiación. En la colindancia sur-suroeste, terrenos de cultivo. En la colindancia este, vías del ferrocarril

Sobrepresión. No rebasa los límites de la planta

Toxicidad. En la colindancia este, vías del ferrocarril

Escenario E06. Fuga por ruptura total de la brida del tanque de metanol producto 9531T001A-C

Al interior de la planta:

Radiación. Tanques de almacenamiento de metanol producto, planta de metanol, quemador

Sobrepresión. Tanques de almacenamiento de metanol producto, Tanques de revisión y tanque de metanol fuera de especificación

Toxicidad. Tanques de revisión, tanque de metanol fuera de especificación, planta de metanol y tanques de almacenamiento de metanol producto

Fuera de la planta:

Radiación. En la colindancia sur-suroeste, terrenos de cultivo. En la colindancia este, vías del ferrocarril

Sobrepresión. No rebasa los límites de la planta

Toxicidad. En la colindancia este, vías del ferrocarril

Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto de metanol

Al interior de la planta:

Estación de bombas de metanol

Fuera de la planta:

Terrenos de cultivo y terrenos sin uso y sin infraestructura

Carretera Los Mochis-Topolobampo

Terminal Transoceánica de Topolobampo

Escenario E08. Fuga por el brazo de descarga

Al interior de la planta:

Radiación. Brazos de descarga

Sobrepresión. Brazos de descarga

Toxicidad. Brazos de descarga

Fuera de la planta:

Buque y Bahía de Ohuira

Escenario E09. Fuga por ruptura total del brazo de descarg

Al interior de la planta:

Radiación. Todas las instalaciones de Pacífico MEXINOL en el puerto

Sobrepresión. Brazos de descarga

Toxicidad. Brazos de descarga, bombas contra incendio y paquete de compresión de vapor

Fuera de la planta:

Radiación. Bodega de la Terminal Transoceánica de Topolobampo, buque y Bahía de Ohuira

Sobrepresión. Buque y Bahía de Ohuira

Toxicidad. Buque y Bahía de Ohuira

Escenario E10. Fuga total de cilindro de cloro

Al interior de la planta:

Planta de Japama, almacén de químicos, cuarto de control, taller, servicios 1 (torre de enfriamiento, cisterna de agua contra incendio), servicios 2 (subestación principal), planta de metanol y Unidad de Separación de Gases del Aire

Fuera de la planta:

En la colindancia norte-oeste, terrenos de cultivo. En la colindancia sur-este, terrenos de cultivo, terrenos sin uso o infraestructura y vías del ferrocarril

Escenario E11. Fuga por el tubing a eyector

Al interior de la planta:

Planta de Japama, almacén de químicos, servicios 1 (torre de enfriamiento)

Fuera de la planta:

No se rebasan los límites de la planta

Escenario E12. Fuga por ruptura total del tubing a eyector

Al interior de la planta:

Planta de Japama, almacén de químicos, cuarto de control, taller, servicios 1 (torre de enfriamiento, cisterna de agua contra incendio), servicios 2 (subestación principal), planta de metanol y Unidad de Separación de Gases del Aire

Fuera de la planta:

En la colindancia norte-oeste, terrenos de cultivo. En la colindancia sur-este, terrenos de cultivo, terrenos sin uso o infraestructura y vías del ferrocarril

IV.2. RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO

PACÍFICO MEXINOL, S. DE R.L. DE C.V., propone construir una unidad de producción de Metanol de 5,000 ton por día, la planta Pacífico MEXINOL, ubicada en el Municipio de Ahome, dentro del Corredor industrial Los Mochis - Topolobampo, Sinaloa, México. El producto final de la planta, Metanol, se cargará en barcos en el Puerto de Topolobampo. El proyecto consiste en la producción de metanol, a partir de gas natural, la producción de gas de síntesis, la obtención de metanol, su destilación y su comercialización.

La planta de Pacífico MEXINOL está conformada por las siguientes instalaciones:

1. Línea de suministro de gas natural
2. Edificios
3. Almacenamiento de Metanol (Patio de Tanques)
4. Líneas de metanol y de nitrógeno
5. Área del Puerto

Las sustancias peligrosas que se utilizaran en cantidades mayores a las de reporte son: metanol y cloro.

Para la identificación de peligros se utilizaron las metodologías HAZID para el proceso de metanol y HAZOP para el proceso de Cloración de agua. De acuerdo con los resultados obtenidos, se identificaron los siguientes escenarios potenciales de riesgo:

Tabla 46. Escenarios de riesgo identificados

No.	Escenario
E01	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E02	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E03	Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E04	Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003, por sobre presión debido a línea de ventilación bloqueada
E05	Fuga por orificio de 20% (7.2") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada
E06	Fuga por ruptura total (36") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C, debido a sobre presión por línea de ventilación bloqueada
E07	Fuga por ruptura total (28") del ducto de metanol por corrosión, golpe de ariete o daño externo
E08	Fuga por orificio del 20% del brazo de descarga por movimiento del barco
E09	Fuga por ruptura total del brazo de descarga por movimiento del barco

No.	Escenario
E10	Fuga total de cilindro de cloro, por golpe externo
E11	Fuga por orificio del 20% (1.9 mm) del tubing a eyector por golpe externo
E12	Fuga por ruptura total (9.52 mm) del tubing a eyector por golpe externo

Para la jerarquización de los riesgos identificados se utilizó la matriz de riesgos publicada por PEMEX, en el documento 800-16400-DCO-GT-75. Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso.

Para determinar los radios potenciales de afectación de los escenarios descritos, se utilizó el programa de simulación Phast (Process Hazard Analysis Software Tools), ver. 6.6; desarrollado por la compañía Det Norske Veritas (DNV).

De acuerdo con los resultados obtenidos, los escenarios con mayores radios de afectación de alto riesgo, son: por incendio y explosión, Fuga de metanol por ruptura total del brazo de descarga por movimiento del barco y por nube tóxica, Fuga de cloro por ruptura total del tubing a eyector por golpe externo.

IV.3. INFORME TÉCNICO

El Informe técnico se presenta en el **Anexo 8**.

V. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1 Planos de localización

En la figura 3, se muestra la localización del proyecto y en el **Anexo 1**, se presenta el plano correspondiente.