



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LAS
CONDICIONES DE
SEGURIDAD DE UNA PLANTA
PETROQUÍMICA**

TESINA

Que para obtener el título de
INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A

CRISTINO SALAZAR CRUZ

DIRECTOR DE TESINA

ING. VICTORIANO ANGÜIS TERRAZAS



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DE UNA PLANTA PETROQUÍMICA

Introducción.....	4
Planteamiento del problema.....	7
Objetivo.....	7
Alternativas de solución.....	8
1 Marco normativo.....	9
1.1 Normas de la STPS.....	9
2 Antecedentes de la organización estudiada.....	14
2.1 Aspectos generales de la petroquímica.....	14
2.2 Localización.....	15
2.3 Croquis de la instalación.....	17
2.4 Sismicidad.....	18
2.5 Integración de plantas de proceso.....	21
3 Política de seguridad, salud en el trabajo y protección ambiental.....	30
3.1 Política.....	30
3.2 Principios.....	30
3.3 En visitas a las instalaciones.....	31
3.4 Avisos de niveles de emergencia.....	31
3.5 Planes y respuestas a emergencias.....	32
3.6 Análisis de riesgos naturales.....	34
3.7 Protección contra incendio.....	36
3.8 Círculo de ayuda mutua.....	37
3.9 Abastecimiento de agua.....	38
4 Análisis de riesgos cualitativo de seguridad en la petroquímica.....	39
4.1 Documentos solicitados.....	39
4.2 Recorrido de inspección visual.....	40
4.3 Pruebas en sistemas de mitigación contra incendios.....	40
4.4 Documentos analizados en sistemas contra incendios.....	42

4.5 Inspección en cuartos de control.....	42
4.6 Medición de índices de explosividad	43
5 Análisis y evaluación de riesgos mediante el método Mosler.....	45
5.1 Riesgos definidos	48
5.2 Evaluación y clasificación de riesgos	49
5.3 Jerarquización de riesgos	51
5.4 Simulación de explosión en equipos críticos (evento de mayor riesgo)	52
6 Análisis económicos y resultados.....	57
Actividades realizadas en el trabajo	64
Conclusiones	65
Anexos	66
Anexo 01.- Anexo fotográfico	66
Anexo 02.- Factores de Chilton.....	68
Anexo 03. - Factores de Peters & Timmerhause	69
Bibliografía	70

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DE UNA PLANTA PETROQUÍMICA

Introducción

En una planta petroquímica se manejan en su mayoría materiales inflamables, tóxicos y explosivos, que si se relacionan con un mal manejo por parte del personal, las actividades dentro de la planta, ya sea transporte o almacenamiento de los productos, se encuentran sujetos de manera constante a accidentes y enfermedades.

Dentro del análisis de las condiciones de seguridad, es importante verificar el mantenimiento proporcionado a la infraestructura de los distintos procesos, así mismo, a las instalaciones, y a sus dispositivos de seguridad con los que cuentan, para determinar su estado y eficiencia. El análisis no solo se hace en el interior, sino que también se efectúa al exterior de la planta, debido a la existencia de otras industrias cercanas las cuales pueden afectar, o bien ser afectados a la hora de algún siniestro inesperado, y de grandes magnitudes.

Para este análisis es necesario utilizar técnicas, como el método Mosler, lista de verificación y efectuar una simulación para identificar la dimensión del suceso y priorizar los diferentes elementos en los cuales existen problemas, por último, se emiten las propuestas a realizarse, para llevar a cabo su ejecución.

Este estudio está enfocado en identificar las condiciones inseguras y hacer recomendaciones para una oportuna intervención. A continuación se describen brevemente algunos accidentes a nivel internacional y nacional con la finalidad de resaltar la importancia de las condiciones de seguridad.

A nivel internacional

El 13 de agosto 2015

China, Tianjin. Se produjeron fuertes explosiones en una bodega en la zona portuaria, situado en el noreste del país donde se almacenaban productos químicos como carburo de calcio, cianuro de sodio, nitrato de potasio, nitrato de amonio y nitrato de sodio. La tragedia dejó 121 muertos y varios centenares de heridos, además de causar destrucciones a gran escala.

El 25 de agosto del 2012

Venezuela, Amuay. Hubo una explosión, por una fuga de gas de una esfera de olefinas, causó la muerte de más de 40 personas, dejó un centenar de heridos y unas 1600 viviendas afectadas.

El 23 de mayo del 2011

Brasil, Rio de Janeiro. En la Unidad Industrial de Cloro Soda de Braskem, la mayor petroquímica de América Latina. Cinco obreros sufrieron heridas y 129 personas presentaron síntomas de intoxicación al romperse una tubería para el transporte de cloro.

El 15 de julio del 2009

Francia, Estrasburgo, Dos personas fallecieron y varias resultaron heridas a causa de una explosión en una unidad de vapocraqueo de la fábrica petroquímica operada por el gigante energético TOTAL.

El 23 de marzo del 2005

Estados Unidos, Texas. Hubo una explosión en la Refinería de British Petroleum, provocando la muerte de 15 personas y casi 200 heridos la explosión provocó daños por una suma de aproximadamente 1500 millones de dólares.

El 23 de octubre de 1989

Estados Unidos, Texas. Una serie de explosiones e incendios consecuenciales, ocurridos en la planta de Phillips Petroleum en Pasadena, ocasionaron uno de los balances más desastrosos de siniestros en la industria química. El accidente ocasionó la muerte de 23 personas, 130 heridos y destrucción casi total de la planta, produciendo daños estimados en 750 millones de dólares.

A nivel nacional

El 11 de agosto del 2015

Nuevo León, Santa Catarina y García. Maniobras con maquinaria ocasionaron rupturas en gasoducto de 24 pulgadas en el tramo Escobedo-Santa Catarina, lo cual dio origen a una explosión con un saldo de 16 muertos.

El 16 de diciembre del 2013

Veracruz, Coatzacoalcos. El horno BA-3201 de la planta reformadora BTX del complejo petroquímico Cangrejera, explotó en su interior y se deformó completamente en su exterior, la reparación tardó más de 17 días y el costo total de reparaciones fue de 28 millones de dólares.

El 19 de septiembre del 2012

Tamaulipas, Ciudad Reynosa. La explosión de un gasoducto provocó 33 trabajadores muertos y otros 46 lesionados. De acuerdo con Pemex el estallido se debió a una "sobrepresión en dos calentadores" de la planta que produce gasolinas.

El 30 de julio del 2011

Hidalgo, Tula de Allende. Ocurrió un incendio en los equipos C103, 3 y 4 durante el proceso de arranque de la planta reductora de viscosidad en la refinería Miguel Hidalgo dejó a dos trabajadores muertos y un lesionado.

El 07 de septiembre del 2010

Nuevo León, Cadereyta. Una fuga en el compresor 3800 de recirculación de hidrógeno de la planta hidrodesulfuradora de gasóleos de la refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa, provocó un incendio, que dejó un saldo de una persona muerta y diez heridos.

El 12 abril del 2009

Veracruz, Minatitlán. Una grúa que maniobraba en las instalaciones de Pemex se enganchó con cables de alta tensión y derribó un poste el cual cayó sobre tres trabajadores, el saldo fue de tres personas muertas.

El 23 de octubre del 2007

Campeche. Golfo de México. Dos plataformas marinas colisionaron, con un saldo de 18 muertos y 2 desaparecidos. Es uno de los mayores derrames de crudo en la historia del país.

El 17 de octubre del 2006

Veracruz, Coatzacoalcos. El incendio del buque tanque Quetzalcóatl, anclado en la Terminal Marítima de "Pajaritos", dejó ocho muertos, un desaparecido y 14 lesionados.

El 11 de marzo de 1991

Veracruz, Coatzacoalcos. Una explosión en la planta Clorados III, de Pajaritos, cobró la vida de seis personas según cifras oficiales. La explosión se originó, presuntamente, por la ruptura de una tubería de 8 pulgadas que transportaba gas. Las causas fueron, diversos errores humanos. Se invirtió 115 millones de dólares para reconstruirla.

El 03 de junio 1979

Campeche, Golfo de México. El pozo costa afuera Ixtoc I explotó, filtrando hasta 3 millones de barriles de crudo en el peor derrame mar adentro en la historia de América del Norte.

Planteamiento del problema

Los análisis de condiciones de seguridad en las plantas petroquímicas son imprescindibles, debido a los constantes riesgos humanos y naturales que podrían provocar incidentes o accidentes, precursores de consecuencias desastrosas con pérdidas humanas, materiales, económicas, políticas y sociales.

Por lo cual se deben identificar las principales fuentes de inseguridad (equipos, sustancias, procesos, otros.) que se tienen y a los cuales están expuestos en el interior de la planta, sus posibles causas y sus consecuencias, al mismo tiempo se deben analizar los riesgos provenientes del exterior.

Objetivo

Analizar los riesgos antrópicos (humanos) y los naturales a los que está expuesto la planta petroquímica e identificar las condiciones inseguras las cuales propician los accidentes y enfermedades, para proponer soluciones, las cuales ayuden a evitar, transferir, mitigar, aceptar riesgos.

Alternativas de solución

Las alternativas de solución están ligadas a los estudios de análisis de riegos, integridad mecánica, análisis causa raíz, análisis estructural, reporte de daños ocasionados por eventos geológicos e hidrometeorológicos, así como inspecciones de campo, levantamientos de características y especificaciones de maquinarias y equipos, análisis de costos, avalúos y gestión de proyectos, e implementación de técnicas como: Método Mosler, What if, lista de verificación, hazop (Análisis funcional de operatividad), FMEA (Análisis modo fallo y efectos). Para cumplir con los requerimientos solicitados en este trabajo se emplea el método Mosler para analizar y clasificar riesgos, tiene como objetivo identificar, analizar y evaluar los factores que pueden influir en la manifestación de los riesgos.

Es importante realizar estudios de manera periódica para analizar las condiciones de seguridad desde un punto de vista externo, dado a que se omiten, o se dejan de cumplir las recomendaciones efectuadas por el personal interno.

Que exista el real compromiso de la dirección con el responsable del administrador de la seguridad, además de tomar en cuenta las recomendaciones o sugerencias de las áreas involucradas.

Capacitar a todo el personal, para que sea capaz de identificar, así como, reportar las condiciones inseguras de la planta.

Contar con personal certificado en administración de seguridad para garantizar la seguridad e higiene en las instalaciones.

Las alternativas de solución, deberá de cumplir también con todas las normas y características que describe PEMEX, STPS (Secretaría de Trabajo y Previsión Social), para la industria petroquímica.

1 Marco normativo

De forma general, la regulación en materia laboral en las plantas petroquímicas se debe de cumplir con diversos ordenamientos en Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con la seguridad e higiene en el ámbito laboral en los centros de trabajo desarrollada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). Para el análisis de seguridad de una planta petroquímica es indispensable el cumplimiento de las siguientes normas.

Reglamento de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo. DOF 21-01-1997

Título Segundo - Condiciones de seguridad.

Capítulo Primero: Edificios y locales.

Capítulo Segundo: Prevención, protección y combate de incendios.

Capítulo Tercero: Equipo, maquinaria, recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas.

Capítulo Cuarto: Instalaciones eléctricas.

Capítulo Sexto: Manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general, y sustancias químicas.

Título Tercero - Condiciones de higiene.

Capítulo Primero: Ruido y vibraciones.

Capítulo Tercero: Sustancias químicas contaminantes sólidas, líquidas o gaseosas.

Capítulo Cuarto: Agentes contaminantes biológicos.

Capítulo Noveno: Equipo de protección personal.

Capítulo Decimoprimer: Servicios para el personal.

Capítulo Decimosegundo: Orden y la limpieza.

Título Cuarto - Organización de la seguridad e higiene en el trabajo.

Capítulo Segundo: Comisiones de seguridad e higiene en el trabajo.

Capítulo Tercero: Avisos y estadísticas de accidentes y enfermedades de trabajo.

Capítulo Cuarto: Programas de seguridad e higiene en el trabajo.

Capítulo Quinto: Capacitación.

1.1 Normas de la STPS

Las normas oficiales mexicanas emitidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social determinan las condiciones mínimas necesarias para la prevención de riesgos de trabajo y se caracterizan por que se destinan a la atención de factores de riesgo, a los cuales pueden estar expuestos los trabajadores., en la constancia de que no todas ellas aplican, se realiza un análisis. (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4)

Seguridad

Clave de la norma	Título de la norma	Publicación DOF	Entrada en vigor
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.	24-nov-08	23-ene-09
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.	09-dic-10	09-jun-11
NOM-004-STPS-1999	Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.	31-may-99	23-ago-99
NOM-005-STPS-1998	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.	02-feb-99	28-abr-99
NOM-006-STPS-2000	Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	13-sep-2000	02-ene-2001
NOM-009-STPS-2011	Condiciones de seguridad para realizar trabajos de altura.	06-may-11	08-ago-11
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.	27-dic-11	27-jun-12

Clave de la norma	Título de la norma	Publicación DOF	Entrada en vigor
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad	07-nov-08	06-ene-09
NOM-027-STPS-2008	Actividades de soldadura y corte - Condiciones de seguridad e higiene.	07-nov-08	06-ene-09
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.	29-dic-11	29-mar-12

Tabla 1 Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad

Salud

Clave de la norma	Título de la norma	Publicación DOF	Entrada en vigor
NOM-010-STPS-1999	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.	13-mar-00	23-nov-00
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.	17-abr-02	17-jun-02
NOM-024-STPS-2001	Vibraciones - Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	11-ene-02	10-jul-02
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	30-dic-08	02-mar-09

Tabla 2 Normas Oficiales Mexicanas de Salud

Organización

Clave de la norma	Título de la norma	Publicación DOF	Entrada en vigor
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal – Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	09-dic-08	09-feb-09
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.	27-oct-00	25-ene-01
NOM-019-STPS-2011	Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene.	13-abr-11	13-jul-11
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	25-nov-08	20-feb-09
NOM-028-STPS-2012	Sistema para la administración del trabajo – Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas.	06-sep-12	06-mar-14
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo – Funciones y actividades.	22-dic-09	22-mar-10

Tabla 3 Normas Oficiales Mexicanas de Organización

Producto

Clave de la norma	Título de la norma	Publicación DOF	Entrada en vigor
NOM-100-STPS-1994	Seguridad – Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida – Especificaciones.	08-ene-96	09-ene-96
NOM-102-STPS-1994	Seguridad – Extintores contra incendio a base de bióxido de carbono – Parte 1: recipientes.	10-ene-96	11-ene-96
NOM-113-STPS-2009	Seguridad – Equipo de protección personal – Calzado de protección – Clasificación, especificaciones y métodos de prueba.	22-dic-09	22-dic-10
NOM-115-STPS-2009	Seguridad – Equipo de protección personal – Cascos de protección – Clasificación, especificaciones y métodos de prueba.	22-dic-09	22-dic-10
NOM-116-STPS-2009	Seguridad – Equipo de protección personal – Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas – Especificaciones y métodos de prueba.	22-dic-09	25-dic-10

Tabla 4 Normas Oficiales Mexicanas de Producto

2 Antecedentes de la organización estudiada

Para el estudio de las condiciones de seguridad se desarrolla un caso en particular, en donde se aplicó un procedimiento que busca ser implementado en otras plantas petroquímicas. A continuación se describe de forma general la zona de estudio.

2.1 Aspectos generales de la petroquímica

El Complejo Petroquímico, inició operaciones en 1967, fue la primer planta de la industria petroquímica en México, se localiza a 7.5 Km. al sur de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz.

Sus plantas se utilizan para la producción de derivados clorados como lo son; el Dicloroetano y el Ácido Clorhídrico que aunado al Etileno, son materias primas para la producción de Cloruro de Vinilo, utilizado a su vez para la fabricación de P.V.C., fibras sintéticas tuberías, pisos vinílicos, perfiles, envases y juguetes; el Acetaldehido, como materia prima para la elaboración de Ácido Acético, Acetatos de Etilo y de Vinilo, y Butadieno entre otros, y cuenta con una planta para la elaboración de Metil terbutil éter(MTBE). Como subproducto se genera el ácido muriático del cual se obtienen solventes y productos de limpieza, y también es empleado en la industria acerera y en la extracción de petróleo.

En su conjunto el complejo petroquímico tiene capacidad de producción de más de un millón de toneladas anuales (T/A) de productos intermedios y finales, Esta industria tiene una gran demanda de cloro como materia prima el cual es producido por las empresas privadas Cloro de Tehuantepec e Industria Química del Istmo, que a su vez originan plantas para la obtención de sal industrial y sal comestible.

Este complejo sufrió un siniestro importante en 1991, causado por una fuga de producto en el rack multi-producto tipo cama adyacente a la petroquímica, se informó que la fuga de producto fue debida a una sobrepresión generada por el personal transportista del producto, no por la planta, en sí, se perdieron 115 MDD (millones de dólares) para poder restablecer su producción, la cual era de 200,000 ton/año.

Más adelante el complejo fue reconfigurado para llevar su producción a 400,000 ton/año del 2003 al 2005, con una inversión estimada en los 200 MDD, utilizando como tecnólogo al IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) y a la compañía GEON y como master contractor, a una compañía de España, para que en conjunto se desarrollara el estudio de Teesting Commisioning Survey solicitado por PEMEX

Años después de esta reconfiguración, no se logró llegar a la producción nominal, por diversas circunstancias.

Posteriormente se han venido realizando las reparaciones y mantenimientos mayores correspondientes, las últimas bajo responsabilidad de Pemex en el 2011 y 2012.

La cual fue certificada bajo las Normas Internacionales ISO: 9001:2008 e ISO: 14001:2004 así como Industria Limpia, misma con lo que fue nominada y ganadora del Premio Nacional de Calidad 2011.

2.2 Localización

El sitio de trabajo se encuentra ubicado en el estado de Veracruz, municipio de Coatzacoalcos (Figura 1).



Figura 1 Ubicación de la planta petroquímica

Partiendo de la Ciudad de Coatzacoalcos el acceso se realiza en dirección al Este tomando la Carretera Federal 180 Cárdenas-Coatzacoalcos, con dirección hacia Cárdenas.

Fisiografía

Fisiográficamente la zona se encuentra dentro de la Planicie Costera del Golfo, dentro de la cuenca de Veracruz y cubierta parcialmente por el campo volcánico de Los Tuxtlas.

La Geología local se encuentra cubriendo parcialmente a todas estas unidades, donde existen depósitos cuaternarios aluviales formados por grava y limo, depósitos eólicos

constituidos por arena de cuarzo, depósitos de litoral compuestos de cuarzo y magnetita, y depósitos en pantanos compuestos por limo y arcilla de color oscuro.

El uso común o regular del suelo en el predio es de uso industrial, esto tomando como referencia la cartografía existente del programa de ordenamiento urbano de la zona conurbada a la cual pertenece, y el programa de ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos

El cuerpo de agua colindante es utilizado para navegación marítima.

El predio en estudio, cuenta con todos los servicios básicos como vías de acceso terrestres principales, y servicios de apoyo como electricidad, líneas telefónicas e internet.

2.3 Croquis de la instalación

Las instalaciones de la planta petroquímica se muestran en forma general a continuación. (Figura 2)

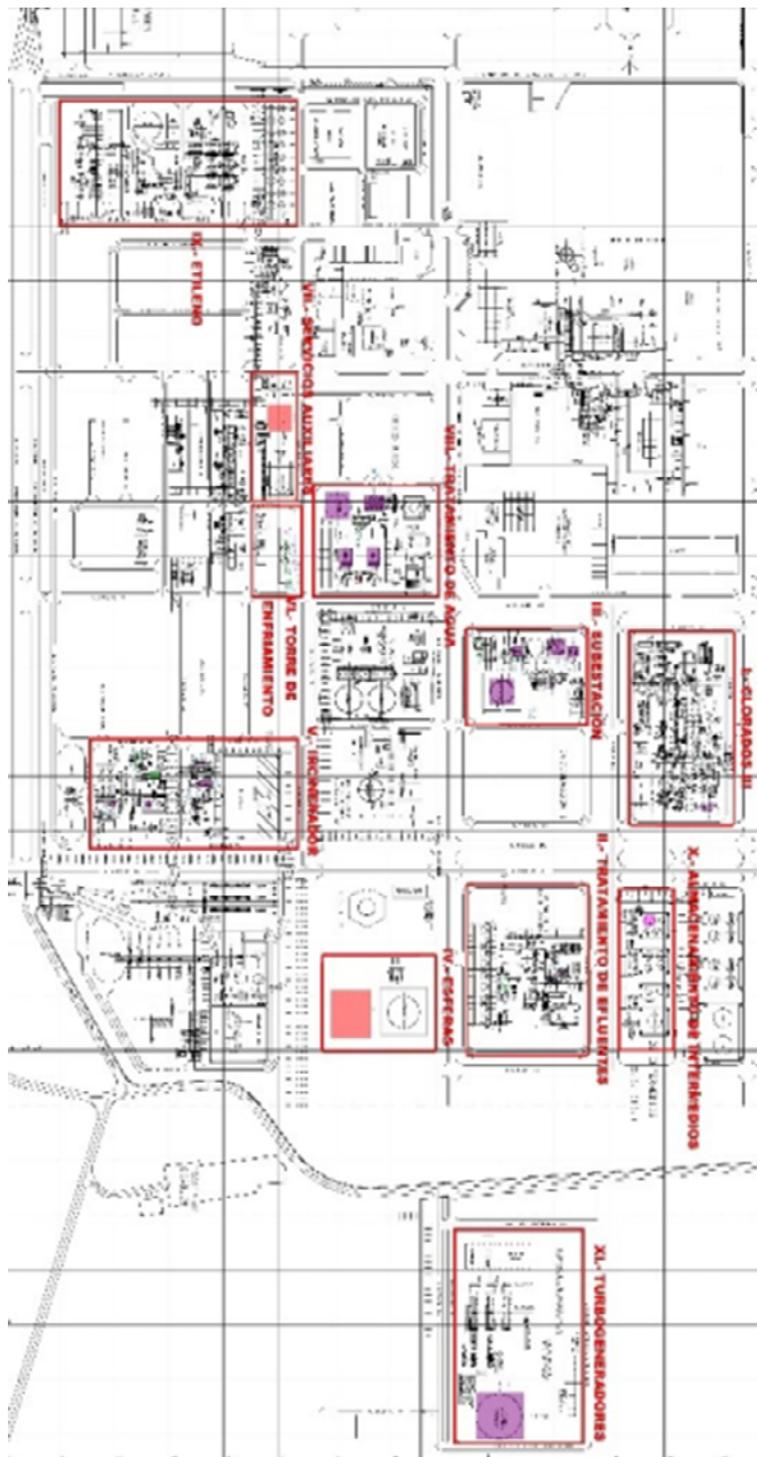


Figura 2 Croquis de la instalación

2.4 Sismicidad

El estado de Veracruz se encuentra ubicado en la zona sísmica B de la Regionalización Sísmica de la República Mexicana. La sismicidad en el estado se debe principalmente a la interacción de las placas tectónicas de “Norteamérica” y la de “Cocos”, cuya frontera se localiza frente a las costas del Pacífico, desde Nayarit hasta Chiapas. Entre ambas placas se produce un fenómeno de “subducción”, donde la placa de “Cocos” se desliza por debajo de la placa de “Norteamérica”, este fenómeno origina esfuerzos en las rocas con las subsecuentes, ruptura súbita de energía, en forma de sismos que llegan a desplazarse hasta kilómetros desde el origen. El Municipio de Coatzacoalcos presenta un riesgo sísmico medio con un grado de intensidad máxima de 5 en la escala de Richter. Se han registrado sismos de poca intensidad, como el que se presentó en enero de 2012 con magnitud de 4.9° en la escala de Richter, con epicentro a 9 kilómetros al oeste del municipio de Coatzacoalcos y 57 kilómetros de profundidad. Localmente no se reconocen áreas o micro zonas de mayor vulnerabilidad sísmica, por lo que atendiendo a la relación que existe entre la sismicidad y las fallas geológicas el estado de Veracruz está considerado como de riesgo sísmico medio (Figura 3).

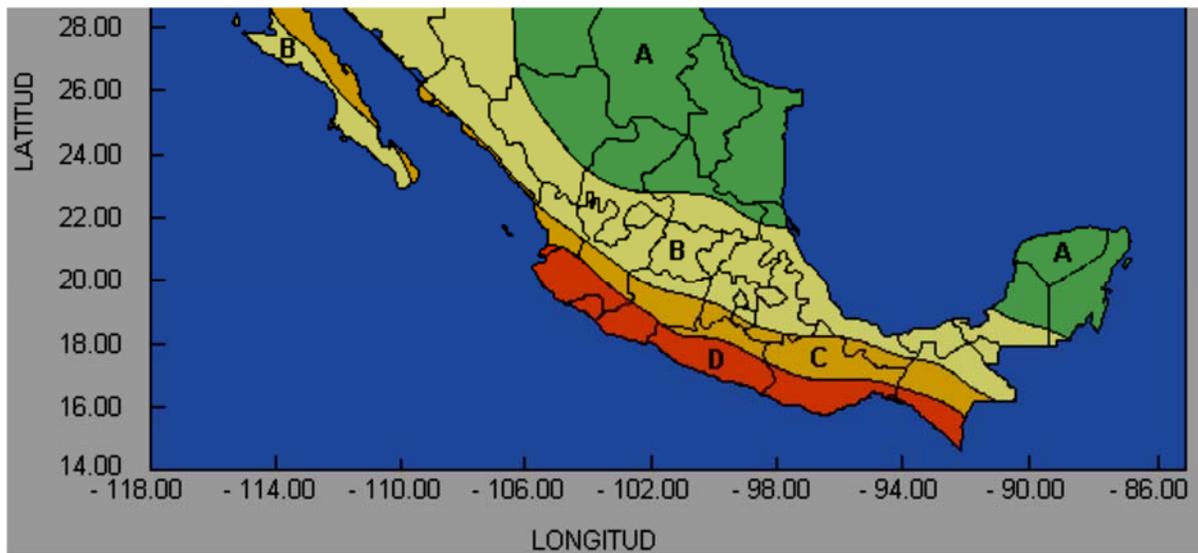


Figura 3 Regionalización Sísmica de la República Mexicana

Organigrama general

La planta petroquímica está organizada de acuerdo a los siguientes organigramas. Ver. Figura 4, Figura 5, Figura 6.

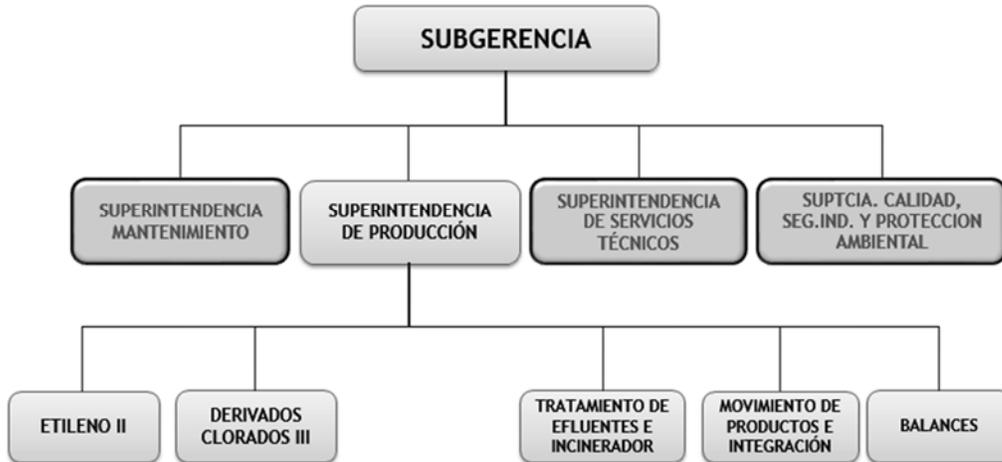


Figura 4 Organigrama general

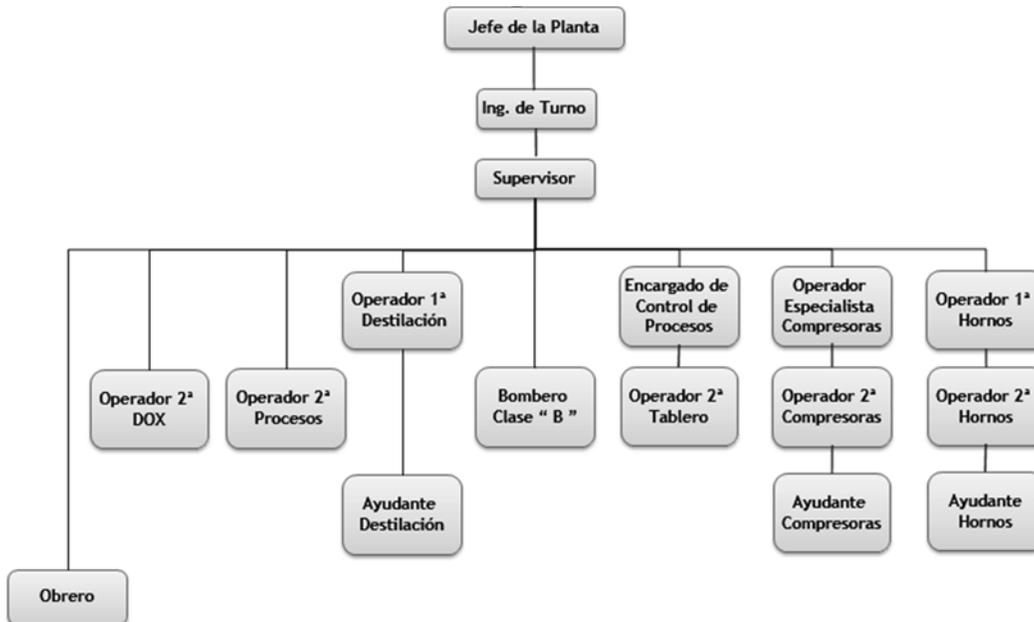


Figura 5 Organización planta etileno

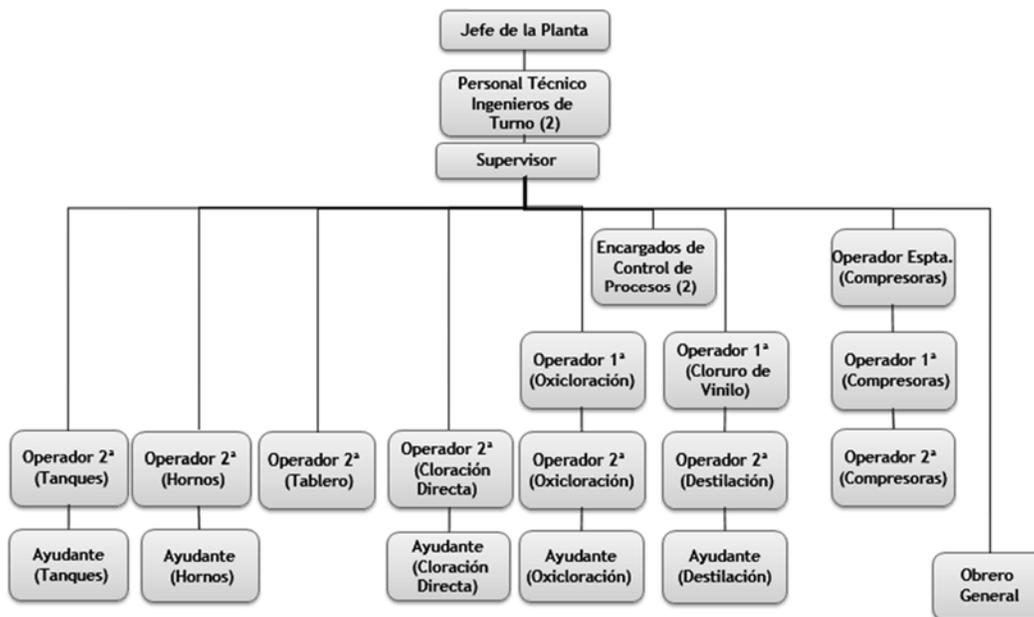


Figura 6 Organización planta DC - III

En general el complejo petroquímico cuenta con (Tabla 5)

Personal de la petroquímica	
Empleados administrativos	117
Obreros en planta	2,256
Los Turnos de trabajo son:	
Lunes a Viernes:	24 horas/día
Sábado:	24 horas/día
Domingo:	24 horas/día
Semanas / año:	52
Todos ellos cuentan con uniforme	
Cuentan con permisos de trabajos:	
Fuego abierto	
Espacio confinado	
Apertura de sistemas	

Tabla 5 Personal de la petroquímica.

2.5 Integración de plantas de proceso

La integración de las plantas de procesos que pertenecen al complejo petroquímico se representa en la Figura 7.

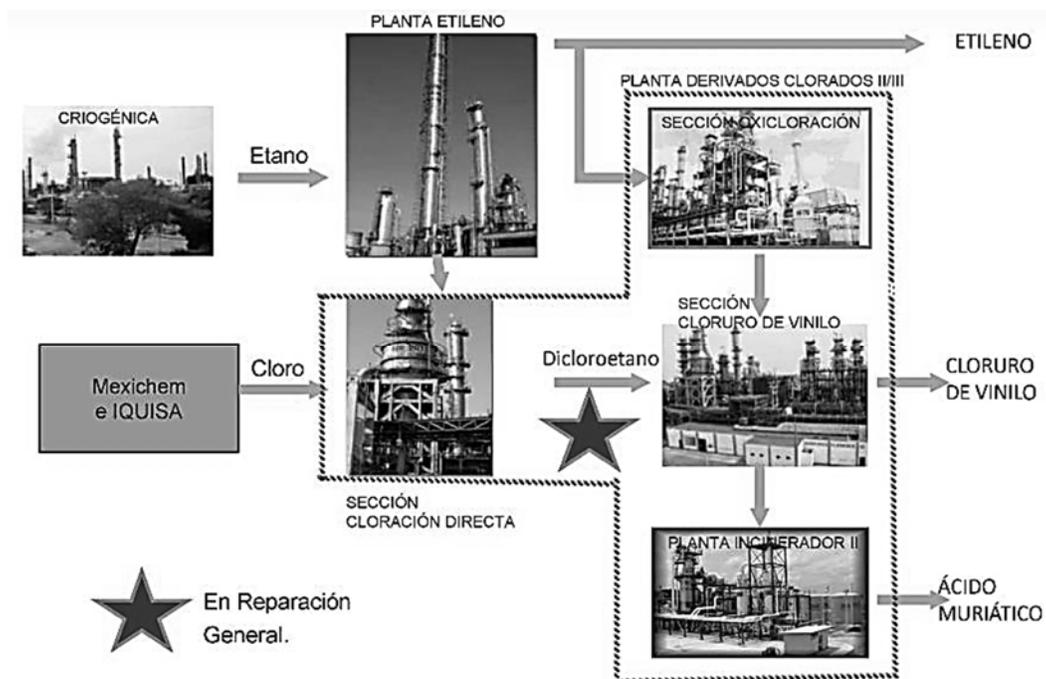


Figura 7 Integración de plantas de proceso

La capacidad instalada para el 2014 está dada en 4 plantas principales (Tabla 6), las cuales son descritas de forma general a continuación.

Etileno	MVC
Licuado de Etileno	395 050 T/A
172 450 T/A	Cogeneración
Incinerador II	
Ácido Muriático	Energía Eléctrica
119 000 T/A	133 500 MW/A
Derivados Clorados II / III	Planta derivados clorados III.

Tabla 6 Capacidad instalada.

La Planta Derivados Clorados III tiene como función la producción de monómero de cloruro de vinilo (MCV), utilizando el proceso de desintegración térmica del dicloroetano (DCE), el cual se produce en la planta por oxidación y cloración directa del etileno. El ácido clorhídrico (HCl), subproducto de la desintegración térmica (pirólisis) del dicloroetano (DCE), se envía a la unidad de oxiclación para producir DCE. La planta está dividida por

unidades de operación, desde la Unidad-100 hasta la Unidad-900 (Figura 8), como describe a continuación

- ✓ Unidad 100: Oxidación.
- ✓ Unidad 200: Lavado de Dicloroetano (DCE).
- ✓ Unidad 300: Purificación de DCE.
- ✓ Unidad 400: Pirólisis de DCE (Producción de Vinilo).
- ✓ Unidad 500: Purificación de Vinilo (MCV).
- ✓ Unidad 600: Cloración directa.
- ✓ Unidad 700: Catod.oxid.
- ✓ Unidad 800: Tratamiento de efluentes.
- ✓ Unidad 850: Quemador de gases de venteo.
- ✓ Unidad 900: Neutralización de ácidos.

La planta cuenta con Unidades de Proceso que se localizan fuera de su área como lo son: Almacenamiento Intermedio, Tratamiento de Efluentes y el Quemador de Gases.



Figura 8 Planta de derivados clorados III. Conformada por las distintas unidades de proceso de la U-100 a la U-900.

Planta de etileno II

La Planta de Etileno II se ubica en la esquina Suroeste del predio, sobre una superficie aproximada de 17,200 m² (Figura 9). Inició operaciones en 1972, se actualizó su sistema de controles mediante un software computacional en 2003, está constituida por cinco unidades de proceso.



Figura 9 Torre demetanzadora y Torre deetanizadora.

Sección de refrigeración con propileno

Suministra refrigerante por control de temperatura en el lado de proceso. La temperatura del proceso se mantiene a 16°C . En las etapas intermedia se obtiene condensado usando vapores de refrigerante al nivel de -20°C en el vaporizador de etileno producto, al nivel de 2°C en el rehervidor de la fraccionadora de etileno, y al nivel de 16°C en el rehervidor de la torre demetanzadora.

Sección de refrigeración con etileno.

El sistema de refrigeración con etileno se usa para suministrar las temperaturas más bajas de refrigeración. El nivel de temperatura más frío -101°C suministra refrigeración para la temperatura requerida en el tren de subenfriamiento de la alimentación de la demetanzadora, para el condensador de la demetanzadora, y para el subenfriamiento final de etileno producto, antes de enviarse a los tanques de almacenamiento.

El nivel de temperatura de -73°C proporciona subenfriamiento para el tren de subenfriamiento de la alimentación a la demetanzadora y subenfriamiento a del etileno producto.

Planta eléctrica

La Planta Eléctrica está ubicada en el extremo Oriente, cuenta con tres turbogeneradores, la energía eléctrica se genera a 13.8, 60 Hz, y se distribuye con el mismo nivel de voltaje a las subestaciones.

Los tres turbogeneradores son de ciclo simple (sin recuperador de calor), con una capacidad de generación real de 54 MW (millones de watts), con una eficiencia de diseño de 27.7 % real de 20.2 %.

Los turbogeneradores están formados cada uno por una turbina de gas acoplada al generador eléctrico de corriente alterna (ca), con capacidad nominal de 29.6 MVA de

potencia base cada uno, operando de manera continua 2 unidades y descansando una de manera alternada, manteniendo un sistema de generación de 27.2 MVA, de los cuales 12.4 son cedidos a Comisión Federal de Electricidad, con voltaje de suministro de 13.8 KV (Kilo-voltios) (Figura 10).

Planta Mexicana de Vinilo (PMV), genera energía eléctrica por medio de cogeneración, siendo un sistema nuevo, espera obtener beneficios económicos estimados de 12.7 MM USD/ anuales, y disminuir sus emisiones atmosféricas, dejando de emitir 92,000 toneladas anuales de bióxido de carbono, ahorrando 1500 MMPC de gas al año, produciendo 633,500 toneladas de vapor para proceso al año Figura 10. Envía a Comisión Federal de Electricidad 12.4 MW (millones de watts); aproximadamente 107,136 MWH/año (millones de watts hora por año), esto como resultado de la recuperación de calor de los gases de escape de los turbogeneradores, el costo del proyecto fue de 12.3 MMUSD.

El proyecto cogeneración consistió en la instalación de recuperadores de calor en dos de los tres turbogeneradores aprovechando la energía térmica de los gases de escape para producir aproximadamente 45 ton/hr de vapor a 45 Kg/cm², en cada uno, para suministrarlo a las plantas de proceso, elevando la eficiencia térmica en el uso del gas de 20.2% a más del 70%. Por otro lado se cuenta con la opción de alimentarlos con gas combustible para obtener fuego adicional e incrementar a 90 ton/hr de vapor, por recuperador de calor, para un total de 180 ton/hr.

En caso de falla de los recuperadores, estos cuentan con un sistema que automáticamente desviaría los gases de escape, permitiendo la operación continua de los turbogeneradores con ciclo abierto, término cogeneración. La cogeneración consiste en la producción simultánea o secuencial de energía mecánica y térmica a partir de una misma fuente de energía. Esto es diferente a producir electricidad o energía térmica con un sistema convencional. Los sistemas de cogeneración convierten la energía contenida en el combustible, en dos tipos de energías utilizables por la industria: energía mecánica y energía térmica.



Figura 10 Área de Turbogeneradores. Planta de fuerza con sistema de cogeneración de energía eléctrica

Área de tratamiento cal-carbonato en caliente

Capacidad de 450 m³/hr, consta de una Torre con compartimentos internos, cinco filtros de Antracita de 90 gpm, cinco suavizadores con Zeolitas de 90 gpm cada uno y un sistema de regeneración de Suavizadores con Salmuera.

Tratamiento de vapor

El área de generación de vapor recibe el agua desmineralizada en el deareador para eliminar los gases disueltos tales como el oxígeno y el CO, a través de un sistema de bombeo es enviado a las calderas de generación de vapor de 45.3 kg/cm² y de 19.5 kg/cm² este vapor es enviado a las plantas de proceso y después de efectuar su trabajo es retornada una parte como condensado al tanque de almacenamiento TV-234 la otra parte de condensado la utilizan las plantas de proceso (Figura 14 y Figura 15).

Planta eléctrica

La planta eléctrica consta de tres turbogeneradores de gas de 20 MW de capacidad cada una, se utiliza gas combustible el cual se quema y los gases calientes mueven una turbina generando a través de un sistema de excitación la energía eléctrica a 13800 Volts, esta energía alimenta a todo el centro de trabajo en las cuales se encuentran (Figura 16 y Figura 17).

Incinerador II

La función principal del incinerador es destruir compuestos orgánicos líquidos de desecho. El incinerador tiene una eficiencia de destrucción del 99%, este proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

Todas las corrientes que alimentan al Incinerador II son líquidas; la de clorohidrocarburos pesados se introduce al sistema a través del quemador, mientras que del Complejo Petroquímico (C. P.) la Cangrejera se inyecta Crotonaldehido directamente en la cámara de incineración, después del quemador. El sistema del incinerador está diseñado principalmente para la destrucción de desechos líquidos exotérmicos. El sistema también es capaz de tratar desechos gaseosos durante períodos cortos de tiempo. Sin embargo, el sistema no está diseñado para quemar desechos líquidos y gaseosos simultáneamente.

En todo el proceso solo ocurre la reacción de combustión, que es la combinación de los distintos hidrocarburos clorados con oxígeno, con aire como comburente. En un principio, la temperatura de operación en el incinerador se alcanza quemando gas natural, cuando se alcanza la temperatura en que la combustión es auto-sostenida se suspende el flujo de gas natural.

Recuperación de ácido clorhídrico (hcl) y sistema de control de emisiones

Los gases del sistema de incineración contienen considerables cantidades de ácido clorhídrico y cloro elemental. Para facilitar el tratamiento de estos gases (exhaust) en

sistemas posteriores, éstos deben ser enfriados a temperaturas cercanas a la de saturación (60 – 90 °C) siguiendo inmediatamente a la incineración. Finalmente cualquier presencia de cloro molecular en los gases de la chimenea debe ser removida (Figura 11).

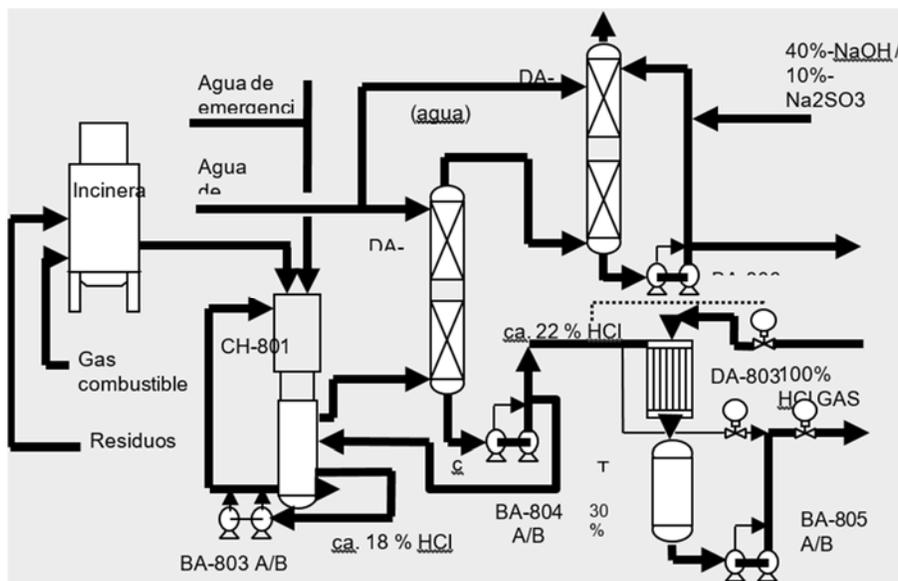


Figura 11 Recuperación de hcl

El proceso de enfriado y el proceso para la recuperación del ácido clorhídrico cumplen con el requerimiento de todo los estándares actuales de emisión internacionales.

Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares de la petroquímica se dividen en tres secciones las cuales se enumeran a continuación:

- ✓ Tratamiento de aguas
- ✓ Generación de vapor
- ✓ Generación eléctrica

Tratamiento de aguas

El agua cruda que abastece proviene del Río Uxpanapa, proporcionado por CONAGUA, a la presa cangrejera y posteriormente a vasos de asentamiento, a través de bombeo es enviada a tanques de almacenamiento TV-234 y TA-1. A estos tanques se tiene la acceso solo en casos de contingencia por falla, el agua cruda fluye a pre-tratamiento de aguas, torres de enfriamiento (solo si se requiere) y a plantas de proceso, la red de contra incendio es alimentada también del tanque TV-234, se tiene un disparo de la línea que abastece al TV-234 que va a Terminal Marítima y a la red de contra incendio (Figura 12). Las principales unidades que forman esta área son (Figura 13):

Área de pre tratamiento

Cuenta con dos clarificadores de 5000 gpm cada uno, un tanque de almacenamiento de agua clarificada de 950 m³ de capacidad, ocho filtros atmosféricos de arena sílica con una capacidad de 1250 gpm cada uno, tres filtros a presión de carbón activado con una capacidad de 410 gpm cada uno, una batería de tres bombas con servicio hacia el área desmineralizadora, una batería de cuatro bombas con servicio a las torres de enfriamiento, un edificio de reactivos con almacenamiento, preparación y dosificación de cargas con sus respectivos tanques y sistema de dosificación.

Área desmineralizadora

Consta de 4 trenes de desmineralización formados por un catión y un anión con capacidad de 500gpm cada uno, una torre desgasificadora con capacidad de 1500gpm, dos bombas de servicio hacia aniones de 340 m³/hr, un sistema de regeneración para cationes y uno para aniones, dos tanques de almacenamientos de agua desmineralizada y condensado de 30,000 y 10,000 barriles, respectivamente.

Áreas de torres de enfriamiento

Se cuenta con las siguientes tres torres de enfriamiento las cuales han sido recientemente rehabilitadas en su estructura física:

Torre de flúor.- Da servicio a la planta etileno II, tiene una capacidad de 90,000gpm, cuenta con un sistema de tratamiento químico con adición de reactivos.

Torre marley.- Da servicio a la planta incinerador II y planta criogénica, tiene una capacidad de 30,000gpm.

Torre pritchard.- Da servicio a la planta derivados clorados III, tiene una capacidad de 90,000gpm, cuenta con un sistema de tratamiento químico con adición de reactivos.

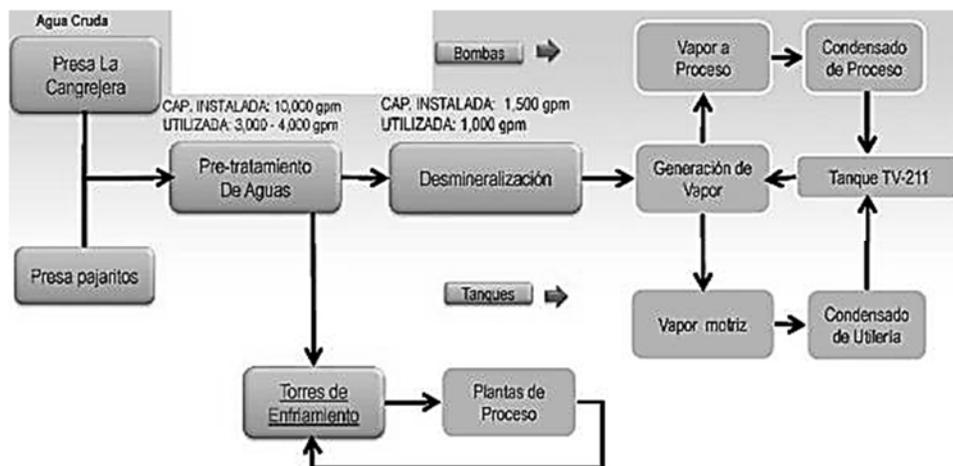


Figura 12 Proceso tratamiento de aguas

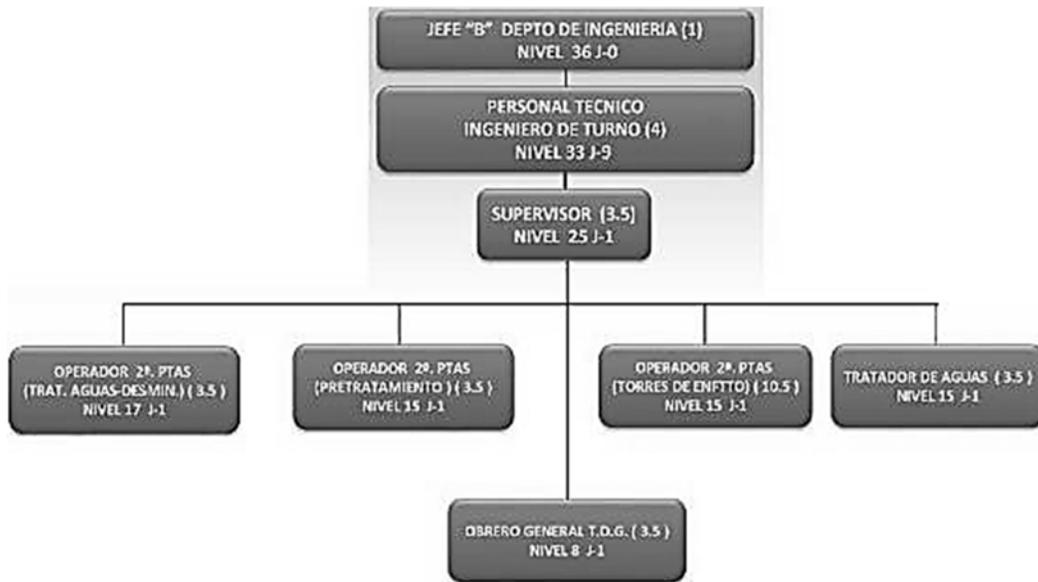


Figura 13 Organización planta tratamiento de aguas

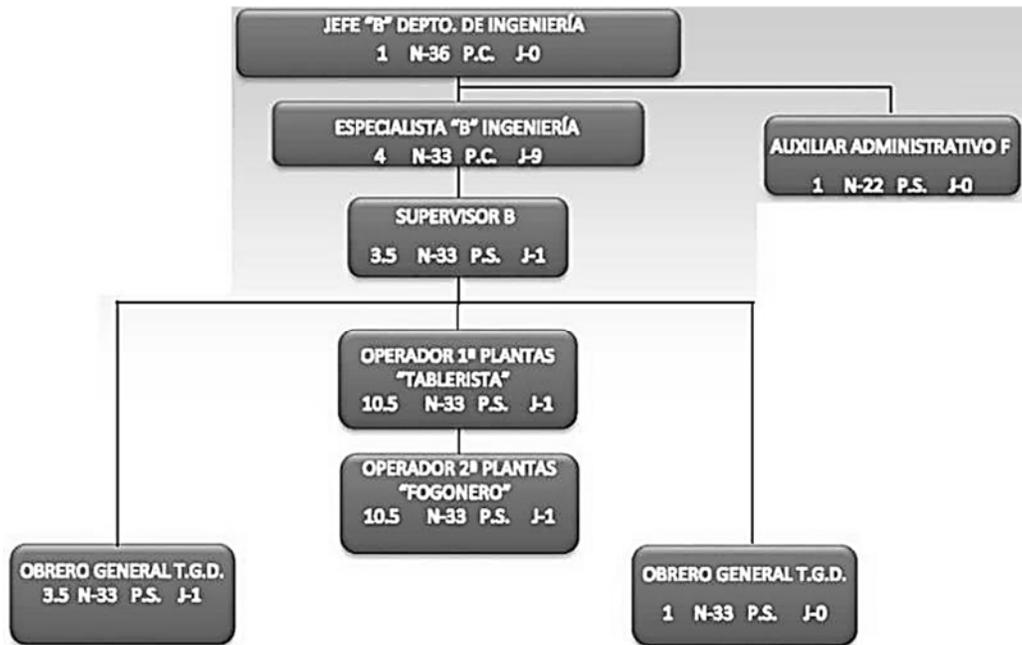


Figura 14 Generación de vapor

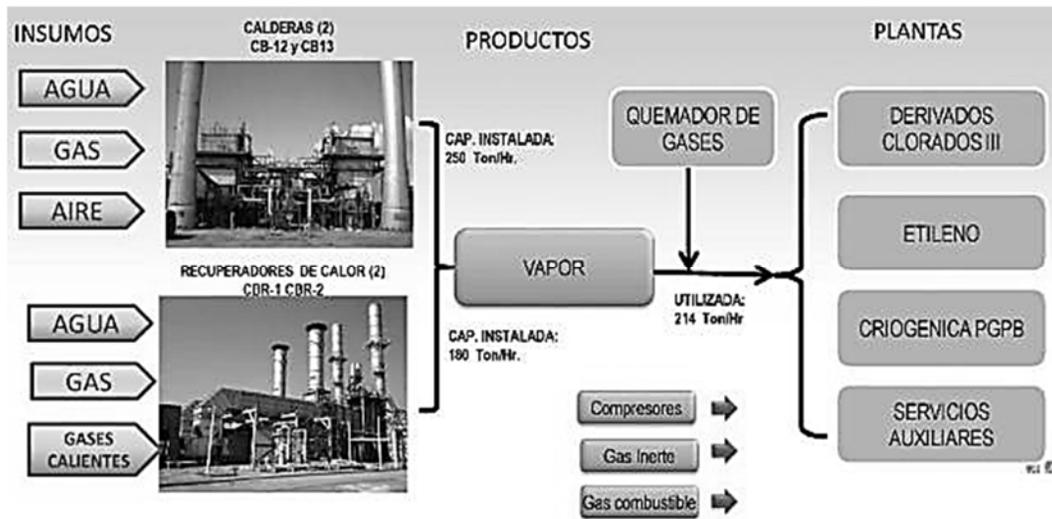


Figura 15 Proceso generación de vapor

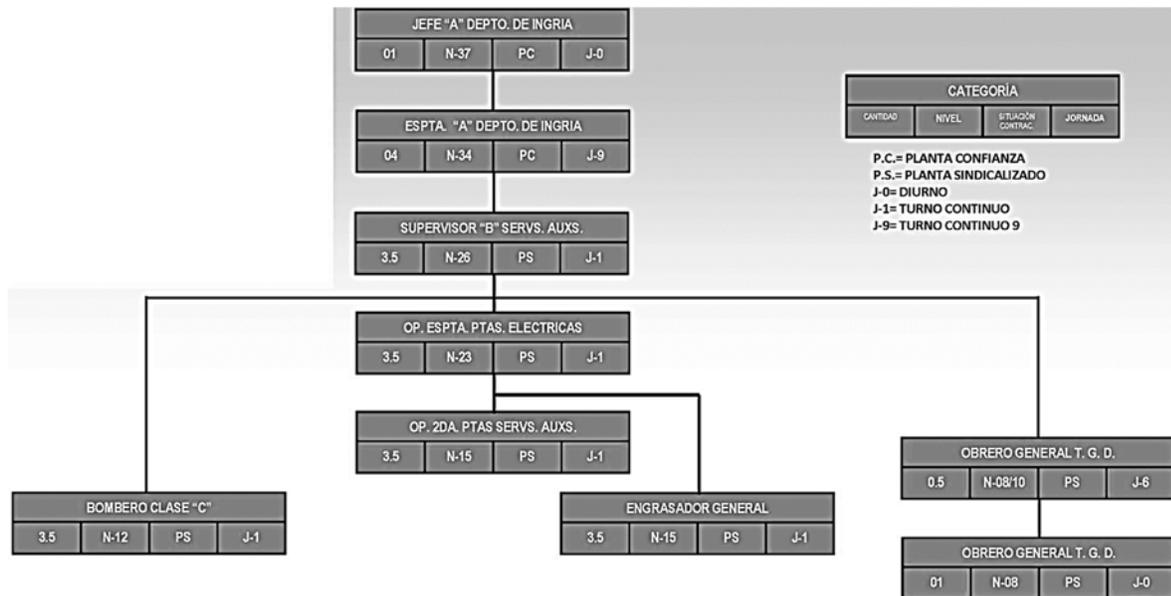


Figura 16 Organización planta eléctrica

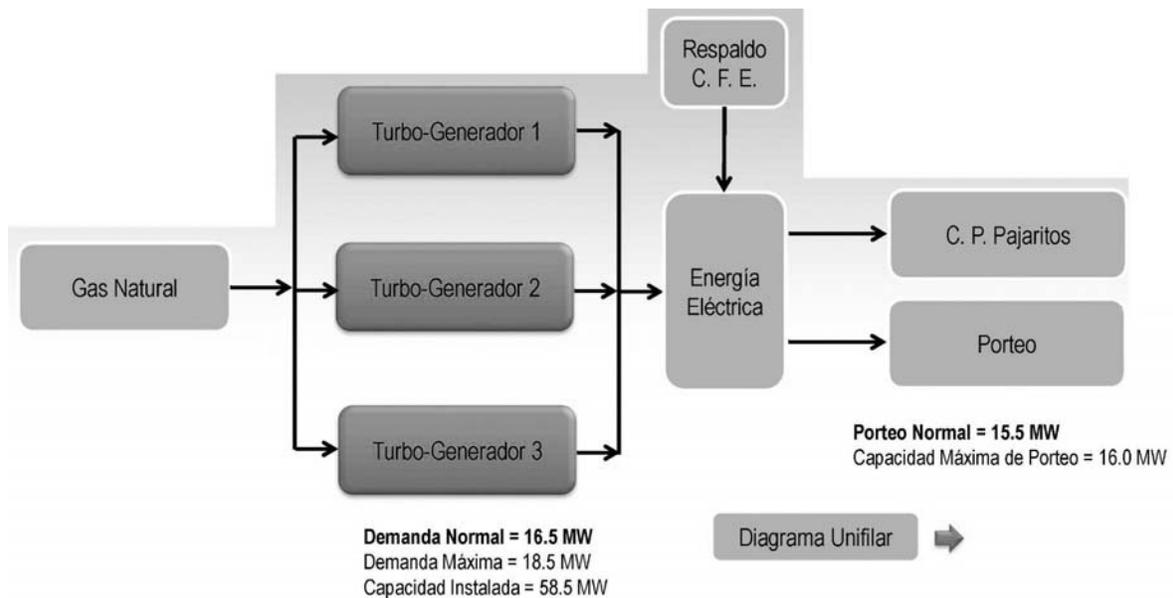


Figura 17 Proceso generación eléctrica

3 Política de seguridad, salud en el trabajo y protección ambiental

Las principales políticas y principios que rigen la planta petroquímica son los establecidos por Petróleos Mexicanos

3.1 Política

Petróleos Mexicanos es una empresa eficiente y competitiva, que se distingue por el esfuerzo y el compromiso de sus trabajadores con la Seguridad, la Salud en el trabajo y la protección ambiental, mediante la administración de sus riesgos, el cumplimiento normativo con disciplina operativa y la mejora continua.

3.2 Principios

La Seguridad, Salud en el trabajo y Protección Ambiental son valores de la más alta prioridad para la producción, el transporte, las ventas, la calidad y los costos.

Todos los incidentes y lesiones se pueden prevenir.

La Seguridad, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental son responsabilidad de todos y condición de empleo.

En Petróleos Mexicanos, nos comprometemos a continuar con la protección y el mejoramiento del medio ambiente en beneficio de la comunidad.

Los trabajadores petroleros estamos convencidos de que la Seguridad, Salud en el trabajo y Protección Ambiental son en beneficio propio y nos motivan a participar en este esfuerzo.

3.3 En visitas a las instalaciones

Para la visita a las instalaciones, es obligatorio utilizar el equipo básico de seguridad, el cual consiste en:

- ✓ Casco.
- ✓ Goggles.
- ✓ Ropa de algodón.
- ✓ Protección auditiva.
- ✓ Equipo de escape (mascarilla de respiración)

Es obligatorio hacerse acompañar por personal autorizado, mismo cuál será su coordinador de evacuación.

Respetar los avisos y señalamientos de seguridad.

No está permitido el uso de cámaras fotográficas, cámaras de video y teléfonos celulares en plantas de proceso sin autorización.

Está prohibido encender fósforos, encendedores y fumar dentro de las instalaciones.

Portar una identificación oficial a la vista, Personal de seguridad física por rutina efectúa revisiones al entrar o salir, por lo que solicitamos se identifique y permita la revisión.

Los miércoles a las 11:00 A.M Se realizan pruebas al sistema de voceo y alarmas

3.4 Avisos de niveles de emergencia

Aviso de emergencia nivel 1

Atención, atención, tenemos un estado de emergencia nivel I, suspendan sus actividades de inmediato y procedan de acuerdo a las indicaciones del plan de respuesta a emergencias, repetimos, esta es una emergencia nivel I.

Avisos de emergencia nivel 2

Atención, atención, tenemos un estado de emergencia nivel II, suspendan sus actividades de inmediato y procedan de acuerdo a las indicaciones del plan de respuesta a emergencias, repetimos, esta es una emergencia nivel II.

Avisos de emergencia mayor

Atención, atención, tenemos una emergencia mayor, favor de evacuar la instalación siguiendo las rutas de escape que lo lleven al punto de reunión más cercano, repetimos, esta es una emergencia mayor favor de evacuar la instalación.

Información básica de seguridad (Figura 18)

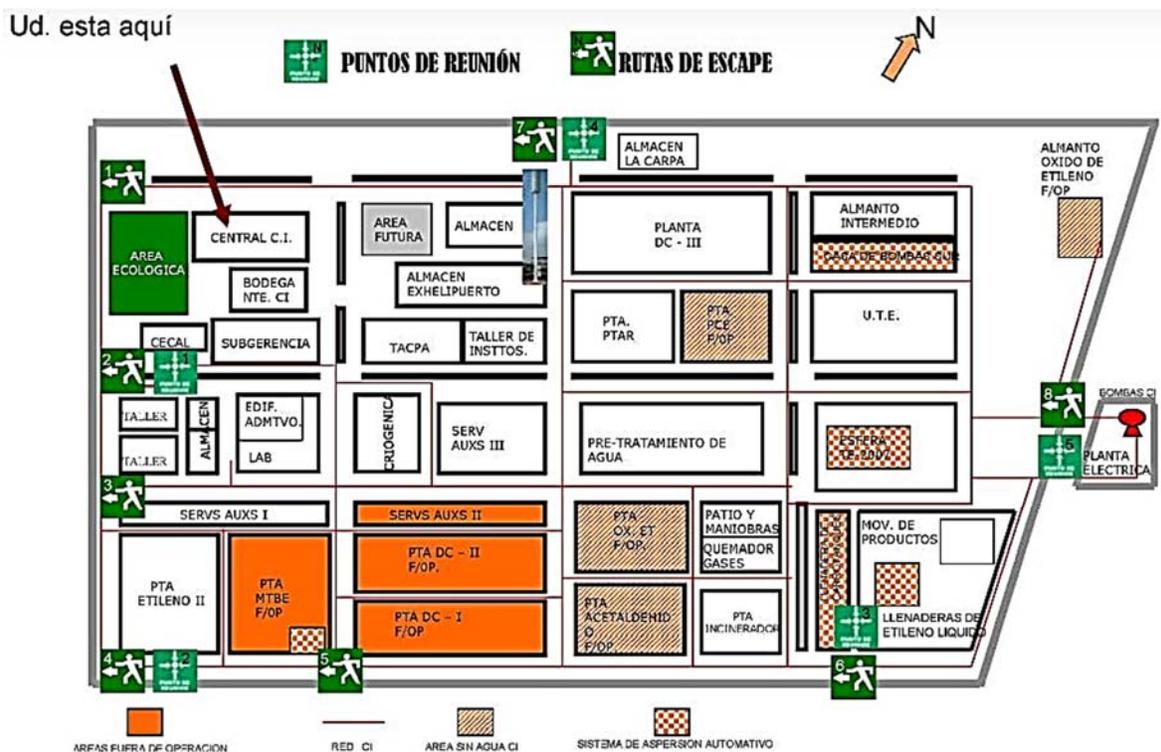


Figura 18 Información básica de seguridad.

3.5 Planes y respuestas a emergencias

Relación de escenarios de emergencia (Tabla 7)

No. con	Planta o área	Equipo	Sustancia	Riesgo potencial	Inventario	Descripción del evento	Distancia de afectación
1	Criogénica	Acumulador	Etano	Gas inflamable a 23 Kg/cm ² y 30°C	45 Ton	Ruptura drástica del acumulador con fuga de gas y flamazo	290 metros
2	Criogénica	Bombas	Etano-Propano	Líquido a 35 Kg/cm ² y 21°C	-----	Fuga de vapores de Etano por el sello de las bombas y flamazo	10 metros
3	Etileno II	Tub. en límites batería sur y rack de integración	Etileno vapor	Vapores inflamables de etileno a 20 Kg/cm ² y 20°C	1,837 Kg	Ruptura drástica de la tubería de 12" con explosión e incendio	318 metros
4	Derivados Clorados II,	Bomba	Dicloroetano crudo	Líquido inflamable	-----	Fuga por sello de bombas y	< 10 metros

No. con	Planta o área	Equipo	Sustancia	Riesgo potencial	Inventario	Descripción del evento	Distancia de afectación
	Reacción I					flamazo	
5	Derivados Clorados II	Tubería 6" Cloro de reacción	Cloro gas	Tóxico	5,700 Kg/hr	Ruptura drástica de la tubería de 6" de diam.	560 metros
6	Derivados Clorados II	Tubería de 6"	Dicloroetano crudo	Líquido inflamable a 2 Kg/cm ² y 77°C	-----	Ruptura drástica de la tubería de 6" con fuga de DCE crudo e incendio	-----
7	Derivados Clorados III	Tub. en limites batería Este y rack de integración	Oxigeno	Vapor	1,000 Kg	Ruptura drástica de tubería	700 metros
8	Derivados Clorados III	Tubería de 10" de las esferas	Cloruro de vinilo	Líquido inflamable a 5Kg/cm ² y 30°C	3400 Kg	Ruptura drástica de la tubería de 10" con explosión e incendio.	45.8 metros
9	Derivados Clorados III	Niple purga 4"	Dicloroetano	Líquido inflamable a 2Kg/cm ² y 100°C	1000 Kg	Ruptura drástica de niple de purga de 4" con explosión e incendio	210 metros
10	Derivados Clorados III	Tubería de 8", cloro de Tehuantepec	Cloro	Líquido tóxico a 4Kg/seg y 26°C	1000 Kg	Ruptura drástica de la tubería de 8"	1,792.70 metros
11	Tratamiento aceitoso	Tanque esférico	Aceite lubricante recuperado	Líquido inflamable a presión y temperatura atm.	4900 Ton	Tanque colapsado con cúpula prendida	50 metros
12	Movimiento de producto	Tanque esférico	Cloruro de vinilo	Vapores inflamables a 5 Kg/cm ² y 20°C	730 Ton	Ruptura drástica de la pared de la esfera con fuga y explosión	1980 metros
13	Movimiento de producto	Tuberías diferentes diámetros	Cloruro de vinilo	Vapores inflamables a 5 Kg/cm ² y 20°C	-----	Perforación de 1" de diam. En pared de tubería con fuga y flamazo	30 metros

No. con	Planta o área	Equipo	Sustancia	Riesgo potencial	Inventario	Descripción del evento	Distancia de afectación
14	Movimiento de producto	Tanque esferico	Cloruro de vinilo	Vapores inflamables a 5 Kg/cm ² y 40°C	2800 Ton	Ruptura drástica de la pared de la esfera con fuga y explosión	1,056.3 metros
15	Incinerador II	Línea de 2" a pesados	Pesados	Líquido residual a 1,156 Kg/s	250.8Kg	Orificio de 0.5" en la pared del tubo con ignición	14.63 metros
16	Incinerador II	Línea de 2" de gas combustible a piloto	Gas combustible	Gas a 0.00709 Kg/s y 21°C	4.3 Kg	Ruptura drástica de la pared de la línea con fuga y explosión.	----
17	Incinerador II	Línea de 6" de HCL	HCL	Acido a 0.44 Kg/s	33.3 Kg	Ruptura drástica de la pared del recipiente con fuga.	554.2 metros
18 al 36	Rack Intercomplejo	Tubería diferentes diámetros	Diversas	Líquido y gas de 1.16 hasta 5.6 Kg/cm ²	4000 a 100000 Kg	Orificio de 0.5" en la pared de la línea.	240 metros

Tabla 7 Tabla de planes y respuestas a emergencias

3.6 Análisis de riesgos naturales

Terremoto.- Riesgo medio.

Zona sísmica "B" de Frecuencia y Severidad Media.

Erupción Volcánica.- Riesgo Bajo.

El volcán "San Martín" localizado a 50 kilómetros al noroeste de esta ciudad el cual su último registro es de 1967 donde se presentó fumarolas débiles y escasas.

El volcán "Popocatepetl" actualmente activo se localiza a una distancia de 452 kilómetros del predio. No se tienen registrados daños por este riesgo de la naturaleza.

El Pico de Orizaba, volcán activo, se localiza a 311 kilómetros de distancia. Y el Chichonal a aproximadamente 250 Km.

Huracán.- Riesgo Alto.

La ciudad de Coatzacoalcos está en la costa del Golfo de México, dentro de la zona ALFA 2 (039) de los criterios establecidos por la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS).

Inundación.- Riesgo Medio.

Se encuentra rodeada por la laguna parajitos y el río Coatzacoalcos se encuentra a 1.5 kilómetros de distancia de las instalaciones de la planta a 8 msnm.

Lluvia.- Riesgo Alto.

Registro histórico de 1,059.9 mm de lluvia en el mes de septiembre de 1980, con promedio mensual de 17.5 días en el mes de agosto.

Vientos.- Riesgo Alto.

La velocidad de vientos en la región en periodos de 50 años es de 130 km/h de acuerdo al Manual de Diseño por Viento de la CFE, Los techos de loza en las edificaciones se observan en buenas condiciones.

Granizo.- Riesgo Bajo.

Se registran 0.1 días al año.

Tormentas Eléctricas.-

Riesgo Medio. Se registra un promedio histórico de 11.5 días al año.

Aviones.- Riesgo bajo.

La planta no se encuentra dentro del cono de aterrizaje del Aeropuerto Internacional de la zona, el cual se encuentra a una distancia de 22 kilómetros aproximadamente.

Riesgos en el Proceso.- Riesgos Alto.

Fuga de gases, nubes tóxicas, incendio, explosión.

Riesgos Especiales.- Riesgo Alto.

Ruptura o calentamiento brusco de los contenedores cloruro de vinilo, explosión en recipientes sujetos a presión, explosión de planta criogénica, contaminación de la laguna y de áreas de reserva ecológica.

Mantenimiento.- Riesgo Bajo.

Todo el personal de mantenimiento es interno. Las actividades de mantenimiento se registran bajo bitácora, con frecuencia semanal, mensual, trimestral y anual.

Para equipos como subestaciones eléctricas y sistema contra incendios, se contrata a proveedores externos especializados.

3.7 Protección contra incendio

El departamento de contra incendio cuenta con un total de 85 trabajadores los cuales se dividen de la siguiente manera:

62 trabajadores de guardia distribuidos en tres turnos de 8 horas cada uno; además de contar con 1 jefe “A” y 22 ayudantes de contra incendio diarios (Figura 19).

- ✓ Turno 1 de 00.00 hrs. A 08:00 hrs.
- ✓ Turno 2 de 08:00 hrs. A 16:00 hrs.
- ✓ Turno 3 de 16:00 hrs. A 24:00 hrs.



Figura 19 Organigrama de protección contra incendio

3.8 Círculo de ayuda mutua

La Petroquímica forma parte del círculo de ayuda mutua Grupo Regional de Atención y Manejo de Emergencias GRAME Veracruz Sur, (Figura 20) con lo cual Pemex es capaz de gestionar, disponer, autorizar y proporcionar los recursos necesarios para responder de manera oportuna y eficiente a las emergencias mayores, gestionando además la interacción con autoridades de todos los niveles de Gobierno.

Las funciones básicas de este grupo es promover la realización de simulacros por emergencias regionales, para asegurar la respuesta del personal de Pemex, de la comunidad, de las autoridades y asegurar la confiabilidad de los procedimientos para la mejor atención y manejo de una emergencia mayor.

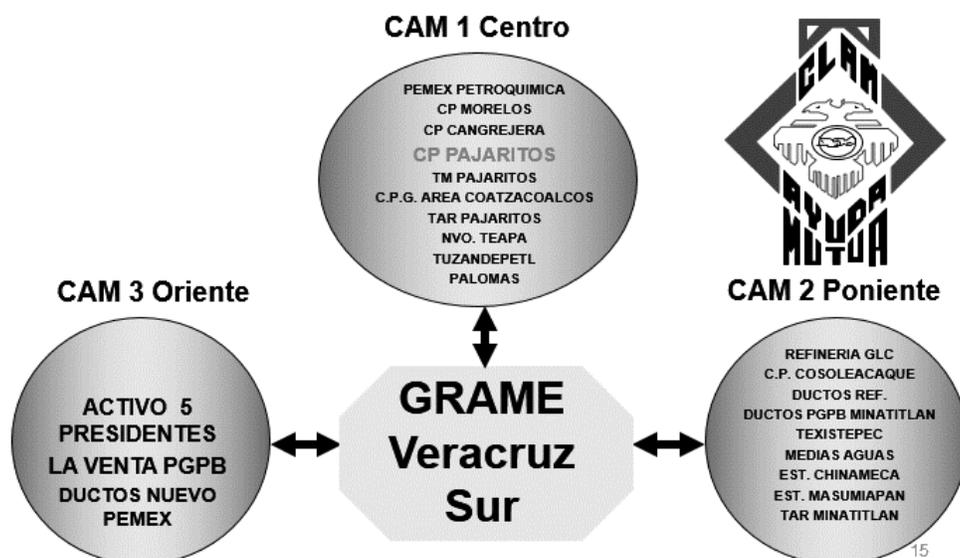


Figura 20 Integrantes del GRAME Veracruz Sur de Petróleos Mexicanos

Con la finalidad de prevenir incidentes el departamento de contra incendio cuenta con la siguiente protección contra incendio:

- ✓ Carros de bomberos
- ✓ Hidrantes monitores
- ✓ Red Contraincendios
- ✓ Extintores
- ✓ Sistemas de aspersion
- ✓ Camiones contra incendio
- ✓ Equipos de respiración autónoma
- ✓ Detectores de gas, humo y fuego.

Dentro de las instalaciones se encuentran distribuidos 380 equipos y accesorios para prevención y combate de alguna emergencia que pueda suscitarse.

- ✓ 98 Hidrantes
- ✓ 113 Hidrantes-monitores
- ✓ 54 Sistemas de diluvio

3.9 Abastecimiento de agua

El centro de trabajo tiene fuentes de abastecimiento de agua confiables con la capacidad suficiente para suministro al tanque TV-234.

1. Vasos de captación en el complejo petroquímico.
2. 2 Presas a sus alrededores

4 Análisis de riesgos cualitativo de seguridad en la petroquímica

El primer paso es el estudio de los peligros externos del sistema analizado (Eventos sobrenaturales, inundaciones, una nube tóxica procedente de una fábrica vecina, o un vehículo fuera de control que choca contra un depósito). Este estudio no supone ningún procedimiento especial en sí mismo, se busca analizar, con buen criterio, todos los peligros posibles.

Referente a los propios peligros del sistema, una forma de examinarlos es con un análisis histórico de accidente e incidentes. El análisis histórico, mediante la consulta de un registro histórico de accidentes, puede dar de forma muy directa algunos puntos débiles del sistema, o indicar los peligros más esperados.

Una vez identificados los peligros, deben cuantificarse todas sus consecuencias. Para estimar sus efectos como son: radiación térmica en función del tiempo y la distancia, onda de sobrepresión, distribución de concentraciones en la atmósfera, etc.

Conocidos ya los valores aproximados de los efectos, debe establecerse cuáles serán las consecuencias cuando éstos incidan en personas, en bienes o en el entorno; debe estimarse, cuál será la destrucción provocada en edificios y equipos, y cuál será el impacto sobre el entorno cuando un accidente determinado se produzca.

Si el análisis se da por finalizado aquí, se habrá hecho simplemente un tratamiento de tipo determinístico: establecimiento de los peores accidentes que pueden ocurrir y estimación de sus consecuencias. Para estimar de forma completa el riesgo debe hacerse un análisis tipo probabilístico. Equivale a estimar la frecuencia con que probablemente se producirá el accidente.

4.1 Documentos solicitados

Los documentos que debe proporcionar la planta petroquímica permiten identificar los peligros a los que está expuesta y poder estimar las consecuencias y magnitudes de riesgos presentes en sus procesos e instalaciones. La documentación es:

- ✓ El Plano de general de la planta
- ✓ Diagrama de bloques simplificado, del flujo del proceso.
- ✓ Organigrama de mandos altos y medios.
- ✓ Especificaciones de sistema contra incendios (detección y combate).
- ✓ Programa y registros de inspección del sistema contra incendios
- ✓ Manual de Salud, seguridad y medio ambiente.
- ✓ Procedimientos de respuesta a emergencias
- ✓ Ejemplos de todos los formatos de permisos de trabajo que se manejen

- ✓ Ejemplos de procedimientos de comisionamiento y decomisionamiento (Esfera, reactor, compresor e intercambiador)
- ✓ Ejemplos de reportes de accidentes e incidentes
- ✓ Programas de capacitación de seguridad
- ✓ Permisos ambientales actualizados
- ✓ Listado General de equipos principales (Incluyendo condiciones de operación, marcas, capacidades)
- ✓ Listado e inventario de refacciones estratégicas.

4.2 Recorrido de inspección visual

El recorrido de inspección visual se realiza con la finalidad de verificar las condiciones operativas en las instalaciones y comprobar la existencia de medidas de seguridad establecidas en acorde a las normas antes mencionadas y el adecuado funcionamiento de las mismas, registrando los datos en una lista de verificación para su tratamiento y análisis.

La lista de verificación contenía los siguientes rubros:

- ✓ Construcción y edificios
- ✓ Seguridad, protección y combate contra incendio
- ✓ Sistemas de protección y equipos de seguridad en maquinaria y equipo
- ✓ Almacenamiento de sustancias químicas peligrosas
- ✓ Equipo de protección personal
- ✓ Identificación y comunicación de peligros
- ✓ Recipientes sujetos a presión y calderas
- ✓ Medición de niveles de explosividad en espacios confinados

4.3 Pruebas en sistemas de mitigación contra incendios

Es necesaria información sobre planes, programas, procedimientos e información en sistemas de prevención y mitigación en caso de contar con un incendio en la planta, para analizarlo y constatar durante el recorrido de inspección que se encuentra operando con los parámetros que se requieren.

Se corroboró la existencia de:

- ✓ Brigada contra incendios
- ✓ Cuerpo de bomberos
- ✓ Programa de ayuda mutua
- ✓ Capacitación de combate contra incendios

Así mismo se hizo pruebas para verificar el funcionamiento en su red contraincendios (Figura 21), monitores, detectores de fuego, sistemas de sensores y alarmas (Tabla 8).



Figura 21 Pruebas de red contraincendios

Planta	DC-III	Etileno
Detector de mezclas explosivas	23	23
Detector de flama/fuego	32	12
Detector de gas toxico	76	12
Detector de humo	21	6

Tabla 8 Detectores encontrados en campo

Se confirmó la existencia de extintores con diversos contenidos de acuerdo a los requerimientos de las diferentes áreas, checando en todos ellos que se encontraban vigentes y en condiciones adecuadas de uso.

Durante la inspección en campo se verificó la existencia de los sistemas de diluvio base agua el cual durante su funcionamiento se registró características (Ver Tabla 9).

Lista de verificación para sistemas de diluvio					
Tipo Activación					
Manual	()	Neumática	()	Eléctrica	()
Tipo Actuación					
Local	()	Remota	()		
¿Estado físico de?					
Soportes		Admisible	()	No admisible	()
Tuberías		Admisible	()	No admisible	()

Lista de verificación para sistemas de diluvio					
Rociadores		Admisible	()	No admisible	()
Accesorios		Admisible	()	No admisible	()
Cobertura		Adecuada	()	No adecuada	()
¿Bombas automáticas?					
	Si	()	No	()	
¿Fugas?					
	Si	()	No	()	

Tabla 9 Formato de registro a emplear en campo

4.4 Documentos analizados en sistemas contra incendios

Con la finalidad de mantener el equipo contraincendios en condiciones óptimas la planta petroquímica cuenta con los siguientes programas:

- ✓ Mantenimiento de hidrantes.
- ✓ Hidrantes monitores y cajas de válvulas
- ✓ Mantenimiento a sistemas de aspersión
- ✓ Revisión y prueba de camiones contra incendio
- ✓ Revisión y prueba de equipos de respiración auto contenida
- ✓ Revisión y prueba de regaderas y lavaojos
- ✓ Simulacros contra incendio
- ✓ Pruebas a bombas contraincendios

4.5 Inspección en cuartos de control

En el cuarto de control se cuenta con sistema de instrumentación, control y automatización, así como sistema de adquisición de datos de consumos propios de las unidades de generación. Durante los trabajos de verificación en campo se procedió a la revisión de:

- ✓ Arreglos básicos
- ✓ Sistemas de tierras
- ✓ Protecciones
- ✓ Equipo de seccionamiento e interrupción
- ✓ Medición
- ✓ Local e instalaciones
- ✓ Transformadores
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Sistema de respaldo o de emergencia.

Por tratarse de servicios esenciales, fue preciso verificarlos con un auténtico sentido de administración de los riesgos desde el punto de vista de ingeniería de protección contra incendios, de forma que se reduzcan los riesgos en estas edificaciones. Ver Tabla 10.

La presencia de este cúmulo de instalaciones es administrada directamente por el departamento de Ingeniería y Mantenimiento de la Petroquímica.

Lista de verificación de cuartos de control					
Estado físico de:					
	Paredes	Admisible	()	No admisible	()
	Pisos	Admisible	()	No admisible	()
	Techos	Admisible	()	No admisible	()
	Puertas	Admisible	()	No admisible	()
	Ventanas	Admisible	()	No admisible	()
	Ductos	Admisible	()	No admisible	()
	Blindaje	Admisible	()	No admisible	()
Estado operativo de:					
	A. / C.	Admisible	()	No admisible	()
	Detec. Humo	Admisible	()	No admisible	()
	Autonomía Energía	Si	()	No	()

Tabla 10 Lista de verificación de cuartos de control

4.6 Medición de índices de explosividad en drenajes

Se deben tomar los siguientes registros en el lugar de inspección. Ver Tabla 11.

Lista de verificación de drenajes						
Tipo.						
	Drenaje	()	Separador	()	Cárcamo	()
Fluido.-						
	Agua precipitación.	()				
	Agua residual.	()				
	Agua de servicios.	()				
	Aceites.	()				
	Químicos.	()				
	Hidrocarburos.	()				
	Otros.- _____					
	Capacidad.- _____					
	Dimensiones.- _____					

Lista de verificación de drenajes						
	Componentes y accesorios.- _____					

	Materiales.- _____					
	Equipos asociados.- _____					
	Obstrucciones.- _____					
Estado físico.						
	Bueno	()	Regular	()	Malo	()
Conducción de aguas pluviales:						
	Suelo al drenaje colector.					()
	Colector hacia fuera de la planta.					()
	Nivel de explosividad.- _____					

Tabla 11 Lista de verificación de drenajes

5 Análisis y evaluación de riesgos mediante el método Mosler

La identificación, análisis y evaluación de los factores que pueden influir en la manifestación y materialización de un riesgo, permiten calcular y caracterizar su magnitud. Para esto puede emplearse el método Mosler, que es un método secuencia donde cada fase se apoya en los datos obtenidos de la fase anterior.

Las fases del método son las siguientes:

- 1ª Fase: Definición del riesgo.
- 2ª Fase: Análisis del riesgo.
- 3ª Fase: Evaluación del riesgo.
- 4ª Fase: Cálculo de la clase de riesgo.
- 5ª Fase: Jerarquización del riesgo.

Definición del riesgo.

Su objeto es la caracterización del riesgo, delimitando su objeto y alcance. El procedimiento es la identificación del bien (entendido como la cosa valiosa, la cualidad benéfica y las circunstancias que lo definen), y del daño (variación real o supuesta que sufre un bien, al tener una disminución del valor o precio del que era objeto).

Análisis del riesgo

Esta fase tiene por objeto, una vez definidos los riesgos, la determinación y cálculo de los criterios que posteriormente nos darán la evaluación del riesgo. El procedimiento consiste en:

- a) La identificación de las variables
- b) El análisis de los factores obtenidos de las variables y en qué medida influyen en el criterio considerado, cuantificando dichos resultados según la escala Mosler.

“F” Criterio de función. Se valoran las consecuencias negativas o daños que pueden alterar o afectar de forma diferente la actividad normal de las instalaciones (Tabla 12).

“F” Criterio de función:	Valor
Muy gravemente	5
Gravemente	4
Medianamente	3
Levemente	2

Tabla 12 Criterios de función

“S” Criterio de sustitución. Referido al grado de dificultad para sustituir los bienes (Tabla 13).

“S” Criterio de sustitución:	Valor
Muy difícilmente	5
Difícilmente	4
Sin muchas dificultades	3
Fácilmente	2
Muy fácilmente	1

Tabla 13 Criterios de sustitución

“P” Criterio de profundidad. Se valora la perturbación y los efectos psicológicos que se pueden producir en la propia imagen del grupo y en las empresas ubicadas en las instalaciones (Tabla 14).

“P” Criterio de profundidad:	Valor
Perturbaciones muy graves	5
Graves perturbaciones	4
Perturbaciones limitadas	3
Perturbaciones leves	2
Perturbaciones muy leves	1

Tabla 14 Criterios de profundidad

“E” Criterio de extensión. Referido al alcance que los daños o pérdidas pueden causar (Tabla 15).

“E” Criterio de extensión:	Valor
De carácter internacional	5
De carácter nacional	4
De carácter regional	3
De carácter local	2
De carácter individual	1

Tabla 15 Criterios de extensión

“A” Criterio de agresión. Se valora la probabilidad de que el riesgo se manifiesta, siendo la escala de valoración (Tabla 16Tabla 16).

“A” Criterio de agresión:	Valor
Muy alta	5
Alta	4
Normal	3
Baja	2
Muy baja	1

Tabla 16 Criterios de agresión

“V” Criterio de vulnerabilidad. Se valora la probabilidad de que se produzcan daños si el riesgo se manifiesta. Su escala de valoración es la siguiente (Tabla 17Tabla 17):

“V” Criterio de vulnerabilidad:	Valor
Muy alta	5
Alta	4
Normal	3
Baja	2
Muy baja	1

Tabla 17 Criterios de vulnerabilidad

Evaluación del riesgo: Tiene por objeto cuantificar el riesgo considerado (ER)

Calculo del carácter del riesgo "C"; $C = I + D$

I= Importancia del suceso= Función (F) x Sustitución (S)

D=Daños ocasionados = Profundidad (P) x Extensión (E)

Cálculo probabilidad "Pb":

$Pb = \text{Agresión (A)} \times \text{Vulnerabilidad (V)}$

Cuantificación del riesgo considerado "ER"

$ER = \text{Carácter(C)} \times \text{Probabilidad (Pb)}$

$ER = C \times Pb$

Cálculo de la clase de riesgo (Tabla 18).

Valor ER	Clase de riesgo
2 a 250	Muy bajo
251 a 500	Pequeño
501 a 750	Normal
751 a 1000	Grande
1001 a 1250	Elevado

Tabla 18 Clases de riesgos.

5.1 Riesgos definidos

La identificación de factores de riesgos a analizar se realiza de acuerdo a un análisis minucioso y se definen los siguientes (Tabla 19).

Riesgos de la naturaleza	Riesgos antrópicos
Terremoto	Incendio
Inundación	Explosión
Tsunami	Químico
Vientos fuertes	Eléctrico
Granizo	Mecánico
Tormenta eléctrica	Biológico
Incendio Forestal	Caídas
Erupción volcánica	Terrorismo
Deslizamiento de tierra	Vandalismo
Epidemia	Robo
Plagas	Sabotaje

Tabla 19 Riesgos definidos

5.2 Evaluación y clasificación de riesgos

Definido los riesgos naturales se evalúan de acuerdo al método utilizado y se realiza el cálculo de la clase de riesgo (Tabla 20).

Riesgos	Análisis de riesgos							Evaluación de riesgos				Cálculo clase de riesgo
	F	S	P	E	A	V	FxS	PxE	I+D	AxV	CxPb	
Vientos fuertes	3	4	3	2	3	4	12	6	18	12	216	Reducido
Inundación	4	3	3	2	4	3	12	6	18	12	216	Reducido
Tsunami	1	1	2	2	1	3	1	4	5	3	15	Muy reducido
Terremoto	4	3	3	2	4	4	12	6	18	16	288	Reducido
Granizo	2	2	2	2	2	2	4	4	8	4	32	Muy reducido
Tormenta eléctrica	3	3	3	2	4	3	9	6	15	12	180	Muy reducido
Incendio Forestal	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	3	Muy reducido
Erupción volcánica	1	1	1	2	1	2	1	2	3	2	6	Muy reducido
Deslizamiento de tierra	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	3	Muy reducido
Epidemia	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	3	Muy reducido
Plagas	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	3	Muy reducido

Tabla 20 Riesgos naturales más comunes

Definido los riesgos antrópicos se evalúan de acuerdo al método utilizado y se realiza el cálculo de la clase de riesgo (Tabla 21)

Riesgos	Análisis de riesgos						Evaluación de riesgos					Cálculo clase de riesgo
	F	S	P	E	A	V	FxS	PxE	I+D	AxV	CxPR	
Incendio	5	5	5	4	4	5	25	20	45	20	900	Elevado
Explosión	5	5	5	4	5	5	25	20	45	25	1125	Muy elevado
Químico	5	4	4	3	4	4	20	12	32	16	512	Normal
Eléctrico	4	3	3	2	2	3	12	6	18	6	108	Muy reducido
Mecánico	4	4	4	2	3	3	16	8	24	9	216	Muy reducido
Biológico	3	3	3	3	2	3	9	9	18	6	108	Muy reducido
Caídas	3	2	3	1	2	2	6	3	9	4	36	Muy reducido
Terrorismo	3	2	3	3	1	1	6	9	15	1	15	Muy reducido
Vandalismo	3	2	2	2	1	1	6	4	10	1	10	Muy reducido
Robo	2	2	2	2	2	2	4	4	8	4	32	Muy reducido
Sabotaje	2	2	2	2	1	1	4	4	8	1	8	Muy reducido

Tabla 21 Riesgos antrópicos

5.3 Jerarquización de riesgos

Una vez realizado el cálculo de la clase de riesgo, se jerarquiza de acuerdo al nivel de riesgo que presenta para la petroquímica, tanto los naturales como antrópicos (Tabla 22)

Riesgos naturales	Riesgos antrópicos
Terremoto	Explosión
Inundación	Incendio
Vientos fuertes	Químico
Tormenta eléctrica	Mecánico
Granizo	Eléctrico
Tsunami	Biológico
Erupción volcánica	Caídas
Incendio forestal	Robos
Deslizamientos de tierra	Terrorismo
Epidemia	Vandalismo
Plagas	Sabotaje

Tabla 22 Jerarquización de riesgos

5.4 Simulación de explosión en equipos críticos (evento de mayor riesgo)

Aloha es un software que permite modelar escenarios de riesgos químicos reales o potenciales, tiene la capacidad de generar estimaciones de zona amenaza para diversos tipos de peligros. Aloha puede modelar nubes tóxicas de gas, nubes de gas inflamable, Blevés (Boiling Liquid Ampliación de explosiones de vapor), incendios, jet fires, pool fires. Las estimaciones de la zona amenazada detallarán aspectos importantes del escenario de riesgo, esta información puede ser exportada a formatos compatibles con programas de análisis espacial SIG como lo son ArcMap de ESRI, qGis, así como en Google Earth y Google Maps.

La siguiente simulación se realizó para modelar escenarios dentro de la zona de afectación del tanque de cloruro de vinilo ya que es un riesgo potencial por la cantidad de sustancia que se almacena en dicha esfera. En el primer escenario se modela una nube tóxica, en el segundo una explosión y el tercer escenario es una nube de gas inflamable.

SITE DATA:

Location: COATZACOALCOS, MEXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.56 (unsheltered single storied)

Time: May 11, 2016 1058 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: VINYL CHLORIDE

CAS Number: 75-1-4 Molecular Weight: 62.50 g/mol

AEGL-1 (60 min): 250 ppm AEGL-2 (60 min): 1200 ppm AEGL-3 (60 min): 4800 ppm

LEL: 36000 ppm UEL: 330000 ppm

Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals

Ambient Boiling Point: 7.0° F

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 4.28 meters/second from SE at 20 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 33.5° C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in spherical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 18 meters Tank Volume: 3,054 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: 33.5° C

Chemical Mass in Tank: 2536 tons Tank is 85% full

Circular Opening Diameter: 5 centimeters

Opening is 1,440 centimeters from tank bottom

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 4,050 pounds/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 239,763 pounds

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

Simulación de nube tóxica en la esfera de almacenamiento (Figura 22)

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 206 yards --- (4800 ppm = AEGL-3 [60 min])

Orange: 447 yards --- (1200 ppm = AEGL-2 [60 min])

Yellow: 1157 yards --- (250 ppm = AEGL-1 [60 min])

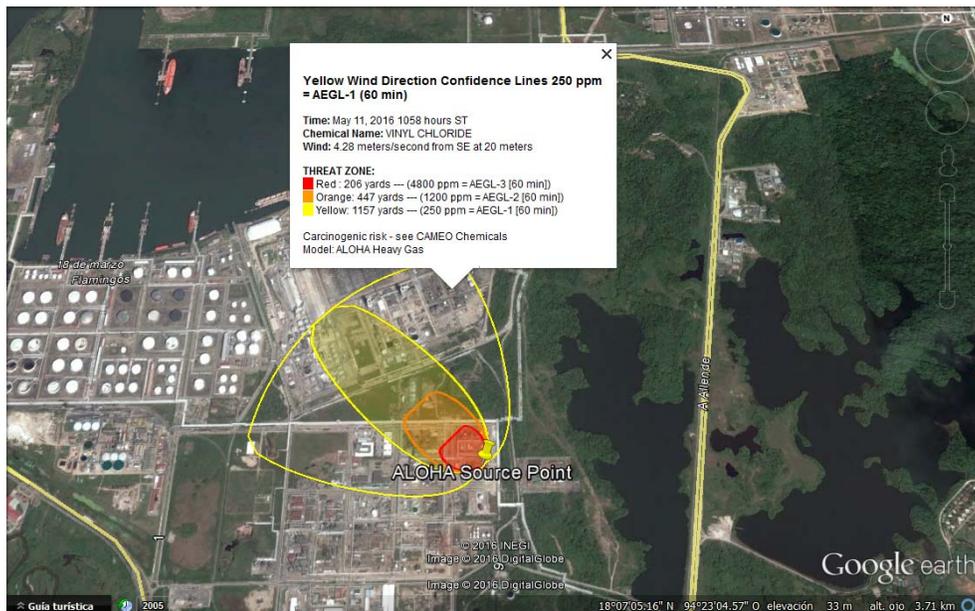


Figura 22 Simulación de nube tóxica en esfera de almacenamiento

Simulación de la explosión de la esfera de almacenamiento (Figura 23)

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by detonation

Model Run: Heavy Gas

Red : 95 yards --- (8.0 psi = destruction of buildings)

Orange: 139 yards --- (3.5 psi = serious injury likely)

Yellow: 308 yards --- (1.0 psi = shatters glass)



Figura 23 Simulación de explosión de esfera de almacenamiento

Simulación de una nube de vapor inflamable (Figura 24)

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud

Model Run: Heavy Gas

Red : 93 yards --- (21600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)

Yellow: 240 yards --- (3600 ppm = 10% LEL)



Figura 24 Simulación de una nube de vapor inflamable

6 Análisis económicos y resultados

Análisis económico

Para determinar el valor estimado de la planta petroquímica en caso de un accidente, se realizó una estimación de valor, el cual se contempla el cambio de nuevo por viejo de equipo y construcción. Por fines de confidencialidad no se incluyó el estudio de estimación de valor. Los valores estimados de reposición (nuevo por viejo) de las plantas se presentan en la Tabla 23. (Cifras en millones de dólares).

Concepto	Factores	Referencia	Subtotal
Obra civil y Edificios (Sin prep. de terreno)	12.0%	Chilton	\$ 40
Equipo	1		\$ 330
Tuberías	10.0%	Chilton	\$ 33
Líneas (exteriores)	12.0%	Chilton	\$ 36
Instrumentación	9.9%	Guthrie	\$ 40
Electrificación	2.0%	Guthrie	\$ 7
Aislamientos	4.7%	Guthrie	\$ 15
Recubrimientos	0.5%	Guthrie	\$ 2
Seguridad	3.5%	NFPA	\$ 12
SCD	12.5%	Chilton	\$ 41
		Subtotal 1	\$ 556
Equipo instalado	35.0%	Chilton	\$ 195
		Subtotal 2	\$ 751
		Subtotal 3	\$ 751
Factor de tamaño	0.5%	Chilton	\$ 4
		Subtotal 4	\$ 755
Indirecto	24.0%	Bimsa	\$ 181
		Subtotal 5	\$ 936
Impuestos	0.0%	SAHCP	\$ 0
			\$ 936
Montaje	Por punto más crítico		\$ 70
Propiedades	60.0%		\$ 561
Propiedades de terceros	Criogénica		\$ 160
Personas	(50 indemnizaciones)		\$ 16

Tabla 23 Valores estimados de reposición

Estimación de EML's y PML's

EML (Estimated Maximum Loss)

Pérdida económica que puede esperarse bajo condiciones normales (Tabla 24).

Porcentajes estimados sobre la cobertura

Riesgo	EML		
	Escenario	Pérdida	
		Física (%)	Económica (%)
Terremoto	Asentamiento ligero de alguna de las torres	0.6	1.1
Vientos fuertes	Daños por vientos fuertes	0.3	0.8
Inundación	Inundaciones separadas locales	0.4	0.9
Incendio y Explosión (ignición)	Incendio menor	6	9
Explosión (sobre presión)	Explosión	3	4
Fuga tóxica	Fugas menores en bridas	0.6	0.8
Rotura de maquinaria	Fallas menores	0.9	2.1
Dinero y Valores	No evaluada	NA	NA
Interrupción de negocios	No evaluada	NA	NA

Tabla 24 Pérdida máxima estimada

PML (Probable Maximum Loss)

Máxima pérdida económica que puede esperarse cuando las protecciones existentes actúan conforme a diseño (Tabla 25).

Riesgo	PML		
	Escenario	Pérdida	
		Física (%)	Económica (%)
Terremoto	Terremoto de grandes proporciones	6	8
Vientos fuertes	Daños por fuertes vientos	3	4
Inundación	Lluvias torrenciales	4	9
Incendio y Explosión	Explosión e incendio de reactores	51	61
Explosión	Explosión de uno de los reactores	21	31
Fuga tóxica	Fuga de alguno de los tanques de materias primas	2	3
Rotura de maquinaria	Daño en uno de los reactores	11	15
Dinero y Valores	No evaluada	NA	
Interrupción de negocios	No evaluada	NA	

Tabla 25 Pérdida máxima probable

Resultados

Una vez realizado el análisis de riesgos mediante el método Mosler, se identifican los resultados en la gráfica de riesgos naturales de acuerdo a su orden de importancia, y estos son: terremoto, vientos fuertes, inundación, tormenta eléctrica, granizo, tsunami, erupción volcánica, incendio forestal, deslizamiento de tierra, epidemia, plagas. Donde los primeros cuatro son los que ocasionarían mayor daño a la petroquímica.

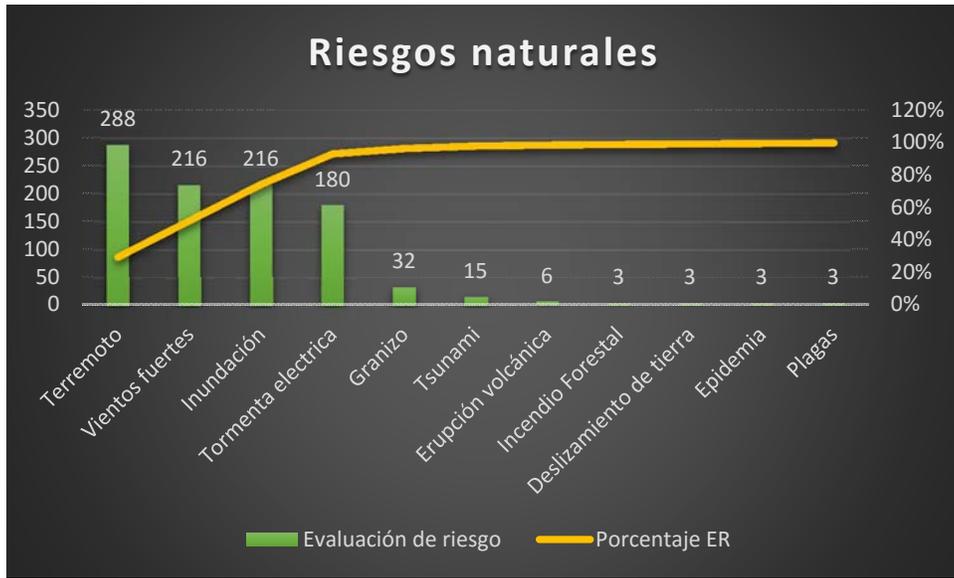


Figura 25 Gráfica de riesgos naturales

En la gráfica de riesgos humanos se encuentran los siguientes: explosión, incendio, químico, mecánico, eléctrico, biológico, caídas, robos, terrorismo, vandalismo, sabotaje. Siendo los primeros tres los que más daños pueden ocasionar a la planta.

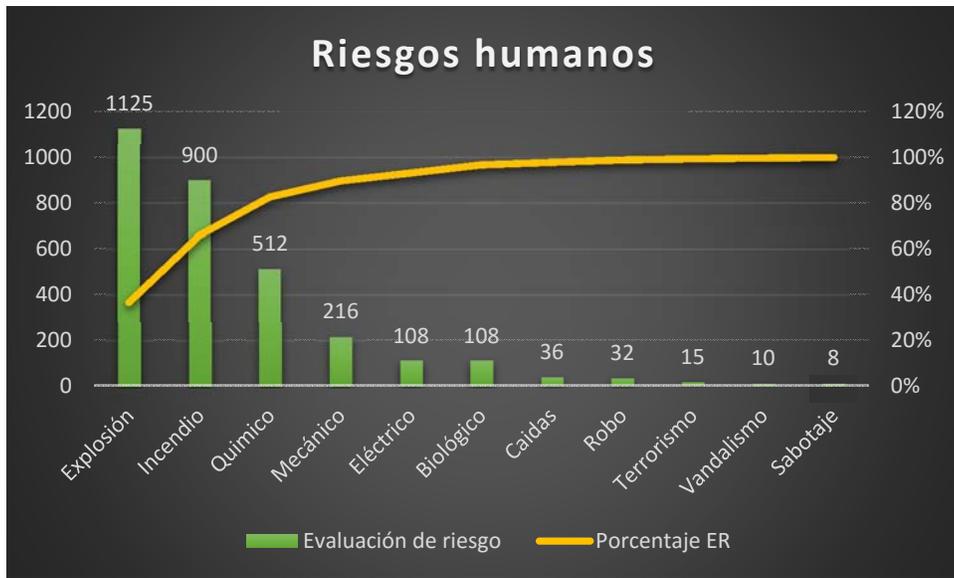


Figura 26 Gráfica de riesgos humanos

Se hizo las siguientes observaciones a nuestro cliente sobre el estado de la petroquímica señalando los principales problemas que se encontró en el momento de la inspección y con ello dando terminado el informe solicitado

Experiencia del grupo operativo

El grupo operativo directivo, estaba conformado tanto por gente de Pemex con experiencia previa en la planta como por personal proveniente de la empresa afiliada, esta combinación se considera que mantendrá la operación segura.

Integridad mecánica de los equipos

Tanto en el recorrido como en el análisis documental, es evidente el alto número y reciente (del 2010 al 2014) realización de calibraciones de espesores, lo cual indica una adecuada identificación de estado de integridad mecánica de los equipos, además de contar con los certificados de integridad mecánica de la mayoría de los equipos emitidos por entidades verificadoras ajenas a Pemex

Mantenimiento de elementos críticos

En la planta petroquímica se encuentran una gran cantidad de elementos reemplazados en el campo, como intercambiadores de calor, válvulas, recubrimiento refractario, tubería, cableados, entre otros. Estos cambios corresponden a un programa emergente de aseguramiento de la planta y producción, que obedece a la reparación y/o reemplazo de todos los elementos identificados con alta criticidad. El resto de equipos que requieren reparaciones o mantenimiento, está catalogado en una serie de listados agrupándolos en 4 grupos dependiendo de su criticidad.

Sistemas contraincendios.

Inadecuado, se identifica la mayoría del sistema de detección atmosférica de Gases tóxicos y explosividad de la planta de Etileno inoperante, explosividad en la mayoría de los muestreos en registros de drenajes y se detectaron importantes deficiencias en los sistemas de diluvio base agua, el cuarto de control de Etileno no hay presión positiva, y los reservorios de algunos sellos dobles plan 52 presentan niveles inadecuados de líquido buffer.

Detección de gases tóxicos y mezclas explosivas

El sistema de detección de explosividad y toxicidad atmosférica general, de la planta de Etileno III, presenta en un número importante de instrumentos con fallas que se verifica en el sistema de control distribuido.

Sistemas de diluvio base agua

Los sistemas de diluvio base agua, muchos de ellos presentan fallas como fugas y boquillas total o parcialmente obstruidas.

Es necesario un programa de mantenimiento para la eliminación de fugas, cambiar las boquillas que están total o parcialmente obstruidas y las bloqueadas de los sistemas de aspersión de Etileno II y Derivados Clorados III.

También un programa de seguimiento de pruebas en los sistemas de aspersión de los sistemas de aspersión de Etileno II y Derivados Clorados III.

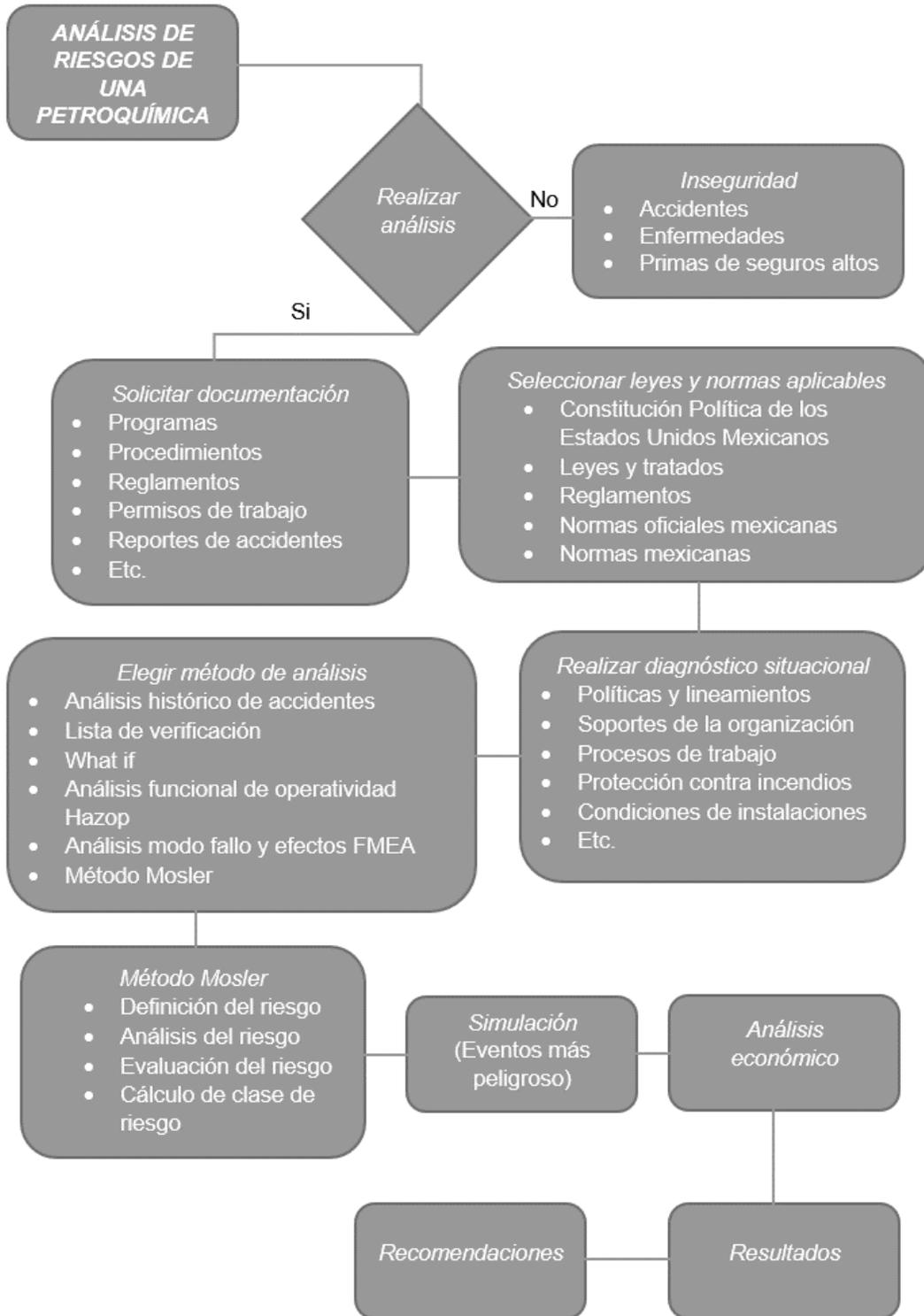
Drenajes

Existen lecturas de niveles de explosividad que requieren atención en diferentes registros del drenaje. La causa raíz es el purgado de las corrientes de proceso del sistema de compresión por lo que es necesario colocar un sistema de desgasificación, recolectando las purgas que se generen en la planta.

Efectuar programa de tomas de explosividad en los registros de drenaje pluvial y aceitoso.

Como medida de mitigación en el drenaje aceitoso: la red de contraincendios debe mantenerse a la presión de 12.5 kg/cm². En caso de mantenerse los niveles de explosividad se efectuaran las siguientes acciones, lavar el drenaje con agua Cl

Diagrama del análisis realizado



Actividades realizadas en el trabajo

Revisión y selección de normas aplicables a la industria.

Análisis de documentos para identificar desviaciones en los procedimientos de trabajo y su adecuada aplicación al momento de revisarlos en campo.

Identificación de condiciones inseguras mediante un recorrido de inspección visual registrando los hallazgos mediante una lista de verificación y tomando fotos para mostrar desviaciones a corregir.

Revisión de sensores, instrumentación, alarmas de sistemas contra incendio para constatar su adecuado funcionamiento.

Toma de lecturas como son: explosímetro, vibrómetro, luxómetro, sonómetro.

Análisis de riesgos mediante el método Mosler.

Simulación de riesgos de mayor impacto mediante el software Aloha, para estimar la magnitud y consecuencias en caso de presentarse.

Conclusiones

De acuerdo con el objetivo establecido, se analizó las condiciones de seguridad de las instalaciones de la planta petroquímica y se identificaron los principales factores de riesgos humanos y naturales que hacen de la planta un lugar inseguro para las instalaciones y trabajadores. Los riesgos naturales de mayor importancia son: vientos fuertes, terremotos e inundaciones. Por otra parte los riesgos antrópicos más importantes son: Explosión, incendio y químico. La simulación que se realiza en el tanque de almacenamiento nos da a conocer que la explosión puede llegar a tener un radio 282 metros de alcance, se puede tener una pérdida física de 51% y una económica de 61%.

En vista que la petroquímica cuenta con lo necesario para la administración de riesgos, seguridad e higiene del personal, se necesita convencer a los directivos para que se involucren en el sistema de administración para la seguridad de la planta y que lo plasmado en planes, programas y procedimientos, no nada más sea para cumplir con los requerimientos de instituciones reguladoras de estas industrias o con certificados de calidad y medio ambiente los cuales exige el mercado.

El personal encargado de la seguridad se debe especializar en la materia y contar con certificación para un mejor desempeño, de esta manera poder llevar una supervisión efectiva de sus tareas y obligaciones.

Anexos

Anexo 01.- Anexo fotográfico



Figura 27 Maniobras con grúas



Figura 28 Hornos de clorados



Figura 29 Cuarto de control



Figura 30 Medición de explosividad



Figura 31 Prueba de red contra incendios



Figura 32 Esfera de almacenamiento



Figura 33 Área de cogeneración

Anexo 02.- Factores de Chilton

FACTORES DE CHILTON			
Item	Concepto	Factor	Concepto
1	Coste de equipo	1	1
2	Coste de equipo instalado	1.40 - 2.20	1
3	Tuberías de proceso		
	Tipo de planta: sólidos	0.07 - 0.10	2
	Tipo de planta: sólidos/fluidos	0.10 - 0.30	2
	Tipo de planta: fluidos	0.30 - 0.60	2
4	Instrumentación		
	Automatización: poca o ninguna	0.002 - 0.05	2
	Automatización: algo	0.05 - 0.10	2
	Automatización: completa	0.1 - 0.15	2
5	Edificios y preparación del terreno		
	Tipo de planta: existente	0	2
	Tipo de planta: externa	0.05 - 0.20	2
	Tipo de planta: mixta	0.20 - 0.60	2
	Tipo de planta: interna	0.60 - 1.00	2
6	Auxiliares (potencia, vapor, agua)		
	Extensión: ampliación pequeña	0.00 - 0.05	2
	Extensión: ampliación grande	0.05 - 0.25	2
	Extensión: nuevas	0.25 - 1.00	2
7	Líneas exteriores		
	Unidad: integrada	0.00 - 0.05	2
	Unidad: separada	0.05 - 0.15	2
	Unidad: dispersa	0.15 - 0.25	2
8	Coste físico total (Suma conceptos 2-7)		
9	Ingeniería y construcción		
	Complejidad simple	0.20 - 0.35	8
	Complejidad complicada	0.35 - 0.50	8
10	Contingencia y beneficio del contratista		
	Proceso: completado	0.10 - 0.20	8
	Proceso: sujeto a cambios	0.20 - 0.30	8
	Proceso: especulativo	0.30 - 0.50	8
11	Factor de tamaño		
	Unidad: grande	0.00 - 0.05	8
	Unidad: pequeña	0.05 - 0.15	8
	Unidad: planta piloto	0.15 - 0.35	8
12	Coste total planta (suma de conceptos 8 - 11)		

Tabla 26 Factores de Chilton

Anexo 03. - Factores de Peters & Timmerhause

Método de PETERS & TIMMERHAUS			
Item	Líquidos	Mixtos	Sólidos
Coste de Equipos	CE		
Instalación + Tuberías + Instrumentación + Sistema eléctrico + Edificios de proceso.	1.55 CE	1.30 CE	0.95 CE
Servicios + almacenes + construcción	0.85 CE	0.90 CE	0.85 CE
Total de coste físico (TCF)	3.40 CE	3.15 CE	2.80 CE
Costes de ingeniería + contratistas + contingencias	0.45 TCF	0.40 TCF	0.35 TCF
Coste total planta	1.45 TCF	1.40 TCF	1.35 TCF
	4.93 CE	4.41 CE	3.78 CE

Tabla 27 Método de Peters & Timmerhaus

Bibliografía

ANGÜIS TERRAZAS Victoriano, “Programa Integral de Seguridad Industrial”, 1ra edición, México 2012.

MOSQUERA Genaro, “Análisis de riesgo industrial”, Editorial Universidad Central de Venezuela, 1ra edición, Venezuela 2000.

CASAL Joaquín, MONTIEL Elena, VÍLCHEZ Juan A. “Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales” Ediciones UPC, Primera edición en septiembre de 1999, Barcelona.

MARTÍNEZ PONCE DE LEON, “Introducción al análisis de Riesgos”, Editorial Megabyte 4ta edición, 1998.

Documentación de curso impartida por AISOHMEX “Profesional Certificado Seguridad Integral y Prevención de Riesgos”.

Documentación de procesos internos de la Petroquímica

Mesografía

<http://www.forodeseguridad.com/artic/segcorp/7220.htm>

www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/Documentos/Capitulos/VERPETC1.DOC

http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_regionales/Paginas/2016-004-coatzacoalcos.aspx#.V8Xy_Jh9600