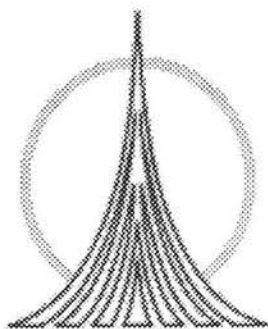


# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"



## "ANÁLISIS DE RIESGO A UNA PLANTA DE ALQUILACIÓN"



### TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO PRESENTA:

*RICARDO GARCÍA FERNÁNDEZ*

UNIDAD EN LA DIVERSIDAD:  
ZARAGOZA FRENTE AL SIGLO XXI

MÉXICO D.F. 16 DE ENERO DEL 2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/044/03**

**ASUNTO:** Asignación de Jurado

**ALUMNO: GARCÍA FERNÁNDEZ RICARDO**

**P r e s e n t e .**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. René de la Mora Medina</b>
<b>Vocal:</b>	<b>Dr. M. Javier Cruz Gómez</b>
<b>Secretario:</b>	<b>I.Q. Salvador J. Gallegos Ramales</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Miguel Angel Varela Cedillo</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Julio Félix Martínez Reyes</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**

México, D. F., 7 de Abril de 2003

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA**



## *AGRADECIMIENTOS*

### *A DIOS:*

*Por darme estos años de vida.  
Por darme la familia que tengo.  
Por darme el mejor regalo "un hijo."  
Por darme los amigos que tengo.  
Por darme salud.  
Por darme trabajo.  
Por darme la capacidad de haber realizado este trabajo.  
Gracias dios mío por siempre estar conmigo.*

### *A MI MADRE:*

*Que con su cariño y confianza me dio la fuerza para seguir adelante, me enseñó a vivir y a luchar para conseguir mis ideales. Gracias por ser mi madre y espero que en estos momentos ahora tu luches para poder vivir y así seas parte de mis logros. Te amo madre*

### *A MI PADRE:*

*Que siempre me apoyo en lo que necesite y que estuvo en los momentos más importantes de mi vida y el cual siempre tuvo la confianza en mi.  
Gracias padre por que sabes que sin ti no sería lo que hasta ahora soy.*

### *A MIS HERMANOS:*

*Que con su apoyo y cariño me ayudaron a salir adelante en todos momentos difíciles que se presentaron a lo largo e esta carrera y parte de este logro se debe a ustedes.*

### *A MI ESPOSA:*

*Que me dio la fortaleza para seguir adelante y fue lo mejor que me pudo pasar a lo largo de mi carrera.  
Gracias Xóchitl por que sabes que fuiste fundamental en la elaboración de este trabajo.*

### *A MÍ BEBE:*

*Que es el regalo más hermoso que pude recibir.*



*AL DR. JAVIER M. CRUZ GOMEZ*

*Que me dio la oportunidad de participar en el proyecto para la elaboración de este trabajo de tesis.*

*A LOS PROFESORES DE LA FES.*

*Benjamín, Eduardo Vázquez, Néstor Noe, Carlos Mtz. Campero.*

*A LOS INGENIEROS DE PEMEX (PLANTA DE ALQUILACIÓN).*

*A LOS INGENIEROS*

*Ramón García y Carlos Baltasar que fueron las personas que me ayudaron en este proyecto.*

*A MIS TIOS Y PRIMOS:*

*Que tuvieron la confianza en mi y que en algunos de los momentos difíciles me apoyaron.*

*A MIS AMIGOS DE BACHILLERES:*

*Armando, Agustín, Araceli, Chazari, Ruth, Vivian, Griselda. Gracias por su amistad.*

*A MIS AMIGOS DE LA FES*

*Laura, Luz Gabriela, Abigail, Braulio, Pedro, Sergio, Ricardo (tocayo), Juan Diego, Dionisio, Fabricio, Martín, José Luis, Javier, Lesli, Perla, Rigoberto, Julia, Victoria, Memo, Alex, Bernardo, Lalo (pizzas), Blas, Balmore, Enedino, Arturo, Juan Carlos.*

*A MIS AMIGOS DEL LABORATORIO-CEASPA:*

*Fermín, Hugo, Jazael, Omar, Orlando, Lupita, Paola, Columba, Alfredo, Hugo Flores, Raúl Montalvo, Sonia Torres, Jesús, Chuy, Antonio, Milleria, Miriam, Fany, Esmeralda, Rita, Claudia, Raúl Mejía, Carlos, Aldo, Tania, Jessica, Fernando, Efraín, Erica.*



# 1 ÍNDICE

## INTRODUCCION

## CAPÍTULO I

1	Marco teórico.	11
1.1.	Análisis de riesgos.	11
1.2.	Análisis de riesgos en la industria petrolera.	11
1.3.	Administración de riesgos y sus etapas.	12
1.3.1.	Objetivos de la administración de riesgos.	12
1.4.	Normatividad.	13
2.4.1.	Normas Internacionales	15

## CAPITULO II

2.1.	Técnicas de identificación de riesgos.	17
2.5.1.	Características de las principales metodologías de evaluación de riesgos.	17
2..2.	Métodos comparativos.	18
2.2.1.	Métodos comparativos de identificación de riesgos.	18
2.2.2.	Lista de verificación (CHECKLIST).	18
2.2.3.	Análisis histórico de accidente.	20
2.3.	Métodos Generalizados.	20
2.3.1.	Análisis "WHAT IF" (¿Que pasa si?)	20
2.3.2.	Análisis de peligro y Operabilidad HazOp	20
2.3.2.1.	Palabras clave.	21
2.3.2.2.	Grupo de trabajo.	23
2.3.2.4.	Clasificación de riesgos y sus recomendaciones	25
2.3.2.5.	Matriz de riesgos.	26
2.3.2.6.	Entrega del reporte.	27
2.4.	Análisis cuantitativo de riesgo	28
2.4.1.	Análisis de Árbol de Fallas (FTA)	28
2.4.1.1.	Algoritmo.	30
2.4.1.2.	Criterio para la asignación de probabilidades.	31
2.4.2.	Análisis de Árbol de eventos (ETA)	32
2.4.3.	Análisis de modalidades de falla y sus efectos (FMEA)	32
2.4.4.	Análisis de consecuencias.	32
2.4.4.1.	Tipos de explosiones	35



2.4.4.2.	Elementos que se obtienen del análisis de consecuencias	35
----------	---	----

### CAPITULO III

3.	Aplicación del análisis de riesgo.	37
3.1.1.	Descripción de los circuitos del análisis HazOp.	37
3.1.1.1.	Circuito del domo de la fraccionadora DA-2300.	37
3.1.1.2.	Circuito de reacción.	39
3.2.	Análisis del árbol de fallas.	40
3.2.1.	Descripción de los escenarios.	40
3.2.2.	Diagramas de árbol de fallas.	41
3.3.	Análisis de consecuencias.	41
3.3.1.	Descripción de los escenarios.	41
3.3.2.	Datos requeridos para cada modelo.	43
3..3.	Consideraciones para la evaluación de efectos de incendio y explosión.	44

### CAPÍTULO IV

4.	Resultados y recomendaciones.	50
4.1.	Resultados del árbol de fallas.	51
4.2.	Resultados del análisis de consecuencias.	53
4.3.	Diagramas del análisis de consecuencias.	54
4.4.	Conclusiones del análisis de consecuencias.	55
4.5.	Resultados y recomendaciones del análisis HazOp.	56
	Bibliografía.	
	Apéndice A	
	Apéndice B	



## 2 ÍNDICE DE TABLAS

2.1.	Matriz de consecuencias.	27
2.2.	Matriz para determinar el nivel o grado de riesgo.	28
2.3.	Simbología para la elaboración de un árbol de fallas.	30
2.4.	Probabilidades.	32
3.1.	Descripción del escenario de alta presión en la torre fraccionadora DA-2300.	41
3.2.	Descripción del escenario: Fuga por sellos de la bomba de fondos GA-2303A o B.	41
3.3.	Relación de diagramas de árbol de fallas.	42
3.4.	Descripción de los escenarios (análisis de consecuencias).	43
3.5.	Descripción de los escenarios (análisis de consecuencias).	44
3.6.	Datos requeridos para cada modelo.	44
3.7.	Datos requeridos para cada modelo.	45
3.8.	Datos requeridos para cada modelo.	45
3.9.	Niveles de radiación.	47
3.10.	Niveles de sobrepresión.	47
3.11.	Daños en planta y refinerías.	48
4.1.	Resultados y recomendaciones para el escenario de alta presión en la torre DA-2300.	51
4.2.	Resultados y recomendaciones para el escenario de fuga por sellos de la bomba GA-2303A/B.	52
4.3.	Dispersión de HF.	53
4.4.	Límite de inflamabilidad.	54
4.5.	Resultados del evento Jet FIRE.	54
4.6.	Diagramas del análisis de consecuencias.	55
4.7.	Resultados del estudio Hazop.	56
4.8.	Recomendaciones del estudio Hazop.	60





# 1 MARCO TEÓRICO.

## 1.1 Análisis de Riesgos.

El Análisis de Riesgos es el desarrollo de una estimación cuantitativa y cualitativa del riesgo, basado en una evaluación de ingeniería y técnicas matemáticas realizado por combinación de estimados de consecuencias de accidentes y sus frecuencias.

La importancia de poder identificar los riesgos y en consecuencia su cuantificación, permite tener un mejor control del proceso, así como de los accidentes mayores. El poder definir los riesgos principales ayuda a jerarquizar y tener una atención prioritaria de medidas de seguridad con el objetivo de mitigar peligros potenciales.

El elaborar una lista de los riesgos de accidentes mayores, son el punto de partida para el establecimiento de un programa tanto de seguridad como de control adecuado del proceso de producción.

## 1.2 Análisis de riesgos en la industria petrolera.

El análisis de riesgos en la industria petrolera es muy importante, para la seguridad del personal, medio ambiente y de las instalaciones; ya que para las reaseguradoras es un requisito indispensable que deben cumplir las refinerías.

En el mundo, la industria petrolera a tenido que modernizar sus plantas con tecnología de punta, ya que todos los procesos tienen sus riesgos, unos mayores y otros menores. En el caso del refinamiento de gasolinas, en particular, el proceso de alquilación es de alto riesgo ya que maneja en su proceso ácido fluorhídrico (HF) como catalizador, por lo cual, se tiene que hacer un análisis de riesgos detallado.

El análisis de riesgos en la industria petrolera consiste en la identificación, análisis y evaluación sistemática de los riesgos asociados a los factores externos e internos, con la finalidad de controlar y/o minimizar las consecuencias en las refinerías, tanto personal, ambiental y de producción.

Se puede aplicar durante el diseño, en la operación o en cualquier modificación. Consta de cuatro partes : la identificación de las fallas potenciales, la cuantificación de su probabilidad de ocurrencia en un lapso de tiempo determinado, el análisis de sus consecuencias y por ultimo, la estimación del riesgo como producto de la frecuencia.



### 1.3 Administración de Riesgos y sus Etapas.

La administración de riesgos es el proceso de evaluar, analizar, identificar y de ser necesario, controlar fuentes de exposición de riesgo a que esta expuesta la empresa, para evitar, reducir, retener o transferir dichos riesgos. Una buena administración de riesgos ya sea colectiva o reglamentaria, significa sopesar muchos atributos distintos de una decisión y generar alternativas

Para llevar a cabo una buena administración de riesgos, se deben de seguir paso a paso las siguientes etapas:

- ❖ **Planeación.**- requiere de la consideración de todos aquellos factores que pueden afectar el buen funcionamiento de la organización.
- ❖ **Organización.**- se distingue cada riesgo y se analizan las probabilidades de ocurrencia bajo distintos escenarios.
- ❖ **Integración.**- es la parte donde se acumulan todos los recursos, orientados con base a las fuerzas y debilidades, así como la cuantificación del impacto que estos tengan.
- ❖ **Dirección.**- una vez identificados, analizados y cuantificados se necesita la elaboración de programas y propuestas para el establecimiento de planes de acción y recursos que puedan prevenir los riesgos identificados.
- ❖ **Control.**- se establecen los programas de revisión y seguimiento para evitar que existan factores que provoquen nuevamente el riesgo.

#### 1.3.1. Objetivos de la administración de riesgos.

Su objetivo es desarrollar y clasificar las alternativas para controlar fuentes de exposición y riesgos, para que así se puedan minimizar los efectos económicos que origina un riesgo.

El desarrollo científico-técnico ha traído como consecuencias el desarrollo de métodos que permitan hacer una evaluación y un análisis de riesgo con la mayor confiabilidad con el que pueda ser realizado.

Cuando se planea, diseñan, modifican y operan instalaciones, se debe de garantizar que los riesgos estén clasificados e identificados.

Se debe de garantizar que la estructura operativa de la instalación esta hecha de tal forma que permita la operación segura de la instalación en todo momento. La administración es la que se encarga de tomar las medidas necesarias para



garantizar la seguridad de la planta, dando la capacitación necesaria al personal de operación de los riesgos a los cuales esta expuesto, esto con el fin de hacer conciencia en los propios trabajadores y así reducir los riesgos por error humano.

Cuando se planea, diseña y modifican instalaciones y procesos se deben de garantizar las técnicas críticas de evaluación, tales como análisis de riesgos, estudios de riesgo y operabilidad HazOp, Árbol de Fallas y Análisis de árbol de eventos serán utilizados, para que los peligros sean identificados y clasificados tan pronto como sea necesario en las diversas etapas del proyecto, incluyendo la etapa de investigación. Estos estudios deben de tener en cuenta los eventos extremos anormales tales como fallas de energía, terremotos y condiciones extremas del clima así como peligros del proceso.

Las técnicas como evaluación cuantitativa de riesgos, pueden dar un parámetro para toma de decisiones en aspectos de seguridad. Esta evaluación permite una relativa clasificación de los riesgos y da una ayuda para determinar las medidas preventivas adecuadas.

Las medidas de seguridad deben tomar en cuenta la posibilidad de los errores técnicos y humanos para hacer cumplir los procedimientos de seguridad adecuadamente.

Los programas de mantenimiento deben ser revisados estricta y periódicamente para garantizar una mayor seguridad, además, se deben de mantener registros de cualquier falla encontrada durante el mantenimiento del equipo, tuberías etc., de lo contrario, se podría afectar la seguridad del personal de operación.

#### 1.4 Normatividad.

Dado el crecimiento significativo de las plantas químicas se deben de tomar en cuenta todas las medidas necesarias para evitar algún riesgo.

La forma en que se puede realizar un mejor control y seguimiento de los accidentes ocurridos en los diferentes tipos de instalaciones es recuperar y registrar la información. En base a esta necesidad, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), integro un documento que se refiere a los accidentes químicos ocurridos en la republica.

Existen tres clases de normas:

- a) Normas nacionales.- son elaboradas, sometidas a un periodo de información pública y sancionadas por un organismo reconocido



legalmente para desarrollar actividades de normalización en un ámbito nacional.

- b) Normas Regionales.
- c) Normas Internacionales.

## **Ley Federal del Trabajo**

### *Capítulo Sexto*

#### Título noveno. - Riesgos de trabajo.

El artículo 504 trata sobre los riesgos de trabajo que pueden presentar un trabajador en el desarrollo de cierta actividad dentro de su centro de trabajo. Si el trabajador sufre algún accidente se debe dar aviso escrito a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, al inspector de trabajo y a la junta de conciliación y arbitraje, dentro de las 72 horas siguientes.

#### Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo

### *Capítulo Sexto*

Manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general, materiales y sustancias químicas peligrosas.

Deberá realizarse en condiciones técnicas de seguridad para prevenir y evitar daños a la vida y salud de los trabajadores, así como en el centro de trabajo, de acuerdo a las disposiciones del presente capítulo.

Las instalaciones y áreas de trabajo en las que se manejen, transporte y almacenen materiales y sustancias químicas peligrosas, deberán contar con las características necesarias para operar en condiciones de seguridad e higiene. Será responsabilidad del patrón realizar un estudio para analizar el riesgo potencial de dichos materiales y sustancias químicas, a fin de establecer las medidas de control pertinentes, de acuerdo a las normas correspondientes.

### *Capítulo Segundo.*

#### Prevención, protección y combate de incendios.

En los centros de trabajo se deberá contar con medidas de prevención y protección, así como con sistemas y equipos para el combate de incendios, en



función al tipo y grado de riesgo que entrañe la naturaleza de la actividad, de acuerdo con las normas respectivas.

### *Capítulo Tercero.*

#### Sustancias Químicas Contaminantes Sólidas, Líquidas o Gaseosas

En su artículo 82 dice que en los centros de trabajo donde se utilicen sustancias químicas sólidas, líquidas o gaseosas, que debido a los procesos, operaciones, características físico químicas y grado de riesgo, sean capaces de contaminar el ambiente de trabajo y alterar la salud de los trabajadores, el patrón estará obligado a establecer las medidas de seguridad e higiene que señalen las normas respectivas.

#### 1.4.1 Normas internacionales.

##### **OSHA 18001**

OHSAS 18001 brinda los requisitos que debe cumplir un Sistema de Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional, para permitir que la organización controle sus riesgos y mejore su desempeño en esta materia.

Esta norma no está dirigida a la seguridad de los productos y servicios sino a la salud y seguridad ocupacional.

##### **SCC**

Este sistema tiene por objeto la seguridad, salud y protección del medio ambiente en la industria química y petroquímica. Fundamentalmente la aplican los subcontratistas por exigencias de empresas de primera línea de estas industrias.



# CAPÍTULO II METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS



## 2 . METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO

### *INTRODUCCIÓN.*

Cualquier método de análisis de riesgos busca mejorar la confiabilidad de las instalaciones de proceso e identificar eventos que pudieran potencialmente dar como resultado la liberación de materiales peligrosos o energía a la atmósfera, paros no deseados en las plantas o problemas de operación que pudieran resultar en situaciones peligrosas.

Anteriormente este trabajo se hacia empleando una persona con una muy grande experiencia en los procesos y que conociera profundamente la historia de las instalaciones. Esto funciono razonablemente bien mientras las plantas fueron pequeñas y simples, pero, al hacer de mayor tamaño y complejidad, se fue haciendo más difícil encontrar este tipo de personas con suficiente experiencia para comprender todas las facetas de las nuevas plantas.

Es obvio que se necesitaba una metodología. Esta llevo durante la segunda guerra mundial, cuando los alemanes comenzaron a desarrollar las bombas V-1 y V-2 y que fallaban continuamente. Al término de la guerra, la falta de confiabilidad en el equipo electrónico de la marina y fuerza aérea de los estados unidos, llevo a mejorar las técnicas y metodologías de pronósticos de fallas que, tuvieron su mayor desarrollo durante los años 60's al implementar el plan espacial norteamericano.

Posteriormente emergencias ocurridas en las plantas como las de seveso, Tree Mile Island, San Juan Ixhuatepec o Bophal, mostraron la necesidad de aplicar estas metodologías a las instalaciones de proceso.

### 2.1 . Técnicas de identificación de riesgos.

#### 2.1.1 . Características de las principales metodologías de evaluación de riesgos.

La identificación del riesgo es, de hecho, el paso más importante del análisis, dado que constituye el punto de partida y condiciona su planteamiento. Los métodos existentes para lograr este objetivo difieren, tanto en su carácter cualitativo como en su grado de sistematización. Una vez identificado el riesgo que sea importante, es probable que se tomen medidas para reducirlo, incluso si la evaluación cuantitativa posterior es defectuosa.



Para decir que en una instalación determinada de una planta química puede ocurrir un accidente, es necesario un estudio que indique cuales son los mecanismos o secuencias de los acontecimientos por los cuales se originó el accidente con la finalidad de actuar sobre los mismos.

## 2.2 . Métodos comparativos.

### 2.2.1 . Métodos Comparativos de Identificación de Riesgo.

Los métodos comparativos se basan en la experiencia previa acumulada en un campo determinado, bien como registro de incidentes previos en forma de códigos o listas de comprobación. Los índices de riesgos, si bien no suelen identificar peligros concretos, son útiles para señalar las áreas de mayor concentración de riesgo, que requieren un análisis más profundo o medidas suplementarias de seguridad.

Los métodos generalizados proporcionan esquemas de razonamiento aplicables a cualquier situación de riesgo, lo que los convierte en una herramienta de análisis versátiles y de gran utilidad.

### 2.2.2 . Lista de Verificación ( CHECKLIST).

Una lista de verificación ó CHECKLIST es un conjunto ordenado de preguntas que se hacen acerca de la organización, operación, mantenimiento y otras áreas importantes de una planta. Históricamente, el propósito principal para desarrollar una lista de verificación ha sido el de mejorar “la confiabilidad y desempeño humano” durante las varias etapas del proyecto ó asegurar el cumplimiento con las leyes y normas de ingeniería. El procedimiento consiste en examinar cada uno de los elementos de un sistema y el resultado de la verificación se anota en la hoja de verificación. Las listas de verificación representan el método más sencillo empleado en la identificación de riesgos.

Como técnica de identificación de riesgos, las listas de verificación se usan como un medio para comprobar si se han cumplido todos los requerimientos de un diseño o proceso. Por lo tanto, el método se emplea, generalmente, al término de las actividades de una fase del proyecto, por ejemplo, investigación y desarrollo, ingeniería básica, ingeniería de detalle, construcción. Las listas de verificación se basan, desde luego, en la experiencia y conocimiento del (o los) analistas, apoyados también en códigos y normas.





### Ventajas.

- 1.- Es el método más sencillo empleado en la identificación de riesgos.
- 2.- Los resultados de una lista de verificación son **cualitativos**.
- 3.- Permiten evaluar el grado de cumplimiento de los procedimientos y la identificación de los riesgos potenciales.
- 4.- Permite comprobar el estado en que se encuentra cada elemento del sistema.
- 5.- Aun cuando el desarrollo de una lista de verificación requiere del personal especializado se puede usar por personal menos calificado, entrenado adecuadamente en su aplicación.
- 6.- El empleo de Listas de verificación se basa en un comportamiento sobre reglas escritas, es decir, que alguien debe seguir un formato para desarrollar una serie de acciones particulares todas las veces que sea necesario.
- 7.- una lista de verificación proporciona una documentación sencilla del estado en que se encuentra el elemento de inspeccionado pero no establece categorías entre los elementos.

### Desventajas.

- 1.- una lista de verificación no proporciona información sobre las iteraciones posibles entre los subsistemas y sistemas.
- 2.- el método se enfoca en el análisis de un elemento cada vez, de tal forma que impide la identificación de los riesgos derivados de interdependencia o interacciones entre los elementos, procesos y procedimientos.
- 3.- presentan una tendencia a limitar el campo de análisis al atributo inmediato, restringiendo al personal en el empleo de su imaginación, intuición y creatividad en la identificación de áreas potencialmente peligrosas.
- 4.- la desventaja más significativa del método es que solo es tan buena como la habilidad y la experiencia previa en la (s) persona (s) que preparo la lista.



### 2.2.3 . Análisis Histórico de Accidentes.

El análisis histórico de accidente es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos recogidos en el pasado sobre accidentes industriales y, por lo tanto, son reales y concretos.

La información de accidentes ocurridos en el pasado se puede encontrar en diferentes fuentes, tales como archivos internos de la compañía, información de prensa e informes de las comisiones de investigación.

Dentro de las principales fuentes de información para la industria química se tiene: Chemical Accident Failure Incidents and Chemical Hazards Databank (CHAFIN), Chemical Hazards in Industry (CHI), Hazard and Reability Information Sistem (HARIS), Sumary of Notable Accidents in Technical Activites (SONATA), etc.

La ventaja de esta técnica radica en que se refiere a accidentes ya ocurridos, por lo que los peligros identificados con su uso son indudablemente reales. Por otro lado, ahí reside también su principal limitación, ya que el análisis sólo se refiere a accidentes que han tenido lugar y de los cuales se posee información. El número de casos a analizar es por tanto, finito, y no se cubre, ni mucho menos, todas las posibilidades importantes, sin embargo, el análisis histórico de accidentes es una técnica útil, que permite la identificación de riesgos concretos.

Desafortunadamente en México no se tiene un registro sistematizado de accidentes y existen algunas empresas que no informan los accidentes en que se ven involucradas.

## 2.3 . Métodos Generalizados.

### 2.3.1 . Análisis “WHAT IF” (¿Qué pasa si?)

Este método consiste en una revisión, por parte de un grupo interdisciplinario, quienes se hacen la pregunta “¿Qué pasa si?”, para diferentes situaciones. Este tipo de análisis es mucho menos estructurado que el análisis HazOp, debido a la falta de un mayor desarrollo en su metodología, ya que se requiere de una mayor experiencia por parte del equipo que lo lleva a cabo; de lo contrario, son más que probables omisiones importantes.

El objetivo de un análisis What if es considerar las consecuencias negativas de posibles sucesos inesperados y utiliza la pregunta “¿Qué pasa si?”; aplicada a desviaciones en el diseño, construcción, modificación y operación de instalaciones industriales.



### 2.3.2 . Hazar and operability ( HazOp.)

Durante la década de los 60's se desarrollo la metodología conocida como hazard and operability studies (HazOp) por la división Mond de ICI. La aplicación principal del método de análisis de riesgos y operabilidad (HazOp) ha sido en la evaluación de plantas nuevas, sin embargo la técnica es perfectamente aplicable al estudio de las condiciones de operación y los riesgos potenciales que se presentan en plantas que ya existen. Estas instalaciones han operado por muchos años y han sufrido modificaciones, ampliaciones o mejoras varias veces durante su vida útil.

Un estudio HazOp puede ser considerado como una forma estructurada del análisis "¿Qué pasa sí?", diseñado para investigar posibles desviaciones del diseño pretendido, que pudieran resultar en una situación peligrosa o prevenir la eficiencia de la operación y proporcionar soluciones a estos problemas. La estructura de un estudio HazOp se basa en el uso de una serie de palabras clave que al ser combinadas producen las preguntas que se tienen que analizar. Este acercamiento estructurado ayuda a asegurar al grupo de trabajo de no olvidar alguna pregunta importante. Un estudio HazOp tiene dos objetivos principales:

- ❖ **identificación de riesgos.**- identifica las características de las plantas, procesos, sistemas, equipos o procedimientos que pueden representar accidentes potenciales.
- ❖ **identificación de problemas de operación.**- identifica los problemas potenciales de operatividad que pudieran dar por resultado fallas en la obtención de la productividad diseñada. Estos problemas pueden ser o no ser peligrosos.

Para desarrollar un estudio HazOp se requiere de una descripción completa del proceso y se cuestiona cada una de las partes de proceso y cada componente para descubrir que desviaciones del propósito original, por lo cual fueron diseñados, pueden ocurrir y determinar cuales de esas desviaciones pueden dar lugar a riesgos al proceso o al personal.

#### 2.3.2.1 Palabras clave.

Los componentes se analizan mediante el empleo de palabras guía que pueden ser primarias o secundarias, las cuales están concebidas para asegurar que las preguntas exploren todas las posibilidades de que su funcionamiento se desvíe de su intención y propósito de diseño. Estas reflejan tanto el propósito, como aspectos operacionales de la planta bajo estudio. Palabras típicas orientadas al proceso, pudieran ser las siguientes:



Flujo	Nivel
Temperatura	Presión
Viscosidad	Composición
Nivel	Adición
Reacción	Mantenimiento
Prueba	Instrumentación
Muestreo	Separación
Corrosión/Erosión	Reducción
Reducción	Mezclado

Palabras secundarias.

### Guías estándar

No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Reversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Substitución completa

Ejemplo:

Considere un proceso que consiste en transferir una mezcla líquida "A" hacia un tanque

No/ninguna	No hay flujo de la mezcla "A"
Más	El flujo es mayor al diseño
Menos	El flujo es menor al diseño
Además de	"A" lleva un contaminante "B"
Parte de	Alguno de los componentes de "A" no está presente
Reversa	Flujo en dirección opuesta
Otro que	Se transfiere el material "D" en lugar de "A"



### 2.3.2.2 Grupo de trabajo.

El HazOp es un estudio llevado a cabo por un equipo multidisciplinario, el grupo de trabajo, que conducirá el estudio de Hazop, debe consistir de personas con una buena comprensión del proceso y de la planta bajo estudio. El grupo, idealmente debe formarse por alrededor de seis miembros y con un máximo de nueve. Los participantes, deben ser de varias disciplinas, y este aspecto es una de las fortalezas de la metodología el Hazop, lo cual involucra.

- ✓ Ingeniero de Operación.
- ✓ Ingeniero de Seguridad.
- ✓ Ingeniero de Mantenimiento Mecánico
- ✓ Ingeniero de Mantenimiento Eléctrico.
- ✓ Ingeniero de Mantenimiento Civil.

La composición final del grupo de Hazop, variará de acuerdo al tipo de planta bajo estudio. Una de las personas que debe siempre ser incluida, es la del área de operaciones o producción. Esta persona, debe tener experiencia de primera mano, en las operaciones diarias de la planta en revisión. La contribución de esta persona puede ser invaluable, ya que incluye una perspectiva operacional que ninguno de los otros participantes pudieran tener.

En un estudio de Hazop, este líder o guía del proyecto, debe conocer perfectamente la metodología del Hazop y debe ser cuidadosamente seleccionado, para lograr un progreso eficiente y sin problemas del estudio.

Otro miembro importante del grupo, es el Secretario. Su contribución en las discusiones pudiera ser mínima, ya que su principal función es la de registrar la información generada en el estudio.

### 2.3.2.3 Trabajo de preparación.

Es muy importante, que antes de que inicie un proyecto de Hazop, se haga un trabajo de preparación el cual es responsabilidad del líder o guía del Hazop y los requerimientos son los siguientes:

- a) Reúna los datos

Toda la documentación relevante debe ser colectada previamente. Típicamente esto pudiera consistir de lo siguiente:

- ✓ Un diagrama de flujo del proceso.



- ✓ Una descripción comprensiva del proceso, conteniendo parámetros de operación, flujo, volúmenes, etc.
- ✓ Diagramas de instrumentación y tuberías.
- ✓ Si está disponible, información de paquetes de vendedores.
- ✓ Diagramas de distribución de la planta.

Para iniciar con el estudio HazOp, es necesario contar con los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's), Diagramas de Flujo Proceso (DFP's) y Diagrama de Localización General (PLG) **actualizados** y que el equipo multidisciplinario haya entendido la operación normal de la planta. El HazOp debe ser conducido por un coordinador, facilitador o guía del equipo, con experiencia en realizar estudios HazOp's, quien promoverá la creatividad para aplicar las palabras guía, con el objeto de identificar el problema, no de resolverlo.

Una vez cubiertos los puntos anteriores, se procede a dividir el proceso en circuitos. A su vez, los circuitos serán divididos en nodos. Los nodos son partes del proceso lo suficientemente pequeños para poderse manejar y lo suficientemente grandes para ser significativos, es decir, se considera como nodo un equipo con sus líneas de alimentación y descarga o aquella parte del proceso en la cual un parámetro de la operación varía.

Posteriormente se selecciona un nodo y se determinan los parámetros del mismo. Los parámetros son las condiciones físicas o químicas del proceso que pueden medirse o inferirse, dentro de los parámetros más importantes se tienen: flujo, temperatura, presión, nivel, composición, etc.

A cada uno de los parámetros se le aplicarán las palabras guía que lo "modifican", las palabras guía que se utilizan son: no, más, menos, parte de, también como, otro que e inverso. Al aplicar una palabra guía al parámetro se obtiene una desviación, por ejemplo si el parámetro es flujo y la palabra guía es menos, la desviación será menos flujo.

Para cada desviación hay que:

- Identificar causas.
- Determinar consecuencias, para cada causa, asumiendo que fallan todas las protecciones o no existen.
- Listar las salvaguardas y protecciones.
- Determinar el nivel de riesgo para cada causa, considerando la frecuencia con la que se da la causa y la gravedad de la consecuencia.
- Hacer recomendaciones para minimizar el riesgo, ya sea realizándolas para disminuir la frecuencia de la causa o para disminuir la gravedad de la consecuencia.



Las recomendaciones se clasifican de acuerdo al nivel de riesgo encontrado, basado en la matriz de riesgos. El riesgo es la probabilidad de daño y está en función de la frecuencia y de la gravedad.

#### 2.3.2.4 Clasificación de riesgos y sus recomendaciones.

La clasificación de riesgos y sus recomendaciones se realiza en base al Manual de Análisis de Riesgos, documento número 312-40900-03-229, Rev. 2, emitido por la Superintendencia de Inspección Técnica y Seguridad Industrial de la Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa.

El índice ó número de riesgo nos permite tomar decisiones sobre la aceptabilidad ó no del riesgo, ó bien asignar prioridades a las acciones recomendadas. El sistema para establecer las prioridades de las recomendaciones implementadas deberá usar una matriz de índice de riesgo que combine la probabilidad de ocurrencia de un accidente y la severidad ó gravedad de las consecuencias del mismo. Las recomendaciones se clasificaron de la siguiente manera:

*A: Inaceptable.*

*B: Indeseable.*

*C: Aceptable con controles.*

*D: Aceptable como está.*

**Clase A:** Las recomendaciones de la clase **A** tienen muy alta prioridad. Esto significa que es necesaria una acción inmediata para mitigar la ocurrencia del accidente ó su consecuencia.

**Clase B:** Las recomendaciones de la clase **B** tienen prioridad alta. Esto quiere decir que la administración debe evaluarlas mediante un análisis de costo-beneficio y el fundamento de la recomendación dada para reducir el riesgo, para que con base a esto se tome la decisión de “aceptar ó no el riesgo”. Estas podrán implementarse durante los 12 meses siguientes.

**Clase C:** Las recomendaciones de la clase **C** tienen prioridad media. Esto es que, la acción correctiva que se tome mejorará aún más la seguridad pero que el proceso puede seguir operando con seguridad aunque la recomendación no se implemente. Estas podrán implementarse durante los próximos 24 meses.

**Clase D:** Las recomendaciones de la clase **D** tienen baja prioridad. Esto significa que la acción correctiva que se tome mejorará aún más la seguridad pero que el proceso puede seguir operando con seguridad aunque la recomendación no se implemente.



### 2.3.2.5 Matriz de riesgos.

La frecuencia de una causa se establece del número 1 al 4, de acuerdo a la siguiente forma:

- a) Frecuente.
- b) Ocasional.
- c) Posible.
- d) Improbable.

La gravedad de las consecuencias, según el Manual de Análisis de Riesgos GPASI de la Refinería, establece cuatro grupos que son:

- Seguridad a la Vida,
- Instalaciones,
- Medio Ambiente y
- Sistema operativo.

Al igual que la frecuencia, las consecuencias están clasificadas del 1 al 4 de la forma siguiente:

1. Catastrófico.
2. Mayor.
3. Significativo.
4. Importante.

La gravedad de las consecuencias y la clasificación de ésta se unen en una matriz para determinar el nivel de las consecuencias, matriz que a continuación se presenta:





Tabla 2.1. Matriz de consecuencias.

CONSECUENCIAS	4 Importante	3 Significativo	2 Mayor	1 Catastrófico
Seguridad de la vida	Un lesionado dentro de la refinería	Varios lesionados dentro de la refinería	Un lesionado fuera de la refinería y una pérdida de vida dentro de la refinería.	Pérdida de una o más vidas fuera de la refinería.
Instalaciones	Menor a 250,000.00	Menor a 2,500,000.00	Mayor a 2,500,000.00	Mayor a 25,000,000.00
Medio Ambiente	Fuga menor	Fuga menor que requiere limpieza dentro de la refinería	Fuga mayor que no requiere limpieza fuera de la refinería	Fuga mayor que requiere limpieza fuera de la refinería
Operativo	Paro de equipo o sección de planta	Paro de una planta	Paro de más de una planta	Paro de la refinería

La frecuencia y la clasificación de las consecuencias, se unen en una matriz de riesgos para determinar el nivel o grado del riesgo.

Tabla 2.2. Matriz para determinar el nivel o grado de riesgo.

3 FRECUCENCIA	CONSECUENCIA				GRADO DE RIESGO A: Inaceptable B: Indeseable C: Aceptable con controles D: Aceptable Como está
	4	3	2	1	
1 Frecuente	C	B	A	A	
2 Ocasional	D	C	B	A	
3 Probable	D	D	C	B	
4 Improbable	D	D	D	C	

### 2.3.2.6 Entrega del reporte.

El reporte del Hazop, es un documento clave respecto a la seguridad de la planta. El reporte incluye los miembros del grupo de trabajo, las fechas de las reuniones, las palabras claves aplicadas y cada detalle de los resultados del estudio del grupo. Sin embargo, es usual incluir una descripción general cuyo contenido generalmente es el siguiente:



- ✓ Una descripción de los términos de referencia y enfoque del estudio.
- ✓ Una muy breve descripción del proceso estudiado.
- ✓ Los procedimientos y protocolos utilizados. Se debe listar las combinaciones aplicadas de las palabras clave, junto con una explicación de éstas, dado al grupo al inicio del estudio. También se deben explicar las Hojas de Acciones producidas y las respuestas dadas a estas acciones.
- ✓ Comentarios generales. Si, por ejemplo, al grupo se le asegura que se tendrán universalmente ventilaciones en los puntos altos y drenajes en los puntos bajos, se debe mencionar esta aseveración, así como su fuente. Si ciertos detalles de paquetes de vendedores no estuvieran disponibles, se debe explicar y listar los elementos que no fueron revisados.
- ✓ Resultados. Estos son generalmente las acciones recomendadas.

También se debe incluir en el reporte Hazop, un Apéndice conteniendo:

- ✓ Copias maestras de los diagramas estudiados
- ✓ Copias de la información técnica utilizada
- ✓ Los cálculos generados.

## 2.4 Análisis cuantitativos de riesgo.

### 2.4.1 Analisis de Arbol de Fallas (FTA)

Es una técnica deductiva que hace énfasis en un tipo de accidente o falla del sistema principal, proporcionando un método para mostrar de manera grafica las diversas causas primarias y secundarias.

Un punto fuerte de importancia del Análisis de Árbol de Fallas es su capacidad de ayudar a los analistas a identificar combinaciones de acontecimientos que pueden llevar a un accidente y visualizar la relación entre los pasos en una senda de falla. Un Árbol de Fallas permite a los analistas determinar la importancia relativa de las diversas causas básicas, permitiéndoles así hacer énfasis en medidas preventivas o de mitigación de estas causas básicas para reducir la posibilidad del evento principal. Con frecuencia el modelo de



Análisis de Árbol de Fallas se basa en las relaciones causa-efecto descubierta a través de la aplicación de otras técnicas de evaluación de peligros.

Un árbol de fallas es una grafica conectada, orientada y sin ciclos, que posee las características de los árboles de decisión y en las que se tienen, las siguientes características:

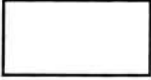
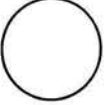
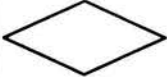

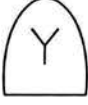
- La capacidad de sus ramas se define por la probabilidad del flujo que ocurre en esa rama; es decir, la probabilidad de que ocurra un evento peligroso.
- Cada nodo del árbol tiene almenos dos ramas que conducen a él, pero sólo una que sale de el.
- La capacidad de la rama que sale de algún nodo se puede determinar por alguna combinación lógica de las capacidades de todas las ramas que llegan a ese nodo. La herramienta que permite trabajar con la lógica binaria es el álgebra de boole.

El análisis de árbol de fallas es, por lo tanto, un proceso deductivo que permite determinar como puede tener lugar un suceso en particular. Como método de análisis de riesgos es de los más estructurados, y puede aplicarse a un solo sistema o a sistemas interconectados. Es además, una de las pocas técnicas capaces de tratar adecuadamente las fallas de causa común.

El análisis de árbol de fallas (FTA por sus siglas en inglés, Fault Tree Analisis) es una técnica cuantitativa de riesgos que nos proporciona la probabilidad ó la frecuencia con que puede ocurrir un evento indeseable, que llamaremos evento culminante ó escenario potencial de accidente, en la Planta de Alquiler 2. El evento culminante se puede dar mediante la combinación de fallas de un equipo, de sus componentes ó fallas del operador. La probabilidad ó frecuencia del evento culminante se determina sumando las frecuencias ó las probabilidades y multiplicando las probabilidades con probabilidades ó las probabilidades con frecuencias pero nunca multiplicando las frecuencias con frecuencias. La técnica FTA usa puertas de entrada y salida, las cuales son representadas por símbolos y por las letras "Y" (que representa el producto) y "O" (que representa la suma).

En la tabla 2.3. se presenta la simbología empleada para la construcción de árbol de fallas.

Tabla 2.3. Simbología para la elaboración de un árbol de fallas.

<i>Símbolo</i>	<i>Aplicación</i>
	Sucesos intermedios: Resultan de la interacción de otro suceso, que a su vez se desarrollan mediante puertas lógicas.
	<b>Sucesos Básicos:</b> Constituyen la base de la raíz del árbol. No necesitan desarrollo posterior en otros sucesos.
	Sucesos no desarrollados: No son sucesos básicos y podrían desarrollarse más, pero el desarrollo no se considera necesario, o no se dispone de la suficiente información.
	Puertas "O": Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de uno o más sucesos de entrada para producir el suceso de salida.
	Puertas "Y": Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los signos de entrada para producir el proceso de salida.

#### 2.4.1.1 Algoritmo.

- Se identificarán los sistemas de fallas que se analizarán, los cuales se colocarán en la parte superior del árbol (evento tope).
- En el siguiente nivel se colocan los subsistemas, de los cuales se identifican las fallas que pueden traer como consecuencia el evento tope.
- Se determina la relación lógica entre los subsistemas de fallas que son requeridas para producir el evento de la parte superior.
- Usar las compuertas "Y" u "O", se sigue la estructura lógica que muestra la relación de los subsistemas de fallas que produce el evento tope.
- Realizar el siguiente subsistema más bajo y llevarlo a cabo hasta que las fallas de los respectivos niveles han sido identificados.



- Seguir con la estructura lógica identificada por las compuertas en el A.F. hasta que las probabilidades de los eventos superiores hallan sido calculadas.
- Cuando todas las secuencias se han identificado, se utilizan los conjuntos mínimos para calcular la probabilidad del evento culminante.

Un árbol ya resuelto proporciona información que nos servirá para obtener una frecuencia del incidente.

Los análisis realizados con el estudio de Árboles de Falla. identifican los riesgos asociados con la operación del sistema. El criterio utilizado para evaluar la probabilidad de ocurrencia de un evento en forma numérica junto con su equivalencia se presenta a continuación, a fin de favorecer la interpretación de los valores numéricos indicados.

#### 2.4.1.2 Criterio para la asignación de probabilidades a los eventos básicos en un árbol de fallas.

El criterio para asignar probabilidad a los eventos básicos en un árbol de fallas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.4. Probabilidades.

PROBABILIDAD (P)	FRECUENCIA PROBABLE (F)
1	Inminente (puede ocurrir en cualquier momento)
$1 \times 10^{-1}$	Muy probable (ha ocurrido o puede ocurrir varias veces al año)
$1 \times 10^{-3}$	Probable (ha ocurrido o puede ocurrir en un año)
$1 \times 10^{-5}$	Poco probable (no se ha presentado en 5 años)
$1 \times 10^{-7}$	Improbable (no se ha presentado en 10 años)
$1 \times 10^{-9}$	No se ve probabilidad de que ocurra



#### 2.4.2 Análisis de Arbol de Eventos (ETA)

Esta técnica analiza las consecuencias que pueden tener lugar a partir de un suceso determinado. El análisis del árbol es especialmente adecuado para estudiar las posibles secuencias de evolución de los acontecimientos tras un accidente, permitiendo analizar los escenarios y establecer entre ellos una jerarquía en cuanto a su gravedad.

El objetivo de construir un árbol de sucesos es identificar los resultados importantes posibles que tienen valor para la evaluación del riesgo.

#### 2.4.3 Análisis de los Modos de Falla y sus Efectos (FMEA).

El Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA) es un potente y detallado método cualitativo que analiza sistemáticamente los modos de falla de los elementos y subsistemas e identifica su efecto sobre el sistema. Su objetivo básico es identificar las zonas de diseño de un nuevo sistema que necesitan ser mejoradas para asegurar que será fiable y seguro para la misión que se le asigna. Existen diversas modalidades de este método tales como *FMEA*, *FMECA* etc.

La característica más sobresaliente de este método es que trata todos los elementos del sistema proporcionando todos los modos de falla a considerar. Es posible cuantificar los acontecimientos mediante el uso de probabilidades o frecuencias esperadas para los diferentes modos de falla y en muchas ocasiones se utiliza un *FMEA* como paso previo para la aplicación de otros métodos tales como el de Árbol de Fallas o el de Secuencias de Sucesos.

#### 2.4.4 Análisis de consecuencias.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, en ocasiones llamado un evento episódico. Los accidentes en instalaciones de proceso químicos o en el transporte de materiales peligrosos pueden incluir explosiones de nubes de vapor catastróficas y explosiones de vapor en expansión de líquidos en ebullición (BLEVEs). Las características y consecuencias de este tipo de incendios, explosiones y formaciones de nubes de vapor son un enfoque principal del análisis de consecuencias en industrias de proceso.

Los métodos cuantitativos y modelos matemáticos de simulación, ayudan a los analistas y a la gerencia de la instalación industrial, a determinar la importancia relativa de cada uno de los eventos no deseados e identificados y esto permite la toma de decisiones sobre la inversión de recursos en forma más eficiente para la reducción de riesgos.



Los modelos matemáticos simulan la descarga de estos materiales, generando información muy útil para determinar las consecuencias de suscitarse un accidente, incluyendo la velocidad de descarga del material, la cantidad total que es descargada, y el estado físico del material descargado. Esta información es valiosa para evaluar el diseño de nuevos procesos y en el caso de procesos en operación evalúa los sistemas de seguridad existentes en la instalación.

Los modelos están constituidos por ecuaciones empíricas o fundamentos que representan el proceso fisicoquímico que ocurre durante la descarga de un material.

Frecuentemente los resultados son sólo estimados desde las propiedades físicas, por lo que la mayoría de los modelos tienden a maximizar la tasa de descarga y la cantidad descargada. Esto asegura que la modelación se encuentra “del lado seguro”.

A continuación se describirán los tipos de eventos que pueden ocurrir como resultado de la descarga de un líquido presionado, un líquido no presurizado y de un vapor o gas presurizado.

**Pool Fire.** Cuando un líquido inflamable se fuga de un tanque de almacenamiento o una tubería, se forma una alberca o charco. Al estar formándose el charco, parte del líquido se comienza a evaporar siempre y cuando los vapores se encuentran sobre su límite inferior de inflamabilidad y con una fuente de ignición se forma un incendio del charco, mientras se encuentran los vapores.

**Flash Fire.** Cuando un material volátil e inflamable es descargado a la atmósfera, se forma una nube de vapor y se dispersa. Si el vapor resultante se encuentra con una fuente de ignición antes de que la dilución de la nube sea menor al límite inferior de inflamabilidad, ocurre el *flash fire*. Las consecuencias primarias de un *flash fire* son las radiaciones térmicas generadas durante el proceso de combustión. Este proceso de combustión tiene una corta duración y los daños son de baja intensidad.

**Jet Fire.** Si un gas licuado o comprimido es descargado de un tanque de almacenamiento o una tubería, el material descargado a través de un orificio o ruptura formaría una descarga a presión del tipo chorro “*Gas Jet*”, que entra y se mezcla con el aire del ambiente. Si el material entrara en contacto con una fuente de ignición, entonces ocurre un *Jet Fire* o fuego de chorro.

**Fireball.** El evento de *Fireball* o bola de fuego resulta de la ignición de una mezcla líquido/vapor flameable y sobrecalentada que es descargada a la



atmósfera. El evento de fireball ocurre frecuentemente seguido a una Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición “*BLEVE*”.

**Explosión.** Una explosión es una descarga de energía que causa un cambio transitorio en la densidad, presión y velocidad del aire alrededor del punto de descarga de energía. Existen explosiones físicas, que son aquellas que se originan de un fenómeno estrictamente físico como una ruptura de un tanque presurizado o una *BLEVE*. El otro tipo de explosiones se denomina química, que son aquellas que tienen su origen en una reacción química como la combustión de un gas inflamable en el aire.

**BLEVE.** Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición “*BLEVE*”, ocurre cuando en forma repentina se pierde el confinamiento de un recipiente que contiene un líquido sobrecalentado o uno licuado a presión. La causa inicial de un *BLEVE* es usualmente un fuego externo impactando sobre las paredes del recipiente arriba del nivel del líquido, esto hace fallar el material y permite la repentina ruptura de las paredes del tanque.

Un *BLEVE* puede ocurrir como resultado de cualquier mecanismo que ocasione la falla repentina de un recipiente y permita que el líquido sobrecalentado flashee. Si el material líquido/vapor descargado es inflamable, la ignición de la mezcla puede resultar en un *fireball*.

**VCE.** Explosión por una Nube de Vapor “VCE”, puede definirse simplemente como una explosión que ocurre en el aire y causa daños de sobrepresión. Comienza con una descarga de una gran cantidad de líquido o gas vaporizado de un tanque o tubería y se dispersa en la atmósfera, de toda la masa de gas que se dispersa, sólo una parte de esta, se encuentra dentro de los límites superior e inferior de explosividad, y esa masa es la que después de encontrar una fuente de ignición genera sobrepresiones por la explosión. Este evento se puede generar tanto en lugares confinados como en no confinados.

**Nube Tóxica.** En los casos en que una fuga de material tóxico no sea detectada y controlada a tiempo, se corre el riesgo de la formación de una nube de gas tóxica que se dispersará en dirección de los vientos dominantes, y su concentración variará en función inversa a la distancia que recorra. Los efectos tóxicos de exponerse a estos materiales dependen de la concentración del material en el aire y de su toxicidad.

Para el análisis de consecuencias en la planta de Alquiler se utilizó un software especializado para simular los eventos y determinar los radios de afectación, conocido como **PHAST** (Process Hazard Analysis Safety Tool) versión 6.0. Este software es aceptado en México por el Instituto Nacional de Ecología (INE) y las compañías reaseguradoras, en los Estados Unidos por la Agencia de





Protección Ambiental (EPA) y la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), para la determinación de consecuencias en una evaluación de riesgo.

**Temperatura de Flash point.** La temperatura en la que un líquido es capaz de producir vapor suficientemente inflamable para encenderse.

**Temperatura de Auto-ignición.** La temperatura más baja a la que una mezcla de combustible encenderá espontáneamente.

**Explosión.** Liberación súbita de gas a alta presión en el ambiente. El gas se expande para equilibrar su energía en el ambiente. El frente de la expansión lleva asociada una onda de presión, cuya componente principal es una onda de choque.

#### 2.4.4.1 Tipos de explosiones.

**Deflagración.** Es una reacción exotérmica que se propaga a través de los gases ardientes por conducción, convección y radiación, aún el material que todavía no ha entrado en reacción.

**Detonación.** Es una reacción exotérmica caracterizada por la presencia de ondas de choque y, a diferencia de la deflagración, es que la reacción se propaga a una velocidad mayor que la del sonido dentro del material sin reaccionar.

#### 2.4.4.2 Elementos que se obtienen del análisis de consecuencias.

- Los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes.
- La severidad de la afectación en los distintos radios.
- Las medidas de seguridad a implementar para prevenir los accidentes.
- El programa de emergencia interna en caso de que ocurra un accidente.



# CAPÍTULO III

## APLICACIÓN DEL

### ANÁLISIS DE RIESGO



### 3 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO.

El análisis de riesgos se realizó con las técnicas: Hazard and operability (HazOp), Árbol de fallas y análisis de consecuencias. Para el HazOp, se dividió el proceso en circuitos, por lo que se presentan los Diagramas de Tubería e Instrumentación, DTI's, utilizados para cada circuito, de la Planta de Alquilación que se actualizaron durante el mismo periodo.

#### 3.1. Análisis HazOp.

Para esta tesis se hizo el estudio del Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP) en la planta de alquilación, de la cual se tomo los circuitos de **reacción y fraccionamiento** de los cuales se tuvo la participación como secretario.

##### ➤ *CIRCUITO DE REACCIÓN.*

Nodo: Reactor de alquilación EA-2320.

Nodo: Asentador de ácido FA-2302.

Nodo: Tanque acumulador de ácido fresco FA-2313.

##### ➤ *CIRCUITO DE FRACCIONAMIENTO*

Nodo: Torre fraccionadora DA-2300.

Nodo: Del domo de la DA-2300, al EA-2312, al acumulador FA-2304.

Nodo: Del acumulador FA-2304, GA-2305A/B y a la DA-2300.

Nodo: Calentador BA-2300, de fondos de la torre fraccionadora DA-2300.

Nodo: Rectificadora de butano DA-2302.



### 3.1.1. Descripción de los circuitos del análisis HazOp.

#### 3.1.1.1. Circuito del domo de la fraccionadora DA-2300.

Del domo de la torre fraccionadora DA-2300, sale la corriente ácida que va al condensador EA-2312 por la línea 8"-P-0990-HF2 la cual tiene un manómetro PI-2515, un indicador de temperatura TI-2326 y antes de entrar al condensador tiene un indicador de temperatura TI-2368, de ahí pasa al acumulador de ácido FA-2304 por la línea 6"-P-1124-HF2, la cual cuenta con un indicador de temperatura TI-2341. de ahí una parte se manda a reflujo por medio de la bomba GA-2305A/B, por la línea 6"-P-1125-HF2 que cuenta con un filtro strainer a la succión de la bomba y a la descarga tiene un manómetro local PI-2335, un PI-2357 y un transmisor de flujo FT-2393 que actúa con el FIC-2393 para controlar el flujo al mandar abrir o cerrar la válvula de flujo FV-2393 para llegar a la torre fraccionadora DA-2300 por la línea 3"-P-0991-HF2 la cual cuenta con un transmisor de flujo FT-2344 que actúa con el FIC-2344 para controlar el flujo al mandar abrir o cerrar la válvula FV-2344. la otra parte se va al DA-2303 por la línea 3"-P-1126-HF2 la cual cuenta con un transmisor de flujo FT-2350 que actúa con un FIC-2350 y LIC-2318 en cascada que controla el flujo al mandar abrir o cerrar la válvula de flujo FV-2350, para después pasar al condensador EA-2312A/B por la línea 4"-P-1127-HF2 la cual cuenta con un manómetro PI-2517, un transmisor de temperatura TI-2342, un transmisor de flujo FT-2352, FI-2352 y una válvula de presión que es controlada por el PIC-2358 del control de nivel de la agotadora de ácido DA-2303, para regresar al acumulador de ácido (reflujo), FA-2304.

La corriente que sale por la bota del acumulador de ácido FA-2304 es bombeada por la bomba GA-2306A/B por la línea 2"-P-0954-HF2 de la cual salen dos corrientes una que llega al enfriador del reactor EA-2320 por la línea 2"-P-0955-HF2 y la otra corriente llega al FA-2300 por la línea 2"-P-0986-HF6.

De la línea de reflujo 3"-P-0991-HF2 sale una corriente que va al regenerador de ácido DA-2301 por la línea de 1½"-P-1141-HF2, la cual tiene un transmisor de flujo FT-2353. la corriente de reflujo que sale por el domo de la regeneradora de ácido DA-2301 se conecta a la corriente de reflujo que va al condensador EA-2312A/B por la línea 6"-P-1122-HF2 la cual cuenta con una válvula de alivio PSV-2336, un transmisor de temperatura TT-2353 que actúa con el TIC-2353 para controlar el flujo al mandar abrir o cerrar la válvula de temperatura TV-2353, y un TI-2356.



La corriente que sale del sedimentador de ácido FA-2302 y es bombeado por la bomba GA-2301A/por la línea 12"-P-0949-HF2 tiene a la succión de la bomba una válvula motorizada MOV-2307, además de un filtro y a la descarga tiene un manómetro local PI-2383, una válvula motorizada MOV-2305, de aquí salen dos corrientes una que va al enfriador del reactor EA-2320 por la línea 10"-P-0950-HF2 que tiene un transmisor de flujo FT-2337 y una alarma de bajo flujo FAL-2337 además de un indicador de temperatura. Y la otra corriente se va al FA-2314 por la línea 4"-P-0962-HF2.

### 3.1.1.2. Circuito de reacción.

Del domo de balance de alimentación de olefinas FA-2300, sale la corriente de olefinas-isobutano, que es bombeada por la bomba GA-2300A/B por la lineal 6"-P-0905-HF6, la cual tiene un filtro a la succión de la bomba y a la descarga tiene una placa de orificio FO-2360 y un manómetro PI-2411A y llega al secador de alimentación de olefinas FE-2300A/B por la línea 4"-P-0907-HF7 la cual tiene un manómetro PI-2322, un transmisor de flujo FT-2334 que actúa con el FIC para controlar el flujo al mandar abrir o cerrar la válvula de flujo FV-2334. y antes de entrar al secador tiene una válvula XV-2305, y un indicador de temperatura TI-2310, de aquí se va al reactor enfriador EA-2320 por la línea 4"-P-0909-HF7-1 la cual tiene una válvula XV-2303 y un analizador de humedad con alarma AL-2302 y AAH-2302, antes de entrar al reactor enfriador EA-2320 la línea tiene una válvula motorizada MOV-2302, un transmisor de flujo FT-2336 que actúa con el FIC-2336 para controlar el flujo al mandar abrir o cerrar la válvula de flujo FV-2336 y un manómetro local PI-2382.

## 3.2. Análisis del árbol de fallas.

### 3.2.1. Descripción de los escenarios.

Se seleccionaron arbitrariamente tres escenarios para realizar análisis FTA, dichos escenarios son:

1. Sobrepresión de la torre fraccionadora DA-2300.
2. Fuga de alquilado por los sellos de la bomba GA-2303A/B, de fondos de la torre DA-2300.

Los escenarios aquí descritos, son para mostrar la sucesión de causas que desencadenarían al evento culminante de un incendio o sobrepresión y no porque hayan ocurrido, se reviso el registro de incidentes y accidentes de la planta y no se han presentado accidentes ni incidentes de importancia. A continuación se describen los escenarios.



Tabla 3.1. Descripción del escenario de alta presión en la torre fraccionadora DA-2300.

ESCENARIO DE ACCIDENTE	CAUSA / FUNDAMENTO	CONSECUENCIAS
1. Alta presión en la torre fraccionadora, principal DA-2300.	Una condición de alta presión en la torre fraccionadora, DA-2300; puede ocurrir por inestabilidades en el proceso; composición de la alimentación con alto contenido de propano, reflujo, instrumentos, o por un error humano.	Las consecuencias de la sobrepresión, puede solo culminar un relevo excesivo al desfogue, en fugas por conexiones y accesorios, o pueden ser catastróficas con daños a los trabajadores, al medio ambiente, a las instalaciones y a las plantas aledaña.

Tabla 3.2. Descripción del escenario fuga por sellos de la bomba de fondos GA-2303A o B.

ESCENARIO DE ACCIDENTE	CAUSA / FUNDAMENTO	CONSECUENCIAS
2. Fuga de alquilerado por los sello de la bomba GA-2303A o B, de fondos de la torre fraccionadora DA-2300, esta bomba da carga al calentador de fuego directo BA-2300 y salida de alquilerado a almacenamiento.	La bomba GA-2303, se puede incendiar por fuga en sello causada por cavitación provocada por un descontrol en las condiciones de operación, por sello mal instalado, por falla de las bridas de empalme, por fugas de la línea de descarga o succión o por un mantenimiento deficiente.	El incendio de la bomba GA-2303 AóB puede ser catastrófico ya que esta ubicada frente a la torre fraccionadora DA-2300, ésta puede sobrepresionarse por el calentamiento externo y puede provocar su ruptura, ocasionando serios daños al personal y a las instalaciones de la planta de Alquileración No.2.

### 3.2.2. Diagramas de árbol de fallas.

Primero se construye el árbol de fallas considerando todas las posibles causas que pudieran llevar al evento culminante, y posteriormente se asigna probabilidades para el cálculo de la probabilidad del evento culminante. La tabla siguiente muestra los diagramas representativos de cada uno de los Árboles de fallas descritos anteriormente:



Tabla 3.3. Relación de diagramas de árbol de fallas.

DIAG. NUM.	NOMBRE
FQ-1003-AF-02A FQ-1003-AF-02B	Diagrama de árbol de fallas. Presionamiento en la torre fraccionadora DA-2300.
FQ-1003-AF-03A FQ-1003-AF-03B FQ-1003-AF-03C	Diagrama de árbol de fallas. Fuga por sellos de la bomba de fondos GA-2303A o B.

Referirse a los diagramas arriba señalados para ver la secuencia de eventos que desencadenan al evento culminante para cada caso.

### 3.3. Análisis de consecuencias.

#### 3.3.1. Descripción de los escenarios.

En esta parte del estudio de riesgos, el cual se realizó en la *Planta de Alquilación II de la REFINERÍA "Héctor R. Lara Sosa" de Cadereyta de Jiménez N.L.* se presentan los resultados de la evaluación de efectos de incendio y explosión de dos escenarios de accidentes, los cuales fueron considerados como los de mayor riesgo de explosión. Estos escenarios fueron identificados durante el análisis HazOp y después de haber hecho una revisión e identificación de los eventos más críticos de la planta. A continuación se describen los escenarios de incendio y explosión seleccionados y sus posibles causas, fundamentos y efectos, así como también los modelos de evaluación de riesgos usados para cada uno de ellos.

La mayoría de los accidentes en plantas de Alquilación son resultado de derrames de materiales tóxicos, inflamables, corrosivos y explosivos. Por ejemplo, un material es descargado por orificios ocasionados por daños en el material de los tanques, por fugas en bridas, en sellos de bombas, en partes internas de válvulas y una gran variedad de otras fuentes.



Tabla 3.4

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS					
TIPO DE ESCENARIO	CAUSA Y FUNDAMENTO	EFECTOS			MODELO DE EFECTOS USADO
		RT	OP	T	
1. Fuga de ácido fluorhídrico de carro tanque de carga a la planta.	La fuga en el carro tanque puede ser debido a alguna fractura ocasionada por el movimiento brusco durante el procedimiento de descarga.			X	1. Modelo de dispersión de una nube toxica (Ver resultados del escenario 1 y Diagrama FQ-1003-AC-001).
2. Fuga alquilado por el fondo de la torre Fraccionadora principal DA-2300.	La fuga puede ser debido a la corrosión ocasionada por contenido de HF en el fondo de la torre por un descontrol del perfil de la misma.	X	X		1. Modelo de riesgos de incendio y Jef Fire (Ver tabla de resultados y Diagrama FQ-1003-AC-002).





Tabla.3.5.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS					
TIPO DE ESCENARIO	CAUSA Y FUNDAMENTO	EFECTOS			MODELO DE EFECTOS USADO
		RT	OP	T	
3. Fuga de productos de reacción en la línea de transferencia del reactor EA-2320 al asentador de ácido FA-2303	La fuga puede ser, debido a la corrosión ocasionada por los productos involucrados en esta parte del proceso			X	1. Modelo de descarga y dispersión de nube toxica (Ver tabla de resultados y Diagrama FQ-1003-AC-003).

RT: Radiación Térmica, OP: Onda de Presión., T: Dispersión de sustancia toxica.

### 3.3.2. Datos requeridos para cada modelo.

Tabla 3.6.

TIPO DE ESCENARIO	DATOS INICIALES	
	Parámetros de Operación	Propiedades Físicas de las Substancias Involucradas
1. Fuga de HF en carro tanque	<p><i>Operación</i></p> <p>T = 38 °C P = 6 Kg./cm<sup>2</sup></p>	<p>Ácido Fluorhídrico (HF)</p> <p>PM = 20.01 (g/g.mol)</p> <p>Pv (mmHg)=775 (20°C)</p> <p>T<sub>eb.</sub> = 19.5°C</p> <p>ρ<sub>rel</sub> = 0.988</p> <p>ρ<sub>vapor</sub>(aire=1)= 1.86</p> <p>T<sub>inf.</sub> = NA</p> <p>IDHL* (ppm) = 30</p> <p>STEL** (ppm) = 6</p>

**\*IDHL (Innmediatly Dangerous to Life or Health):** Concentración máxima de una sustancia en aire que un trabajador con buen estado de salud general puede soportar durante treinta minutos sin desarrollar síntomas que disminuyan su capacidad de realizar una evacuación sin sufrir daños irreversibles).

**\*\*STEL:** Concentración. Máxima a la que la mayoría de los trabajadores pueden exponerse por un periodo continuo de hasta 15 minutos sin sufrir:

- Irritaciones
- Cambios crónicos o irreversibles en los tejidos
- Narcosis que reduzcan su eficiencia, les predisponga al accidente o dificulte las reacciones de defensa.



Tabla 3.7.

<i>TIPO DE ESCENARIO</i>	<i>DATOS INICIALES</i>	
	<i>Parámetros de Operación</i>	<i>Propiedades Físicas de las Substancias Involucradas</i>
2. Fuga de Alquilado en fondo de la torre DA_2300.	<p><b>3.1 Operación</b></p> <p>T = 202 °C fondo P = 10.8 Kg./cm<sup>2</sup></p>	<p><b>4 Alquilado (2,2,4-Trimetilpentano)</b></p> <p>PM = 114 (g/g.mol) Pv (mmHg)=10 (20°C) T<sub>eb.</sub> = 125.6°C ρ<sub>rel</sub> = 0.7028 ρ<sub>vapor(aire=1)</sub>= 3.86 T<sub>inf.</sub> = 210°C L.I.I.= 1.0 % L.S.I.= 6.5 %</p>

Tabla 3.8.

<i>TIPO DE ESCENARIO</i>	<i>DATOS INICIALES</i>	
	<i>Parámetros de Operación</i>	<i>Propiedades Físicas de las Substancias Involucradas</i>
3. Fuga de producto en la línea de transferencia de EA-2320 a asentador de ácido FA-2302.	<p><b>4.1 Operación</b></p> <p>T = 38 °C P = 14.3 Kg./cm<sup>2</sup></p>	<p><b>Emulsión</b></p> <p>(Estos Datos los define el paquete PHAST cuando se define la mezcla en estudio)</p>

### 3.3.3. Consideraciones para la evaluación de efectos de incendio y explosión..

A continuación se describen las consideraciones para la simulación y obtención de resultados del análisis de consecuencias:

➤ Para la generación de eventos se utilizaron las siguientes fuentes:

- Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología HazOp.
- El registro de incidentes y accidentes de la planta de Alquilación 2.



- Las composiciones de las mezclas generadas para este estudio, fueron tomadas de los balances de materia de diseño entregados por el Licenciador Universal Oil Products (UOP).

Adicionalmente, para realizar las simulaciones en el software PHAST se tomaron las siguientes consideraciones:

- a) El orificio formado por corrosión en bridas, sellos de las válvulas y en las líneas analizadas es de forma regular y de un diámetro determinado. El diámetro equivalente del orificio varía desde 3.17 mm (0.125") hasta 12.70 mm (0.5"); para todos los escenarios se considera una fuga de 0.50" por corrosión debido a las condiciones.
- b) Las condiciones de presión y temperatura se tomaron de los diagramas de flujo de proceso de cada equipo.
- c) Se contempló un tiempo máximo para la detección y control de la fuga de 5 minutos para las fugas de HF y 15 min para la fuga de alquilado, tomando en cuenta las siguientes consideraciones: tiempo máximo para la detección del evento por parte del personal de PEMEX y tiempo que ocupa el personal de mantenimiento u operación para llegar al lugar exacto de la fuga y controlarla.
- d) Básicamente se consideraron tres condiciones ambientales: en la primera se consideró una velocidad del viento de **1.5 m/s** con estabilidad ambiental clase **F** por ser las condiciones meteorológicas para el peor escenario, de acuerdo con el INE y con el "RMP Offsite Consequence Analysis" de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA); en la segunda condición se utilizó la velocidad de **4.0 m/s** con estabilidad ambiental clase **D**, por ser las características promedio menos favorables y como tercera se utilizó la velocidad del viento promedio de la región de **5.5 m/s**, con estabilidad ambiental clase **C**.
- e) Se consideró una temperatura ambiental media del área de 38 °C y una humedad relativa media anual de 67%.
- f) Los radios que se presentan en caso de un evento de antorcha o dardo de fuego, se determinaron a partir de la evaluación de diferentes flujos térmicos, los cuales se indican en el punto 1, y de los diferentes niveles de sobrepresión que se muestran en el punto 2 y punto 3 de la tabla de análisis de consecuencias.



Tabla 3.9. Niveles de radiación.

<i>RADIACIÓN</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
1.4 kw/m <sup>2</sup>	Es el flujo térmico equivalente al del sol en verano y al medio día. Este límite se considera como <b>zona de seguridad</b> .
5.0 kw/m <sup>2</sup> 1,268 BTU/hr/ft <sup>2</sup>	Nivel de radiación térmica suficiente para causar daños al personal si no se protege adecuadamente en 20 seg. Sufriendo quemaduras hasta de segundo grado sin la protección adecuada. Esta radiación será considerada como límite de la <b>zona de amortiguamiento</b> .
12.5 kw/m <sup>2</sup> (3,963 BTU/hr/ft <sup>2</sup> )	Es la energía mínima requerida para la ignición pilotada de la madera y fundición de tubería de plástico. Con 1% de la letalidad en un minuto. Esta radiación se considera para el personal y las instalaciones como <b>zona de alto riesgo</b> .

Fuente: Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications; Crowl/Louvar; Prentice Hall, 1990

Tabla 3.10. Niveles de sobrepresión.

<i>PRESIÓN</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
0.5 psi (0.02 bar)	La sobrepresión a la que se presentan rupturas del 10% de ventanas de vidrio y algunos daños a techos; este nivel tiene la probabilidad de 95% de que no ocurran daños serios. Esta área se considera como límite de la <b>zona de seguridad</b> .
1 psi (0.13 bar)	Es la presión en la que se presenta destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios; provoca el 1% de ruptura de timpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles. De 0.5 a 1 lb/in <sup>2</sup> se considera como la <b>zona de amortiguamiento</b> .
2 psi (0.20 bar)	A esta presión se presenta el colapso parcial de techos y paredes de casas. De 1 a 2 lb/in <sup>2</sup> se considera como la <b>zona de exclusión (riesgo)</b> .

Fuente: Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications; Crowl/Louvar; Prentice Hall, 1990



Tabla 3.11. Daños en plantas y refinerías.

PRESION (psig)	EVALUACION DE DAÑOS POR EXPLOSIONES	
	REFINERÍAS	PLANTAS
0.5	- Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro): rotura de ventanas.	- Cuarto de control (techo metálico): rotura de ventanas y medidores. - Cuarto de control (techo de concreto): rotura de ventanas y medidores. - Torre de enfriamiento: falla de mamparas
1.0	- Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro): deformación de la estructura.	- Cuarto control (techo metálico): conectores dañados por colapso del techo. - Cuarto de control (techo de concreto): dañados por colapso del techo. - Tanques de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo.
2.0		- Calentador: fractura de ladrillos. - Reactor químico: rotura de ventanas y medidores. - Filtros: falla de paredes de concreto.
3.0	- Edificio de mantenimiento: deformación.	- Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (llenado al 50%). - Cubículo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados.
5.0	- Torre de regeneración: deformación de la columna. - Edificio de mantenimiento: derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura. - Tuberías: derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas. - Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.	- Calentador: unidad destruida. - Regenerador: marcos colapsados. - Motor eléctrico: daño por proyección de partículas. - Ventilador: carcaza y caja dañadas.
0.5	- Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro): rotura de ventanas.	- Cuarto de control (techo metálico): rotura de ventanas y medidores. - Cuarto de control (techo de concreto): rotura de ventanas y medidores. - Torre de enfriamiento: falla de mamparas
1.0	- Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro): deformación de la estructura.	- Cuarto control (techo metálico): conectores dañados por colapso del techo. - Cuarto de control (techo de concreto): dañados por colapso del techo. - Tanques de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo.
2.0		- Calentador: fractura de ladrillos. - Reactor químico: rotura de ventanas y medidores. - Filtros: falla de paredes de concreto.
3.0	- Edificio de mantenimiento: deformación.	- Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (llenado al 50%). - Cubículo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados.



5.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Torre de regeneración: deformación de la columna.</li> <li>- Edificio de mantenimiento: derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura.</li> <li>- Tuberías: derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas.</li> <li>- Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calentador: unidad destruida.</li> <li>- Regenerador: marcos colapsados.</li> <li>- Motor eléctrico: daño por proyección de partículas.</li> <li>- Ventilador: carcasa y caja dañadas.</li> </ul>
7.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Torre rectangular (estructura de concreto): derrumbe de la estructura y la torre.</li> <li>- Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura.</li> <li>- Torre fraccionadora: (montada sobre pedestal de concreto) caída de la torre.</li> <li>- Torre de regeneración derrumbe de la estructura y la torre.</li> <li>- Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura, (estructura de acero) caía de la torre.</li> <li>- Tanques de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques llenos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reactor catalítico: partes internas dañadas.</li> <li>- Columna fraccionadora: unidad destruida.</li> </ul>
10.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro): derrumbe de estructura de fierro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida.</li> <li>- Transformados eléctrico: unidad destruida.</li> <li>- Ventilador: unidad destruida.</li> <li>- Regulador de gas: controles dañados, carcasa y caja dañadas.</li> <li>- Columna de extracción: la unidad se mueve de sus cimientos.</li> </ul>
20.0	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanque de almacenamiento (techo flotante): colapso del techo.</li> </ul>
30.0	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motor eléctrico: la unidad se mueve de sus cimientos.</li> <li>- Turbina de vapor: la unidad se mueve de sus cimientos.</li> </ul>



# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS,

## RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES



## 4. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.

### 4.1. Resultados del árbol de fallas

Los resultados y recomendaciones para el árbol de fallas por alta presión en la torre fraccionadora, DA-2300, se muestran en la tabla 4.1. Se calcula una probabilidad de  $6.50 \times 10^{-3}$  y una frecuencia de  $6.52 \times 10^{-3}$  al año. Si se expresa la probabilidad de este evento en por ciento, se tiene que 0.65 % de probabilidad de ocurrencia de alta presión de la torre DA-2300.

Tabla 4.1. Resultados y recomendaciones para el escenario de alta presión en la torre DA-2300.

ESCENARIO	PROBABILIDAD	RECOMENDACIÓN
1. Alta presión en la torre fraccionadora principal, DA-2300.	$6.50 \times 10^{-3}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Respetar el contenido de propano en la corriente de isobutano de reposición según lo establecido por el diseño.</li> <li>2. Cumplir al 100% con el programa de mantenimiento preventivo a instrumentos.</li> <li>3. Verificar que se cumpla el programa de mantenimiento predictivo y preventivo a bombas.</li> <li>4. Cumplir con el programa de revisión y calibración a válvulas de seguridad.</li> </ol>
	FRECUENCIA $6.52 \times 10^{-3}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Reforzar la capacitación, adiestramiento y evaluación del personal operativo.</li> <li>6. Cuando alguna PSV, sea desmontada para mantenimiento, asegurar que tenga el rotulo del equipo en que esta instalado y presión de calibración para evitar confusión en el taller de mantenimiento.</li> </ol>





Los resultados y recomendaciones para el árbol de fallas por fuga de alquiler en la bomba GA-2303A o B, se muestran en la tabla 8. Se calcula una probabilidad de  $1.07 \times 10^{-1}$  y una frecuencia de 0.113 al año. Si se expresa la probabilidad de este evento en por ciento, se tiene que 11.3 % de probabilidad de ocurrencia de fugas en la GA-2303A o B.

Tabla 4.2 Resultados y recomendaciones para el escenario de fuga por sello de la bomba GA-2303A/B.

ESCENARIO	PROBABILIDAD	RECOMENDACIÓN
2. Fuga de alquiler en la bomba GA-2303A/B; de fondos de la torre DA-2300.	1.07 X10 <sup>-1</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaborar procedimiento para apriete de espárragos.</li> <li>2. Contar con refaccionamiento mínimo necesario para mantenimiento de bombas.</li> <li>3. Verificar que se cumpla el programa de mantenimiento predictivo y preventivo a bombas.</li> </ol>
	FRECUENCIA  0.113	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Reforzar la capacitación, adiestramiento y evaluación del personal operativo.</li> <li>5. Continuar con el programa de rotación de equipo dinámico.</li> <li>6. Contar con aceite lubricante de repuesto y vigilar los niveles del mismo en el sistema de lubricación de la bomba.</li> <li>7. Rotular en el cuerpo de la válvula check el sentido del flujo, y verificar su instalación, cuando sea removida por mantenimiento</li> </ol>

De acuerdo a las probabilidades y frecuencias de los escenarios de árbol de fallas el riesgo es aceptable. Las recomendaciones de los tres escenarios analizados con la técnica de árbol de fallas están incluidas en el plan de trabajo resultante del análisis de riesgos HazOp.



## 4.2. Resultados del análisis de consecuencias.

### *ESCENARIO No. 1*

Fuga de ácido fluorhídrico (HF) del carro tanque de descarga de ácido fresco.

La fuga de ácido fluorhídrico del tanque Carro Tanque se presenta con un flujo de 2.48 kg/s; considerando un tiempo máximo promedio de control de 300 s, se espera que como evento máximo probable y máximo catastrófico ocurra el evento conocido como *Dispersión de Nube Tóxica* con los siguientes radios de afectación:

Tabla 4.3 Dispersión de HF.

Dispersión Nube Tóxica		CONCENTRACIÓN (ppm)		
		IDLH		
		30		
		Distancia (m)	Ancho de pluma (m)	Área máxima de afectación (m <sup>2</sup> )
CATEGORÍAS	1.5 m/s, F	1540.30	422.43	92.761
	4.0 m/s, D	451.17	230.48	104.467
	5.5 m/s C	880	140	81,754

Para el caso de dispersión con las condiciones del área de la refinería de trazan las concentraciones de 30 y 3 ppm en un diagrama de localización de la refinería Héctor R. Lara Sosa Ver diagrama FQ-1003-AC-001.

### *ESCENARIO No. 2*

Fuga de alquilado por el fondo de la torre DA-2300.

A las condiciones de presión y temperatura la fuga por el fondo de la torre DA-2300 se presenta con un flujo 2.47 kg/s con los siguientes resultados:



Para las condiciones del lugar de estudio las distancias dentro del limite de inflamabilidad se presenta en la tabla 4.4.

Tabla 4.4.

CONCENTRACION %	DISTANCIA (m)	AREA (m <sup>2</sup> )
1 L.I.I.	36 a 44	171
3	23 a 36	29
6.5 L.S.I	8	4

Se espera que se genere como eventos máximo probable y máximo catastrófico el evento conocido como *JET FIRE* los resultados se muestran en la tabla 4.6. y en el diagrama 1003-AC-002.

Tabla 4.6.

2.1.1 Jet Fire		DISTANCIA (m)		
		RADIACIÓN (kW/m <sup>2</sup> )		
		1,4	5,0	12,5
CATEGORÍAS	1.5 m/s, F	70.5237	53.8949	46.5841
	4.0 m/s D	63.4412	46.57	39.059
	5.5 m/s C	61.5913	44.5158	37.0014

Para en caso de una explosión de una nube de vapor no confinada por ignición retardada los resultados se muestran en la tabla 4.7. y en el diagrama 1003-AC-003.



### 4.3. Diagramas del análisis de consecuencias.

La tabla siguiente muestra los diagramas representativos de cada uno de los Diagramas de consecuencias descritos anteriormente:

Tabla . 4.5.

DIAG. NUM.	NOMBRE
FQ-1003-AC-001	DISPERSION DE HF POR FUGA EN CARRO TANQUE DE DESCARGA DE HF FRESCO.
FQ-1003-AC-002	ONDAS DE RADIACION POR DARDO DE FUEGO POR FUGA EN FONDO DE DA-2300.

### 4.4. Conclusiones del análisis de consecuencias.

1.- En la fuga de HF la *Dispersión de Nube Tóxica* con afectaciones hasta una distancia de 880 m con daños reversibles a la salud del personal que este expuesto por un tiempo máximo de 30 minutos por la concentración de 30 ppm. La exposición mayor puede ocasionar incluso la muerte hasta en un 100 % es hasta 880. La zona de amortiguamiento se encuentra entre 880 m y 1,950 m con una concentración de 3 ppm, permite la entrada de apoyo para la evacuación de la zona.

En el diagrama FQ-1003-AC-001 se puede observar la forma de la pluma de dispersión se toma la dirección de los vientos dominantes lo cual hace que el material toxico dispersado se propagara hacia las plantas de azufre, aguas amargas y la zona de almacenamiento de la parte sur de la refinería. Algunas recomendaciones son:

- Cumplir el procedimiento de descarga al 100% como lo marca el distribuidor de ácido.
- Antes de la descargas de ácido del carro tanque asegurarse que el sistema de contra incendio funcione adecuadamente.
- Difundir a personal de operación mantenimiento e inspección, la información de los efectos de una dispersión formada por una fuga de ácido fluorhídrico.

2.- Para el caso de estudio de efectos de la ignición inmediata del producto de la fuga de alquilado del fondo de la torre DA-2300 formando así un dardo de fuego los efectos producidos serían daños externos a las bombas GA-2302 A/B, GA-2301 A/B, GA-2306 A/B, Asentador de ácido FA-2302, Reactor de alquilación EA-2302 y



el tanque FA-2313 además de quemaduras de segundo grado a personal expuesto por 20 segundos a una radiación de  $5 \text{ kw/m}^2$ .

Cuando no se tiene una ignición inmediata se forma una nube la cual alcanza una concentración dentro de los límites, encuentra un punto de ignición y explota y se forma las ondas de sobrepresión con los daños respectivos en el caso de escenario de la fuga la sobrepresión de amortiguamiento de presenta a una distancia de 87 m, las distancia de seguridad estaría después de los 104 m en donde la sobrepresión alcanzaría un valor de 0.5 psi (ver diagrama FQ-1003-AC-003, dependiendo de la dirección hacia donde la nube se haya formado, los daños que se producirían en la explosión con sobrepresión de 2 psi sería en los EA-2317, EA-2316, FA-2316 además de dañar al personal que se encuentre en un radio de 16 m del centro de la explosión.

#### 4.5. Resultados y recomendaciones del análisis HazOp.

Del análisis HazOp realizado en la Planta de Alquilación 2, de los circuitos de reacción y fraccionamiento se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.6 Resultados del Hazop.

NIVEL	ESCENARIO	NODO	DESVIACION	CAUSA
C	107	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	ALTA TEMPERATURA	BAJO FLUJO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
C	108	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	ALTA TEMPERATURA	DIRECTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO NO SELLE
C	109	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	ALTA TEMPERATURA	LOS TUBOS O ESPEJO DEL EA-2320 ESTEN DAÑADOS.
C	111	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	ALTA TEMPERATURA	FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
C	112	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	ALTA PRESION	VALVULA DE BLOQUEO DE SALIDA DE CARGA DE FA-2302 A DA-2300 CON GALLETA CAIDA O CERRADA.
C	113	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	BAJA PRESION	CUALQUIER VALVULA DEL SISTEMA DE VACIADO DE ACIDO SE QUEDE CALZADA MOV-2303



NIVEL	ESCENARIO	NODO	DESVIACION	CAUSA
D	116	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	MENOS FLUJO	FALLA EN CERRADO FV-2336 Y/O LA MOV-2302, DE ALIMENTACIÓN DE OLEFINAS.
D	117	REACTOR DE ALQUILACION EA-2320	MENOS FLUJO	FALLA EN CERRADO FV-2335, DE RECIRCULACION DE ISOBUTANO.
C	124	ACENTADOR DE ACIDO FA-2302	BAJO NIVEL DE ACIDO EN LA BOTA DEL ASENTADOR.	FALLA DE BOMBA GA-2309.
C	125	ACENTADOR DE ACIDO FA-2302	BAJO NIVEL DE ACIDO EN LA BOTA DEL ASENTADOR.	ALTO CONTENIDO DE CONTAMINANTES EN LA CARGA (DIOLEFINAS, OXIGENADOS, HUMEDAD)
D	129	ACENTADOR DE ACIDO FA-2302	BAJO NIVEL DE ACIDO EN LA BOTA DEL ASENTADOR.	FALLA DE LT-2307
D	130	ACENTADOR DE ACIDO FA-2302	ALTO NIVEL DE ACIDO EN LA BOTA DEL ASENTADOR.	FALLA LA BOMBA DE RECIRCULACION DE ACIDO GA-2301A/B
C	131	ACENTADOR DE ACIDO FA-2302	ALTO NIVEL DE ACIDO EN LA BOTA DEL ASENTADOR.	FALLA EL TRANSMISOR DE NIVEL LT-2307
D	132	ACENTADOR DE ACIDO FA-2302	ALTO NIVEL DE ACIDO EN LA BOTA DEL ASENTADOR.	SOBRECARGA DE ACIDO FRESCO AL ASENTADOR FA-2302.
C	140	TANQUE ACUMULADOR DE ACIDO FRESCO	ALTO NIVEL	FALLA EL DENSIMETRO DT-2302
C	143	TANQUE ACUMULADOR DE ACIDO FRECO	BAJO NIVEL	FALLA EN EL SUMINISTRO DE ACIDO
D	144	TANQUE ACUMULADOR DE ACIDO FRECO	ALTA PRESION	EL PI-2380 ESTE DAÑADO, FALSA INDICACION.
C	146	TANQUE ACUMULADOR DE ACIDO FRECO	FUGAS DE ACIDO (HF) FRESCO	SELECCIÓN INADECUADA DE EMPAQUES PARA SERVICIOS DE HF.
D	148	TANQUE ACUMULADOR DE ACIDO FRECO	BAJA PRESION	ERROR HUMANO, SE DEJA EL DIRECTO DE LA PSV-2308 ABIERTA.



NIVEL	ESCENARIO	NODO	DESVIACION	CAUSA
B	151	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTA PRESION	ALTO CONTENIDO DE PROPANO EN EL ISOBUTANO FRESCO Y/O EN LA CARGA.
C	152	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTA PRESION	ALTO CONTENIDO DE INCONDENSABLES EN LA CARGA DE RAFINADO E ISOBUTANO FRESCO.
D	153	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTA PRESION	ALTA TEMPERATURA EN EL FONDO DE LA TORRE FRACCIONADORA DA- 2300
D	154	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTA PRESION	ALINEAMIENTO INCORRECTO EN LA LINEA DE SALIDA DE BUTANO.
C	155	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTA PRESION	BAJA EFICIENCIA DEL INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONDENSACION DEL EA-2312 A/B, POR LA ACUMULACION DE SALES EN LOS TUBOS DEL MISMO.
D	156	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	BAJA PRESION	BAJA TEMPERATURA EN EL FONDO POR FALLA EN EL CALENTADOR BA- 2300.
D	157	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	BAJA PRESION	FALLA LA VALVULA DE SALIDA DE BUTANO, FV-2341 EN ABIERTO.
C	159	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTO NIVEL	FALLA LA BOMBA DE FONDOS GA-2303.
D	161	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTO NIVEL	FALLA DEL TRANSMISOR DE NIVEL LT-2310, DE LA DA-2300
D	163	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	BAJO NIVEL	FALLA DEFV-2338 EN ABIERTO, DE ALIMENTACION AL TRATADOR DE ALQUILADO FA-2305.
D	164	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	BAJO NIVEL	FALLA DEL TRANSMISOR DE NIVEL LT-2310.



NIVEL	ESCENARIO	NODO	DESVIACION	CAUSA
C	165	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	BAJO NIVEL	OBSTRUCCION DE PLATOS DE LA TORRE DA-2300 POR ALTO CONTENIDO DE FLUORUROS EN LA ALIMENTACION.
C	166	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	BAJO NIVEL	RUPTURA DE TUBOS DEL CALENTADOR DE FONDOS EA-2306.
D	168	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTA TEMPERATURA	FALLA EL CONTROLADOR DE TEMPERATURA, TIC- 2365 DEL BA-2300.
C	169	TORRE FRACCIONADORA DA-2300	ALTA TEMPERATURA	FALLA DE CARGA A LA TORRE FRACCIONADORA DA- 2300, POR OBSTRUCCION DE TUBOS POR FLUORUROS EN EL EA- 2304 Y/O CORAZA EN EL EA-2303.
C	173	DEL DOMO DE LA DA-2300, AL EA-2312 A/B, AL ACUMULADOR FA- 2304.	BAJA PRESION	PICADURAS EN LOS TUBOS EA-2312 A/B POR CORROSION.
C	174	DEL DOMO DE LA DA-2300, AL EA-2312 A/B, AL ACUMULADOR FA- 2304.	ALTA TEMPERATURA	BAJA CONDENSACION EN EL EA-2312 A/B POR OBSTRUCCION DE TUBOS.
D	175	DEL DOMO DE LA DA-2300, AL EA-2312 A/B, AL ACUMULADOR FA- 2304.	ALTA TEMPERATURA	FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO AL EA- 2312 A/B.
D	181	CALENTADOR BA- 2300, DE FONDOS DE LA TORRE FRACCIONADORA DA- 2300.	ALTO FLUJO AL CALENTADOR	FALLA Y CIERRA LA VALVULA FV-2391 DE RECIRCULACION DE LA BOMBA GA-2303 A/B.
C	185	CALENTADOR BA- 2300, DE FONDOS DE LA TORRE FRACCIONADORA DA- 2300.	BAJO FLUJO AL CALENTADOR	OBSTRUCCION PARCIAL DE COLADERAS EN SUCCION GA- 2303 A/B.





D	187	CALENTADOR BA-2300, DE FONDOS DE LA TORRE FRACCIONADORA DA- 2300.	BAJO FLUJO AL CALENTADOR	OBSTRUCCION PARCIAL DE LOS SERPENTINES DEL CALENTADOR, BA-2300.
D	188	CALENTADOR BA-2300, DE FONDOS DE LA TORRE FRACCIONADORA DA- 2300.	ALTA TEMPERATURA EN TUBOS DEL CALENTADOR.	FALLA DEL TRANSMISOR TT-2365, DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA.
D	190	CALENTADOR BA-2300, DE FONDOS DE LA TORRE FRACCIONADORA DA- 2300.	ALTA TEMPERATURA EN TUBOS DEL CALENTADOR.	TAPONAMIENTO DEL PT-2374 POR SUCIEDAD EN EL COMBUSTOLEO Y LA PV-2374 ABRE AL 100%.

El análisis de riesgo Hazop arrojó las siguientes recomendaciones:

Tabla 4.7 Recomendaciones.

Escenario	Recomendaciones
112, 123	1. Terminar a la brevedad posible el estudio para la instalación de válvulas de aislamiento de grandes inventarios (Válvulas de acción remota). Ver criterios en el DG-GPASI-SI-2740.
140	2. Reparar el transmisor de densidad DT-2302, debido a que se encuentra dañado. 3. Conectar a UPS de la planta el densímetro DT-2302. 4. Contar con el refaccionamiento mínimo necesario para el DT-2302.
150, 151, 165	5. Cumplir con las especificaciones según lo establecido por el diseño en la carga de olefinas y de isobutano.
151	6. Hacer un estudio para determinar en que punto se contamina el isobutano con propano y corregir las desviaciones.
151, 152	7. Realizar contrato para dar mantenimiento de los analizadores de la planta de alquiler 2, para dejarlos operables y confiables.
146, 147	8. Rotular en el campo las salidas de emergencia y/o ruta de evacuación de la planta de alquiler 2.
107, 108, 119	9. Contar con el refaccionamiento para el mantenimiento de válvulas de bloqueo manuales y automáticas.
150, 155, 165	10. Establecer y cumplir un tratamiento químico integral del agua de enfriamiento, para evitar la incrustación por sedimentos en los tubos de cambiadores de calor.
125	11. Mantener comunicación con la planta catalítica 1 y 2 para el control de la calidad de la carga.
125	12. Rotular procedimiento de toma de muestra de HF en el asentador de ácido, FA-2302.



Escenario	Recomendaciones
173	13. Reemplazar haces de acero al carbón por haces de monel en el EA-2312A/B, condensador de domos de la torre fraccionadora DA-2300.
173, 174	14. Realizar estudio para la instalación de un segundo banco de condensadores para el EA-2312A/B, condensador de domos de la torre fraccionadora DA-2300.
169, 174	15. Efectuar en cada reparación general limpieza al 100% de cambiadores de calor lado tubo como en lado coraza y líneas de proceso.
146, 147	16. Hacer extensivas las pláticas de seguridad al personal de mantenimiento acerca del HF.
108, 123	17. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo y cambio de válvulas de bloqueo.
165	18. Instalar medidores de PH en los cabezales de suministro y retorno de agua de enfriamiento.
109	19. Cambiar el material del haz de tubos del reactor-enfriador EA-2320, de acero al carbón por monel. 20. Disponer de reactivos para calibración de analizadores de fluoruros. 21. Mantener siempre en operación los analizadores de fluoruros.
124	22. Contar con una bomba GA-2309 de repuesto a mano disponible. 23. Contar con refaccionamiento necesario para intervenir con oportunidad la bomba GA-2309. 24. Realizar un estudio para modificar diseño de ambientación del sello mecánico de GA-2309.
111	25. Asegurar la disponibilidad de la bomba de relevo de la torre de agua de enfriamiento TE-100B.
115	26. Instalar un transmisor de presión en el PI-2382 (entrada del reactor-enfriador EA-2320) con señal en SCD
131	27. Verificar que esté alineada la línea del flushing de isobutano al trasmisor de nivel LT-2307 para evitar la acumulación de fluoruros en las tomas de los diafragmas del trasmisor.
109	28. Incrementar el mantenimiento preventivo de los analizadores de fluoruros.
140, 142, 143	29. Realizar estudio para instalar un sistema adicional para la medición de nivel para el acumulador de HF fresco.
146	30. Asegurar que el empaque a instalar sea el requerido para manejo ácido fluorhídrico, HF.
113, 114	31. En cada reparación general hacer una revisión integral de la MOV-2304 y 203. a) Revisión por parte de instrumentos. b) Prueba de hermeticidad c) Prueba eléctrica.
112	32. Instalar transmisor de presión en el reactor enfriador EA-2320 con indicación en el SCD. 33. Instalar PSV en el reactor enfriador EA-2320 para alta presión.
159	34. Cambio de elemento filtrante cuando la AP sea alta en flushing de alquilado a la bomba GA-2303A/B.



Escenario	Recomendaciones
107	35. Siempre mantener la temperatura de reacción dentro del rango recomendado por el licenciador UOP. (por debajo de los 38 C).
107	36. Contar con refaccionamiento disponible del equipo dinámico de la torre de enfriamiento T-100B.
126	Una vez resuelto el problema dejar el circuito de HS-2301 disponible.
181	37. Cumplir 100% mantenimiento preventivo a las bombas.
148	Instalar letrero con la siguiente leyenda: "Al término de la descarga del carro tanque, cerrar la válvula" ; en el directo de la PSV-2308.

#### 4.6 Conclusiones.

Nos damos cuenta que un análisis de riesgo es de gran importancia, no solo por el hecho de que las reaseguradoras lo pidan como un requisito, si no por el hecho de que los de operación, los de mantenimiento y los de seguridad aportan su experiencia para para poder encontrar algun mal funcionamiento que pueda llevar a un accidente, ya que el objetivo es identificar, evaluar y clasificar los escenarios potenciales de riesgo en beneficio de la empresa más importante del pais "PEMEX".



# APENDÍCE "A"



## Gasolina.

Las gasolinas son una mezcla de hidrocarburos con intervalos de puntos de ebullición diferentes, las cuales son utilizadas como combustibles para motores de combustión interna.

La mayoría de las refinerías producen gasolinas de dos categorías, normal y especial, considerando como normales aquellas que se obtienen de un proceso físico y las especiales son aquellas que se obtienen por medio de un proceso químico, además suministran gasolina con su contenido en plomo bajo o nulo para cumplir con las normas anticontaminantes. La diferencia principal entre las gasolinas normales y especiales es su comportamiento antidetonante. En 1973 el número de octano según el método de investigación del número de octano RON fue alrededor de 94 para las gasolinas normales y alrededor de 99 para las gasolinas especiales. El número de octano RON para las gasolinas con un contenido bajo o nulo fue alrededor de 91.

## Número de octano.

Es el porcentaje en volumen de isoctano que debe ser mezclado con n-heptano para ajustar la intensidad de la detonación de una gasolina al valor requerido durante una prueba.

Considerando que el número de octano es una medida que indica la intensidad del efecto detonante de una gasolina cuando esta se inflama, la investigación del número de octano se remonta al año de 1930, cuando se encontró que los componentes que forman la gasolina como el n-heptano producían la peor detonación, mientras que el que detonaba menos era el 2,2,4-trimetilpentano (isooctano). De este modo fueron ambos compuestos tomados como estándares de referencia, asignándosele al heptano un valor de cero y al isoctano de cien.

Existen dos números de octano, el Número de Octano de Investigación (Research Octane Number, RON) y el Número de Octano del Motor (Motor Octane Number, MON) que son resultados derivados de dos metodologías distintas que intentan representar el desempeño bajo diferentes condiciones de uso.

Los números de octano se obtienen a través de pruebas experimentales con motores, midiendo el desempeño de estos. Las pruebas que se efectúan para su determinación son las mismas para los dos tipos de número de octano Motor Research la diferencia radica en que mientras que con el método de Research se hace funcionar al motor a una velocidad de 600 r.p.m., con el método de MON se le hace trabajar a 900 r.p.m. En promedio para un combustible, el MON será cuatro unidades inferior al RON.



Cabe aclarar que los números de octano para las gasolinas considerados se encuentran en un intervalo para el MON de 88 a 94 y para el RON es de 94 a 99.

#### Importancia de la alquilación.

En virtud de que el consumo de combustibles se fue incrementando paulatinamente, y por ende la contaminación a la atmósfera, la Environment Protection Agency (EPA) tomo la decisión de reducir y hasta eliminar el contenido de plomo de las gasolinas, por lo que las refinerías se enfrentaron a un problema bastante fuerte. Una vez que se eliminó el plomo la cantidad de constituyentes de cadena ramificada y aromáticos en la gasolina normal debía de incrementarse para mantener un antidetonante alto.

De acuerdo a lo anterior dentro de la refinación del petróleo se encuentran varios procesos para la producción de gasolinas, sin aditivos contaminantes, uno de los cuales es el de alquilación.

Los procesos de alquilación son exotérmicos y se lleva a cabo en escala comercial con dos catalizadores: ácido fluorhídrico o ácido sulfúrico.

#### Ventajas de las plantas de alquilación.

El alquilado tiene una mayor calidad de octano tanto al igual que todas las familias de gasolinas mezcladas.

La alquilación incrementa la calidad de gasolina que puede ser producida por barril de crudo.

La presión de vapor del alquilado producido es más bajo.

El alquilado tiene un alto calor de combustión que permite la utilización de una relación alta de compresión en los motores.

#### Descripción del ácido fluorhídrico.

El ácido fluorhídrico (HF) es un líquido fumante y corrosivo a temperaturas frías relativamente, pero su punto de ebullición (aproximadamente 20°C) es a menudo excedido por las temperaturas a las cuales es usado en la refinería. Se evapora rápidamente a la presión atmosférica y a temperaturas arriba de 20°C formando un evidente vapor blanquecino el cual tiene un característico olor picante e irritante. Tanto el líquido como sus vapores son extremadamente peligrosos cuando se maneja en forma inadecuada el ácido fluorhídrico líquido



reacciona inmediatamente al contacto con la piel causando serias quemaduras. Los vapores son irritantes a los ojos y membranas mucosas.

Bajo presión atmosférica hierve a 67°F (19.5°C) y se congela a menos 117°F (-83°C). El HF anhidro es soluble en agua y soluble en un grado limitado con los hidrocarburos y además con agua forma una mezcla constante de ebullición (CBM) de cerca de 60% de agua y 40% de ácido fluorhídrico, que hierve aproximadamente a 228°F(109°C) bajo presión atmosférica.

### Equipo de protección personal.

#### *Ropa clase A*

Careta especial, guanteletes protectores de neopreno, botas de neopreno y chaqueta resistente al ácido.

#### *Ropa clase B*

Careta especial, saco resistente al ácido y pantalones de overol, guanteletes de protección de neopreno de 14" y cubrebotas.

#### *Ropa clase C*

Capucha contra ácido fluorhídrico con suministro de aire, saco resistente al ácido y pantalones de overol completo, guanteletes, protectores de neopreno de 14" y cubrebotas de neopreno.

#### *Ropa clase D*

Traje "zoot" de gralito resistente al ácido con empaque de aire scott, o sistema zoot de gralito equipado con suministro de aire, incluyendo el traje de control con equipo completo de suministro de aire, incluyendo una válvula de control en el arnés del cuerpo, la línea de vida y el cinturón.



## Descripción del proceso de la planta de alquilación No.2 con ácido fluorhídrico (HF).

### Objetivo del proceso.

El objetivo de la unidad de alquilación es el de producir 5000 BPSD de alquilado a partir de una corriente de refinado de planta MTBE que contiene olefinas  $C_3=C_4$  y una corriente de repuesto de isobutanos.

La corriente de olefinas se alimenta primero a la unidad SHP, la cual está corriente arriba de la unidad de alquilación, que sirve para reducir las diolefinas, isomerizar el 1-buteno a 2-buteno y reducir los componentes oxigenados en la alimentación de la unidad de alquilación.

La unidad SHP se diseñará para procesar la carga necesaria a la unidad de alquilación para producir 5000 BPSD de alquilado y también procesará una cantidad adicional de olefinas, para producir 2518 BPSD de alimentación para una unidad existente de alquilación (Planta de alquilación No. 1).

### Generalidades.

La reacción de alquilación se lleva a cabo en la presencia de un ácido fuerte. En el proceso de alquilación con ácido fluorhídrico (HF), ya sean los propilenos, los butilenos, los amilenos o cualquier combinación de éstos, reaccionan con el isobutano en presencia del ácido (HF) para formar el alquilado, otros productos de la corriente son el propano y el butano.

La alimentación fresca se carga al domo de balance de alimentación de olefinas (FA-2300). Del FA-2300 se bombea la carga a las secadoras, se seca y se envía hacia el reactor de Alquilación (EA-2320). En el distribuidor de entrada al reactor, se combina la alimentación fresca con el isobutano de recirculación. Entonces, la corriente combinada se mezcla con el ácido (HF) en el reactor, además de mezclarse se envía el producto al asentador de ácido (FA-2302), en donde se permite que se lleve a cabo el asentamiento de la fase ácida. La fase ácida se recircula al reactor por medio de la bomba de circulación de ácido (GA-2301A/B).

Una parte de la corriente de ácido del asentador se manda al regenerador de ácido (DA-2301), en donde se utiliza el isobutano sobrecalentado para separar el ácido en el regenerador. El reflujo de la columna es isobutano o , en algunos casos, el HF, se carga al plato superior sin reflujo alguno. La CBM (mezcla constante de ebullición) y el polímero se retiran del fondo del regenerador.



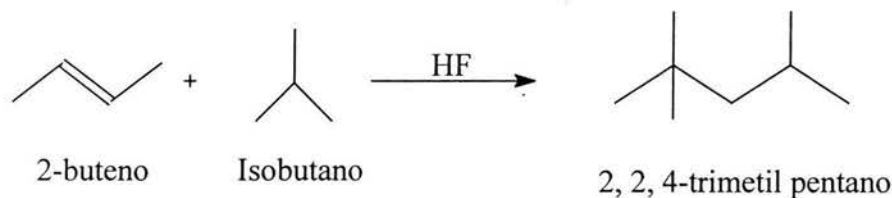


La fase de hidrocarburo del asentador de ácido se manda a la isoagotadora (DA-2300). Una corriente de isobutano, rica en HF y en propanos, se toma como producto de evaporación a la agotadora de HF (DA-2303). La recirculación de isobutanos se toma como una extracción lateral y se regresa al reactor de Alquilación (EA-2320).

El ácido agotado de la agotadora de HF se regresa a la sección del reactor. El propano es agotado en la agotadora de HF (DA-2303). Entonces los fondos se tratan y se mandan a almacenamiento, o al lavador DME (DA-2200) en la unidad de procesamiento SHP. En la mayoría de los casos se toma el butano normal como un vapor colateral de isoagotadora.\*

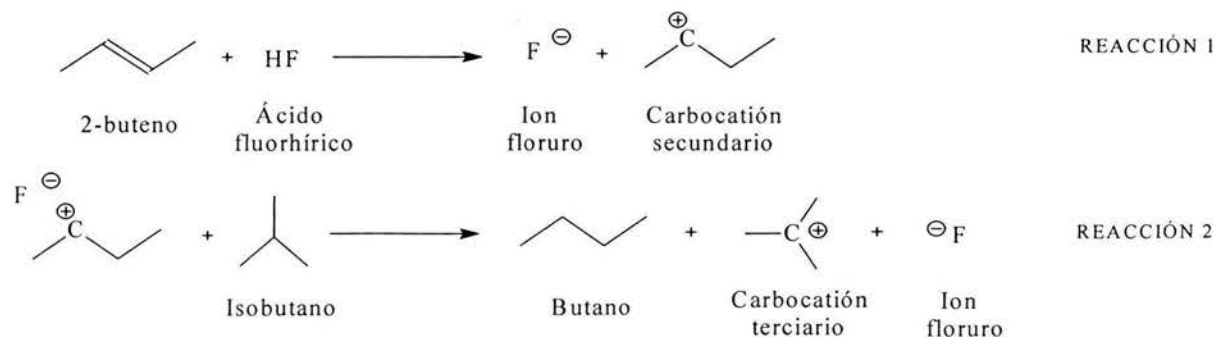
### Química del proceso.

La reacción general que se lleva a cabo en el proceso de alquilación con HF, para la formación alquilado es la siguiente:



A continuación se presentan las posibles reacciones que se efectúan para obtener el alquilado:

Para que se efectúe la alquilación es necesario formar un carbocatión terciario, para ello existen dos rutas.

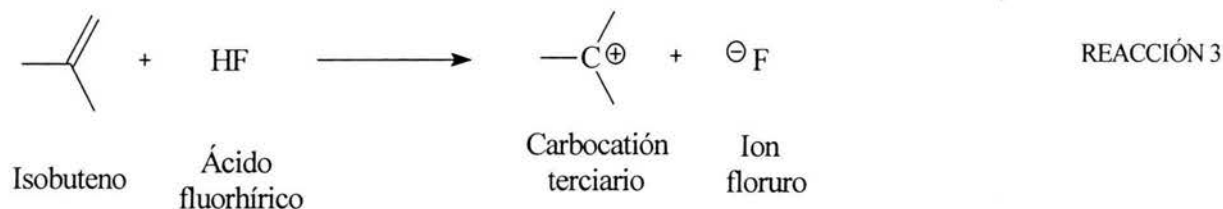


\* Fuente: Manual de Operación Alquilación 2.

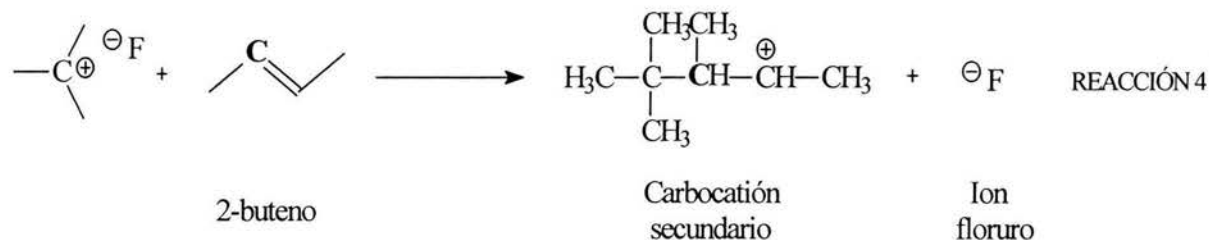


La primera es cuando reacciona el 2-buteno con el HF para formar un carbocatión secundario (reacción 1), posteriormente el carbocatión secundario reacciona con el isobutano para producir butano y el carbocatión terciario requerido (reacción 2).

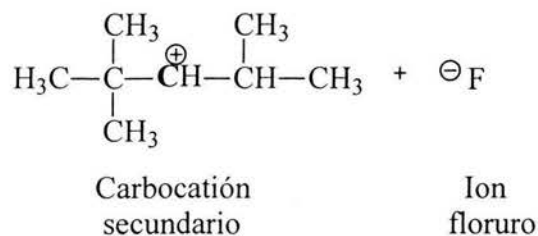
La segunda ruta es cuando se hace reaccionar el isobuteno con HF dando como resultado el carbocatión que se requiere (reacción 3).



Para producir el alquilado (2, 2, 4-trimetil pentano) se hace reaccionar el carbocatión terciario con 2-buteno para producir el carbocatión secundario que se presenta en la reacción 4.

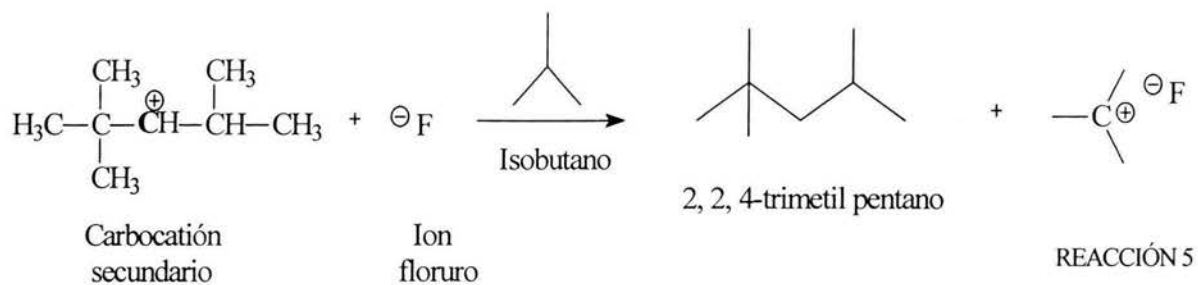


Posteriormente se efectúa la transposición del metilo, con el objeto de disminuir la tensión estérica que se origina por la presencia de tres metilos en dos carbonos contiguos de la cadena principal, por lo que se produce el siguiente carbocatión:

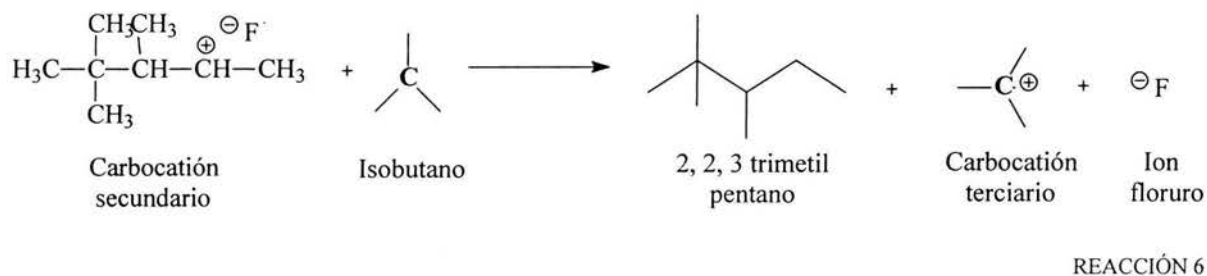




Este carbocatión se hace reaccionar con isobutano para producir el alquilado y el carbocatión terciario requerido (reacción 5).



También se llevan a cabo reacciones secundarias útiles como por ejemplo la reacción 6 donde se obtiene 2, 2, 3-trimetil pentano.





## Conceptos básicos sobre análisis de riesgo.

Para un mejor entendimiento de lo que son los análisis de riesgos es necesario conocer algunas definiciones referentes al tema, como son las siguientes:

*Accidente.*- Se entiende como cualquier acontecimiento no premeditado muchas veces previsible que implica una desviación intolerable sobre las condiciones de diseño de un sistema; ocasionando lesiones y daños de diferentes magnitudes.

*Riesgo.*- Se define como la probabilidad de sufrir pérdidas tanto de vidas humanas como en bienes o capacidad de producción, expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias.

*Incendio.*- Es un fuego no controlado de grandes proporciones que pueden presentarse en forma súbita o gradual, al que le siguen daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, lesiones o pérdidas de vidas humanas y deterioro ambiental.

*Fuga o Derrame.*- Es denominado como la salida de gas o líquido por un orificio producido accidentalmente en el recipiente o en el conducto por donde circula y/o es contenido.

*Consecuencias.*- Son los efectos esperados en caso de que se produzca un accidente.

*Incidente.*- Es un suceso no planeado que pone en peligro la seguridad del ser humano, producción y las instalaciones.

*Gravedad.*- Son las consecuencias de los daños que puede tener un accidente dentro de la planta. El nivel se lo asigna un grupo multidisciplinario.



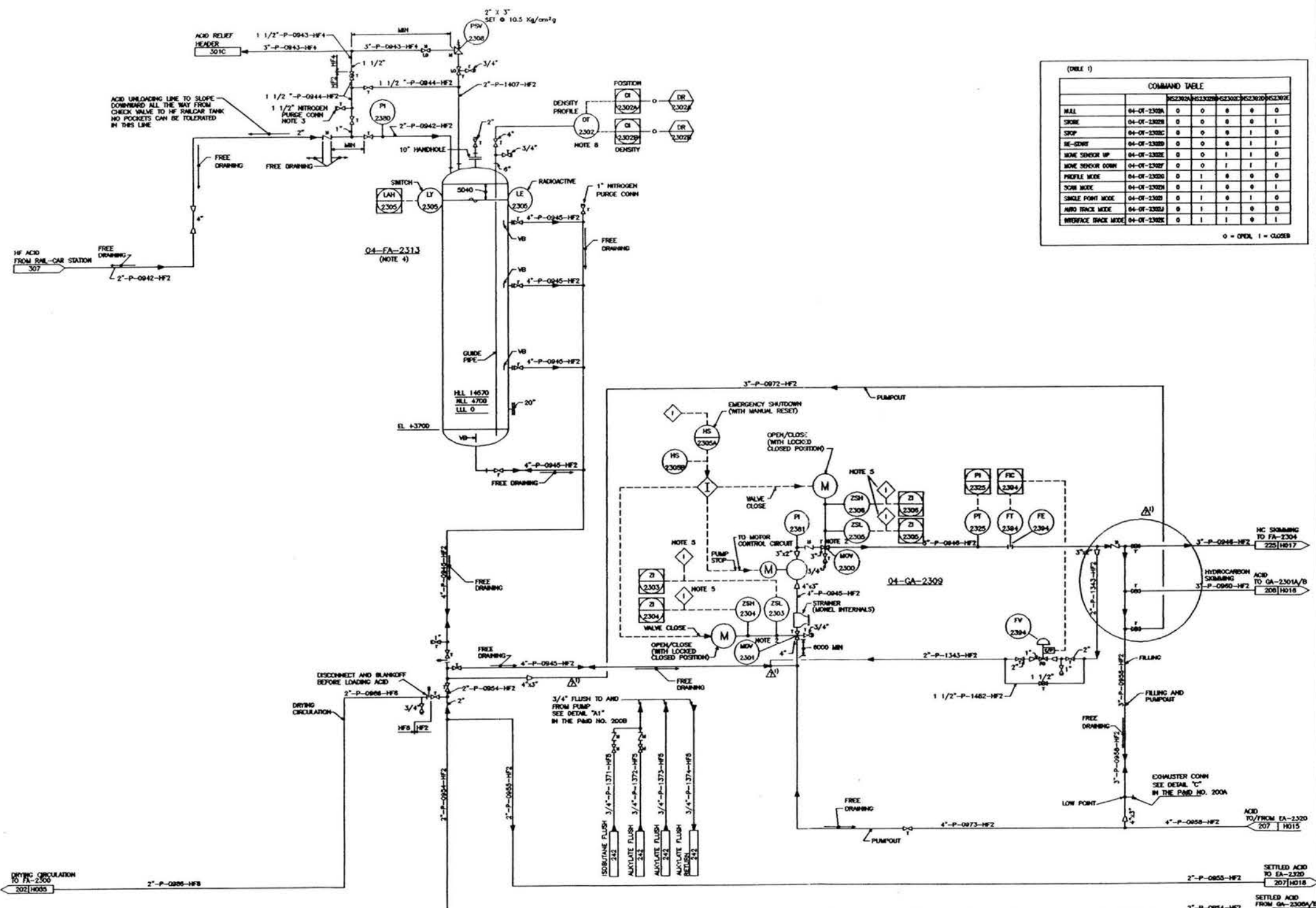
# APENDÍCE "B"

902-1-12-10-966050

ACID STORAGE DRUM  
INSULATE  
04-FA-2313  
(INSULATE LOWER 5100 OF  
SHELL AND BOTTOM HEAD)  
MISC CORRS HF2

DESIGN PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>(g): 10.5  
OPERATING PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>(g): 7.0  
I.D., mm: 3200  
DESIGN TEMPERATURE, °C: 121  
OPERATING TEMPERATURE, °C: 38  
T-T, mm: 10000

FRESH ACID  
PUMP  
04-GA-2309  
(SEE DETAIL 'B')  
RATED FLACTION PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>(g): 0  
RATED FLOW RATE, m<sup>3</sup>/hr: 11.4  
RATED DIFFERENTIAL PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>: 20.9  
OPERATING TEMPERATURE, °C: 38  
NORMAL FLOW RATE, m<sup>3</sup>/hr: 11.4  
RATED POWER, KW: 18.8

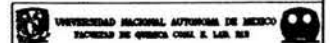


(TABLE 1)  
COMMAND TABLE

	HS2305A	HS2305B	HS2305C	HS2305D	HS2305E
HALT	04-01-2305A	0	0	0	0
START	04-01-2305B	0	0	0	0
STOP	04-01-2305C	0	0	0	0
RE-START	04-01-2305D	0	0	0	0
MOVE SENSOR UP	04-01-2305E	0	0	1	1
MOVE SENSOR DOWN	04-01-2305F	0	0	1	1
PROFILE MODE	04-01-2305G	0	1	0	0
SOB MODE	04-01-2305H	0	1	0	0
SINGLE POINT MODE	04-01-2305I	0	1	0	0
WFO TRACK MODE	04-01-2305J	0	1	1	0
WFOFACE TRACK MODE	04-01-2305K	0	1	1	0

0 = OPEN, 1 = CLOSED

LISTA DE CAMBIOS REV 7  
7-1 CAMBIO DE CONDICIONES COMO SE OBSERVA EN CAMPO

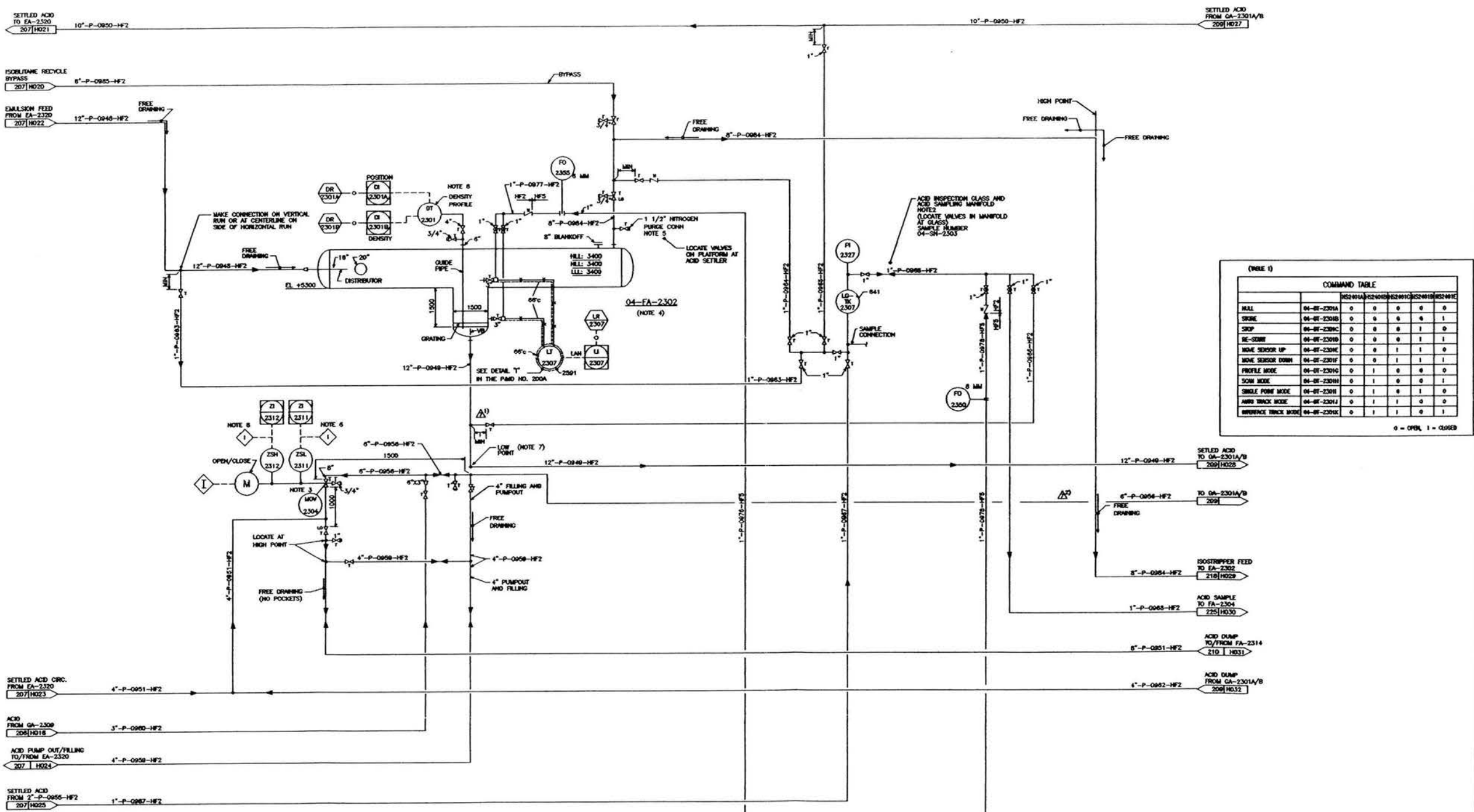


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROLERA  
PROYECTO DE INSTRUMENTACIÓN  
ACID STORAGE DRUM  
HF ACRYLATION UNIT  
MEXICO PLANT NO. 2  
050996-04-12-1-205  
050996  
JUL 31 02

PROJECT FILE NUMBER  
DATE / CUR / 050



ACID SETTLER INSULATE 04-FA-2302 MISC CONNS HF2			
DESIGN PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (a):	17.2	DESIGN TEMPERATURE, °C:	121
OPERATING PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (a):	14.3	OPERATING TEMPERATURE, °C:	38
I D, mm:	3400	T-T, mm:	10900



(TABLE 1)

COMMAND TABLE

		HS2401A	HS2401B	HS2401C	HS2401D	HS2401E
MAN	04-0T-2301A	0	0	0	0	0
SKIN	04-0T-2301B	0	0	0	0	1
STOP	04-0T-2301C	0	0	0	1	0
BE-SDIR	04-0T-2301D	0	0	0	1	1
MOVE SENSOR UP	04-0T-2301E	0	0	1	1	0
MOVE SENSOR DOWN	04-0T-2301F	0	0	1	1	1
PROFILE MODE	04-0T-2301G	0	1	0	0	0
SOIN MODE	04-0T-2301H	0	1	0	0	1
SINGLE POINT MODE	04-0T-2301I	0	1	0	1	0
AMP TRACK MODE	04-0T-2301J	0	1	1	0	0
REFERENCE TRACK MODE	04-0T-2301K	0	1	1	0	1

0 = OPEN, 1 = CLOSED

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA ORGÁNICA Y LABORATORIO

DESIGNED BY	S.Y. 1998	REVISION	PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
CHECKED BY		PROJECT NO.	050996-04-12-1-208
APPROVED BY		DATE	JUL 21 1998
DATE	050996	SCALE	1:1

SHEET NO. 1  
 TOTAL SHEETS 1





050996-04-12-1-215

**ISOSTRIPPER**  
 77 TRAYS  
 REBOILER  
 04-DA-2300  
 MISC CONDENSERS HF2, HF5

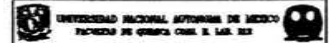
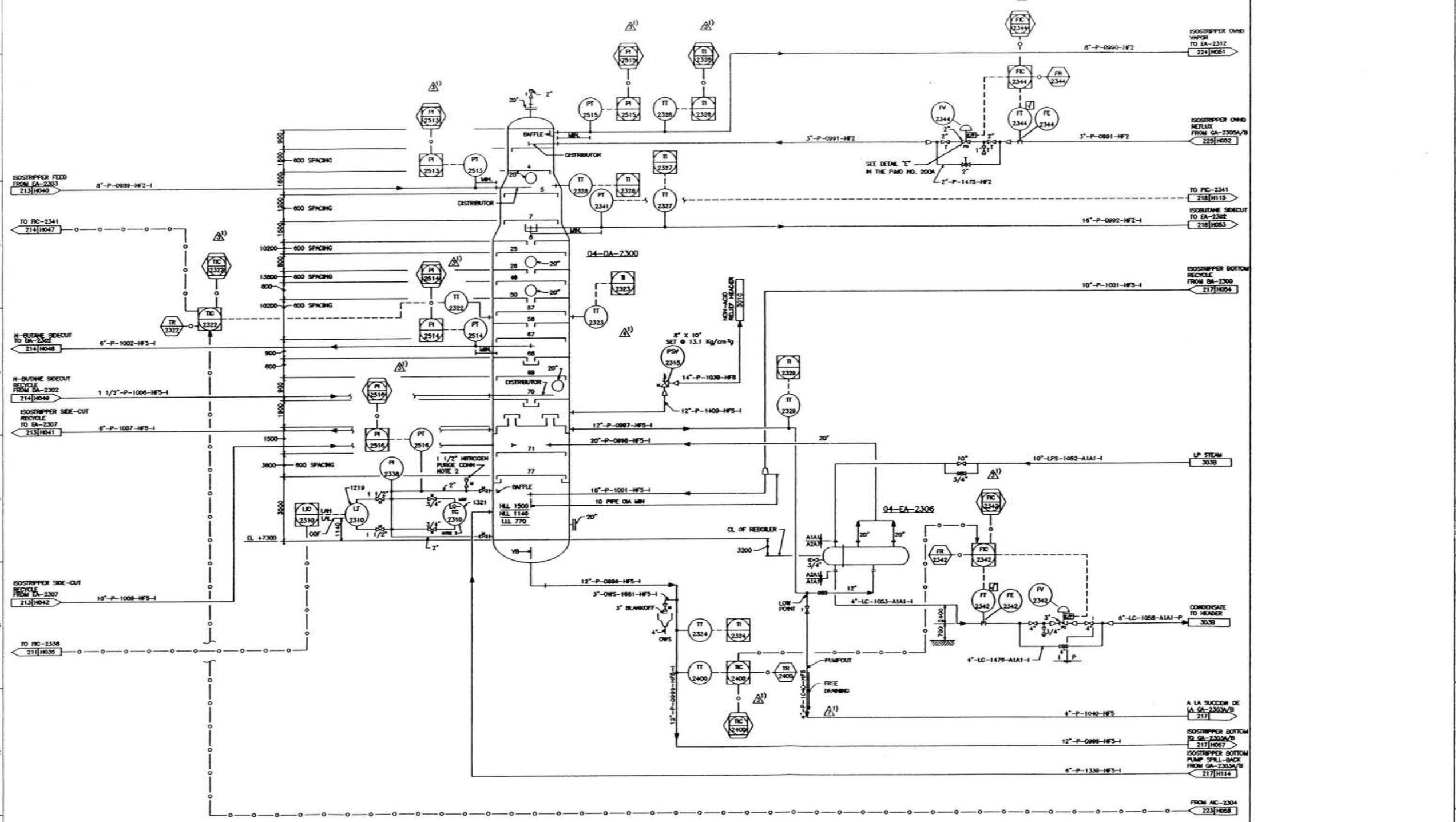
DESIGN PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>(g): 13.1  
 OPERATING PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>(g): 10.1 TOP/10.8 BOTTOM  
 I.D. mm: 1000 MM AND 2500 MM AND 3100MM

DESIGN TEMPERATURE, °C: 220  
 OPERATING TEMPERATURE, °C: 98 / 202  
 I.-T. mm: 56900

**ISOSTRIPPER UPPER REBOILER**  
 REBOILER  
 04-EA-2306  
 HEAVY/LIGHT (BOTH SIDE)

DESIGN PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>(g) HOT/COLD: 14.5(7.1) / 14.5  
 OPERATING PRESSURE, kg/cm<sup>2</sup>(g) HOT/COLD: 3.4 / 11.4  
 NORMAL DUTY, 10<sup>3</sup>kgol/hr: 7.92

DESIGN TEMPERATURE, °C HOT/COLD: 266(130) / 148  
 OPERATING TEMPERATURE, °C HOT/COLD: 147 / 98



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE QUÍMICA, CARR. 248, 550

PROYECTO: 050996-04-12-1-215  
 TÍTULO: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM  
 ISOSTRIPPER  
 HF ALKYLATION UNIT  
 ALKYLATION PLANE NO.2  
 FECHA: JUL 31 1978  
 DISEÑADO POR: [Signature]  
 REVISADO POR: [Signature]  
 APROBADO POR: [Signature]

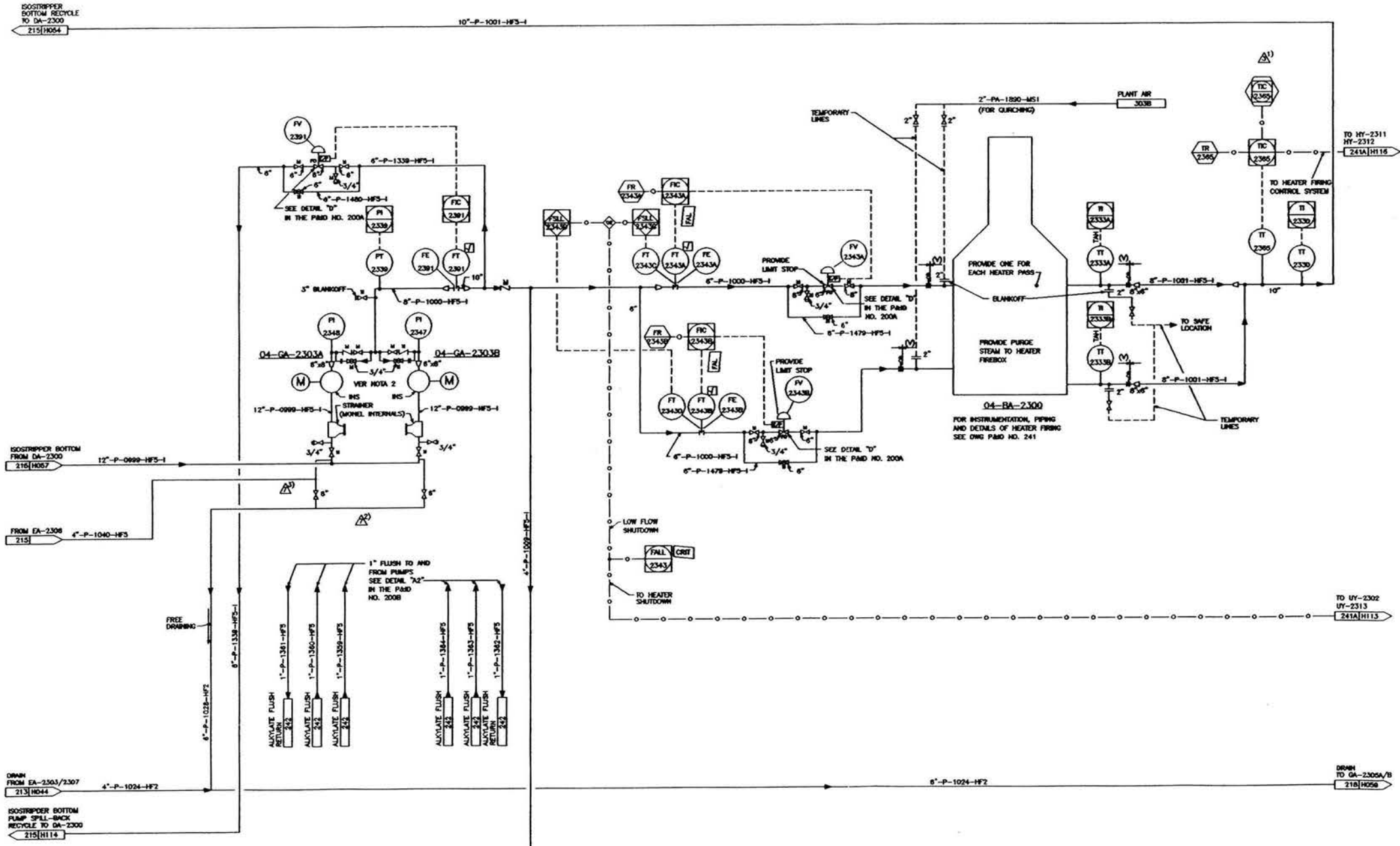
050996

NO. DE HOJA	1
TOTAL DE HOJAS	1
FECHA	JUL 31 1978
PROYECTO	050996-04-12-1-215
TÍTULO	PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM ISOSTRIPPER HF ALKYLATION UNIT ALKYLATION PLANE NO.2
DISEÑADO POR	[Signature]
REVISADO POR	[Signature]
APROBADO POR	[Signature]

11Z-1-12-1-217 050996

ISOSTRIPPER BOTTOMS PUMPS INSULATE 04-GA-2303A AND 04-GA-2303B			
RATED SUCTION PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (a):	11.1	OPERATING TEMPERATURE, °C:	195
RATED FLOW RATE, m <sup>3</sup> /hr:	394	NORMAL FLOW RATE, m <sup>3</sup> /hr:	305
RATED DIFFERENTIAL PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> :	6.5	RATED POWER, KW:	104

ISOSTRIPPER REBOILER HEATER 04-BA-2300			
DESIGN PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (a):	23.0	DESIGN TEMPERATURE, °C:	250
OPERATING PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (a):	14.3 / 11.5	OPERATING TEMPERATURE, °C:	188 / 202
NORMAL DUTY, 10 <sup>6</sup> kcal/hr:	5.28	DESIGN DUTY, 10 <sup>6</sup> kcal/hr:	6.33



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA CAROLINA L. LAR. 200

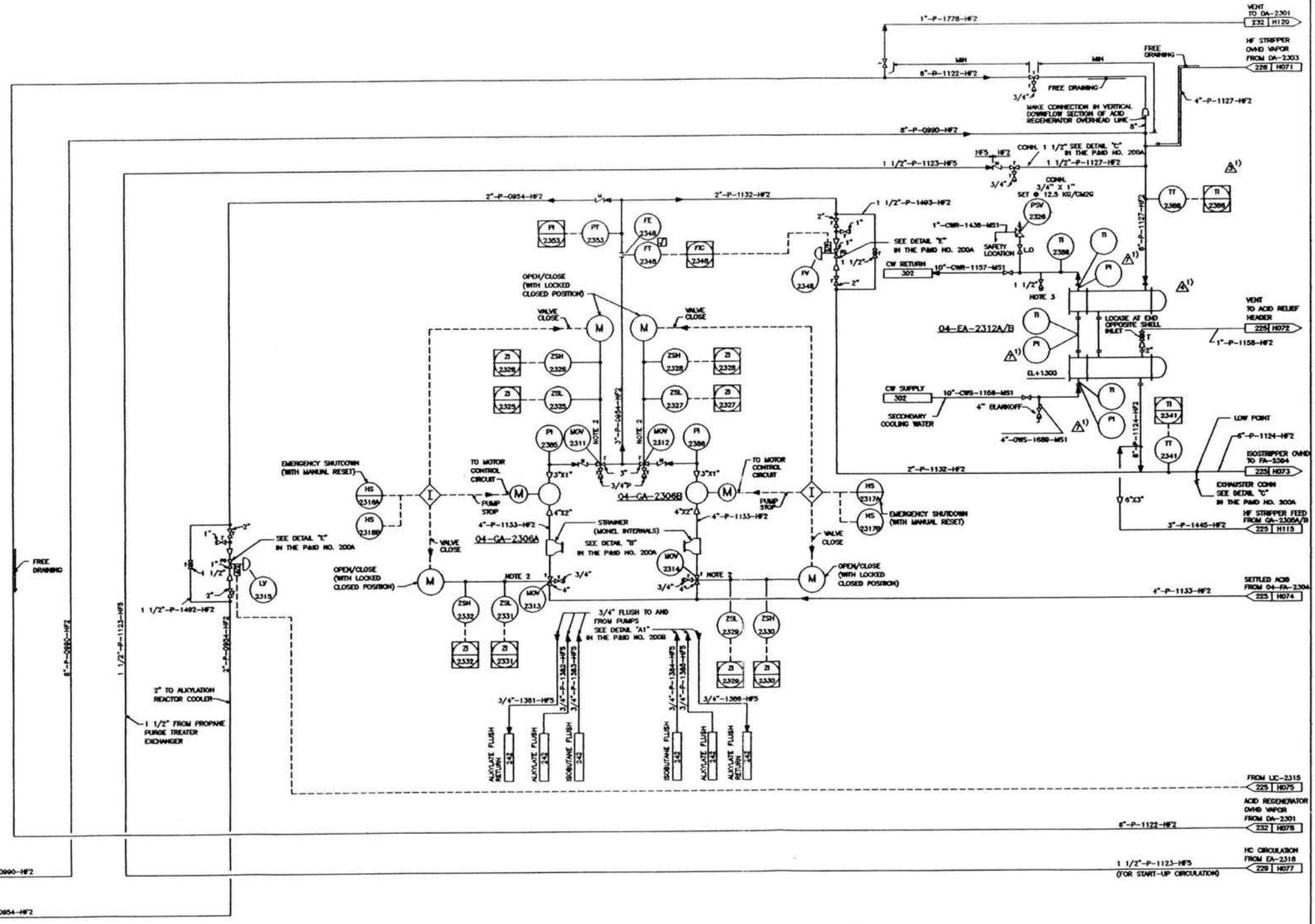
DESIGNED BY	R.G.F.	REVISION	PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
CHECKED BY			ISOSTRIPPER REBOILER HEATER
APPROVED BY			HF ALLOCATION LINE
			ALLOCATION PLANT NO. 2
			050996-04-12-1-217
			DATE: 05/09/96
			SCALE: NONE
			JUL 31 '96

DRAWING FILE NUMBER: 050996

22-1-11-90 966050

SETTLED ACID PUMPS		04-GA-2306A AND 04-GA-2306B	
(SEE DETAIL "B" IN THE P&ID NO. 200A)			
RATED SUCTION PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (g):	9.1	OPERATING TEMPERATURE, °C:	38
RATED FLOW RATE, m <sup>3</sup> /hr:	16.1	NORMAL FLOW RATE, m <sup>3</sup> /hr:	8.8
RATED DIFFERENTIAL PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> :	0.3	RATED POWER, kW:	10.6

HF STRIPPER FEED CONDENSER		04-EA-2312A/B	
DESIGN PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (g) HOT/COLD:	18.7 / 12.5	DESIGN TEMPERATURE, °C HOT/COLD:	121 / 121
OPERATING PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (g) HOT/COLD:	9.95 / 3.95	OPERATING TEMPERATURE, °C HOT/COLD:	57 / 43
NORMAL DUTY, 10 <sup>6</sup> kcal/hr:	2.82		



ISOSTRIPPER OVD VAPOR FROM DA-2300 8"-P-0990-HF2 215 | H071

SETTLED ACID TO GA-2308 2"-P-0854-HF2 206 | H019

FROM LIC-2315 225 | H075

ACID REGENERATOR OVD VAPOR FROM DA-2301 232 | H076

HC CIRCULATION FROM EA-2318 (FOR START-UP CIRCULATION) 1 1/2"-P-1123-HF5 229 | H077

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA, CARR. S. L. 88

DESIGNER	R.G.F.
CHECKED BY	
APPROVED BY	
DATE	05/09/96-04-12-1-224
NO. IN	050996
NO. OF SHEETS	NONE
SCALE	AS SH.

PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM  
SETTLED ACID PUMPS  
HF ALKYLATION UNIT  
ALKYLATION PLANT NO. 2

050996-04-12-1-224

AL 31 2002

SINGAPORE FILE NUMBER DATE / /

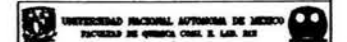
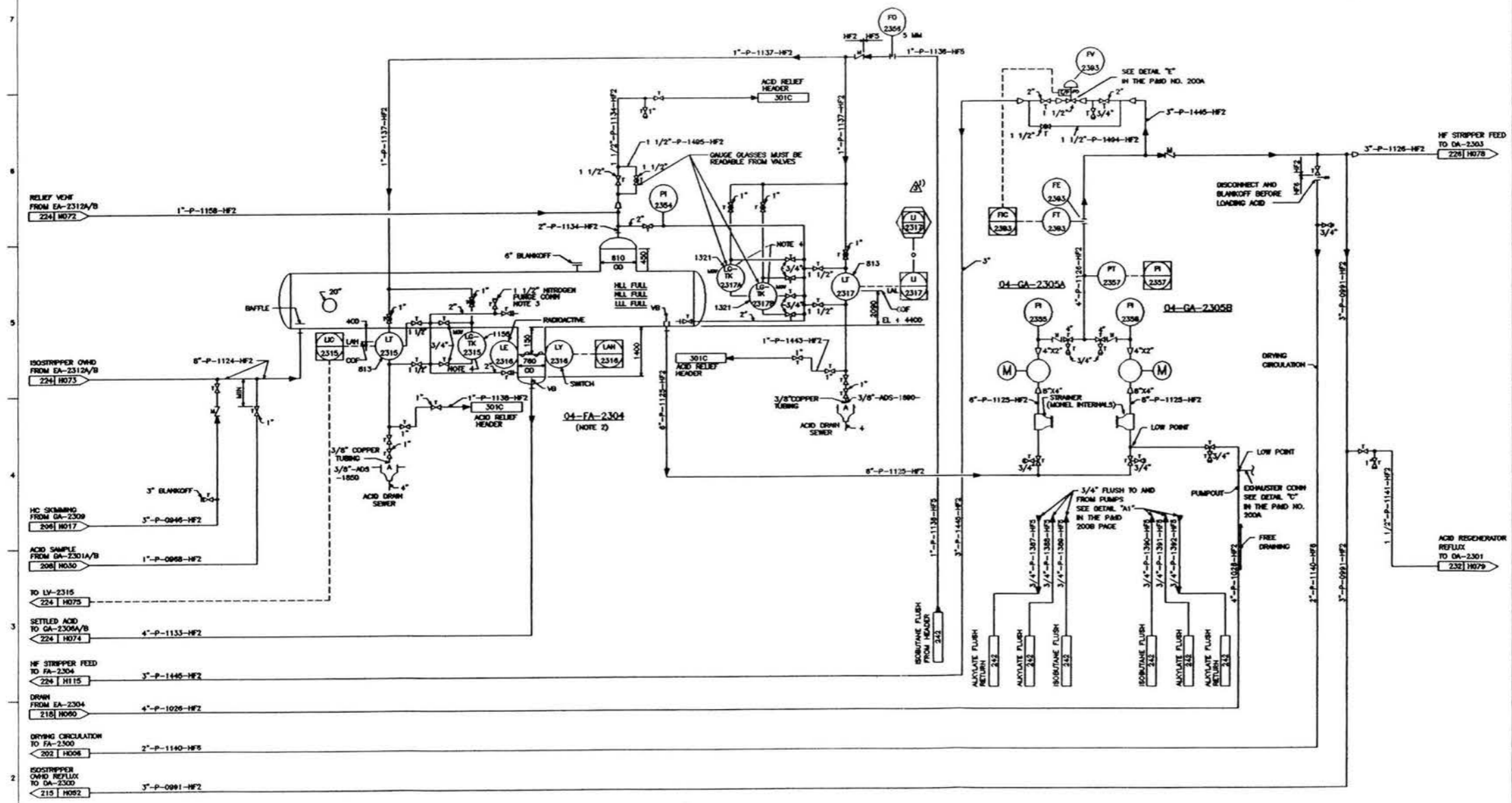
92Z-1-12-04-968050

HF STRIPPER  
FEED SETTLER  
REFLUXATE  
04-FA-2304  
MISC CONNS HF2

DESIGN PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (g):	15.7	DESIGN TEMPERATURE, °C:	121
OPERATING PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (g):	9.1	OPERATING TEMPERATURE, °C:	38
I.D., mm:	1900	T-I, mm:	5000

HF STRIPPER  
FEED PUMPS  
04-GA-2305A AND 04-GA-2305B  
(SEE DETAIL "B" IN THE PAID NO. 200A)

RATED SUCTION PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> (g):	9.0	OPERATING TEMPERATURE, °C:	38
RATED FLOW RATE, m <sup>3</sup> /hr:	67.4	NORMAL FLOW RATE, m <sup>3</sup> /hr:	58.4
RATED DIFFERENTIAL PRESSURE, kg/cm <sup>2</sup> :	12.1	RATED POWER, KW:	47.8

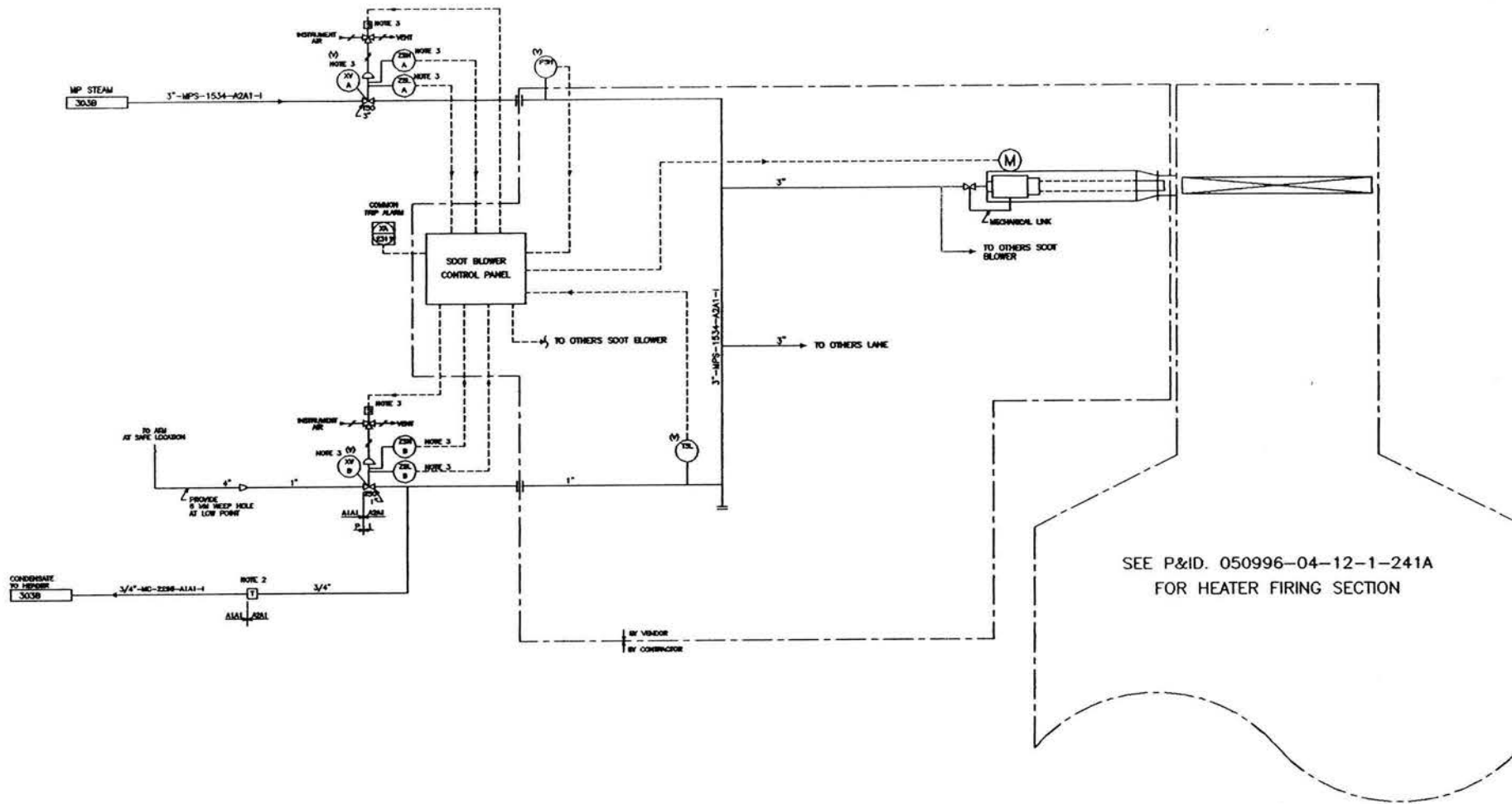


DESIGNED BY	R.G.F.	REVISION	
CHECKED BY		PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM	
APPROVED BY		HF STRIPPER FEED SETTLER	
DATE		HF ALKYLATION UNIT	
		ALKYLATION PLANT NO. 2	
		PROJECT NO.	050996-04-12-1-225
		DATE	NOV 1982
		SCALE	NONE
		BY	J.M.H.
		CHECKED	
		DATE	

SINGULAR FILE NUMBER DATE, L.O. / O.D.



819Z-1-21-10 -066050



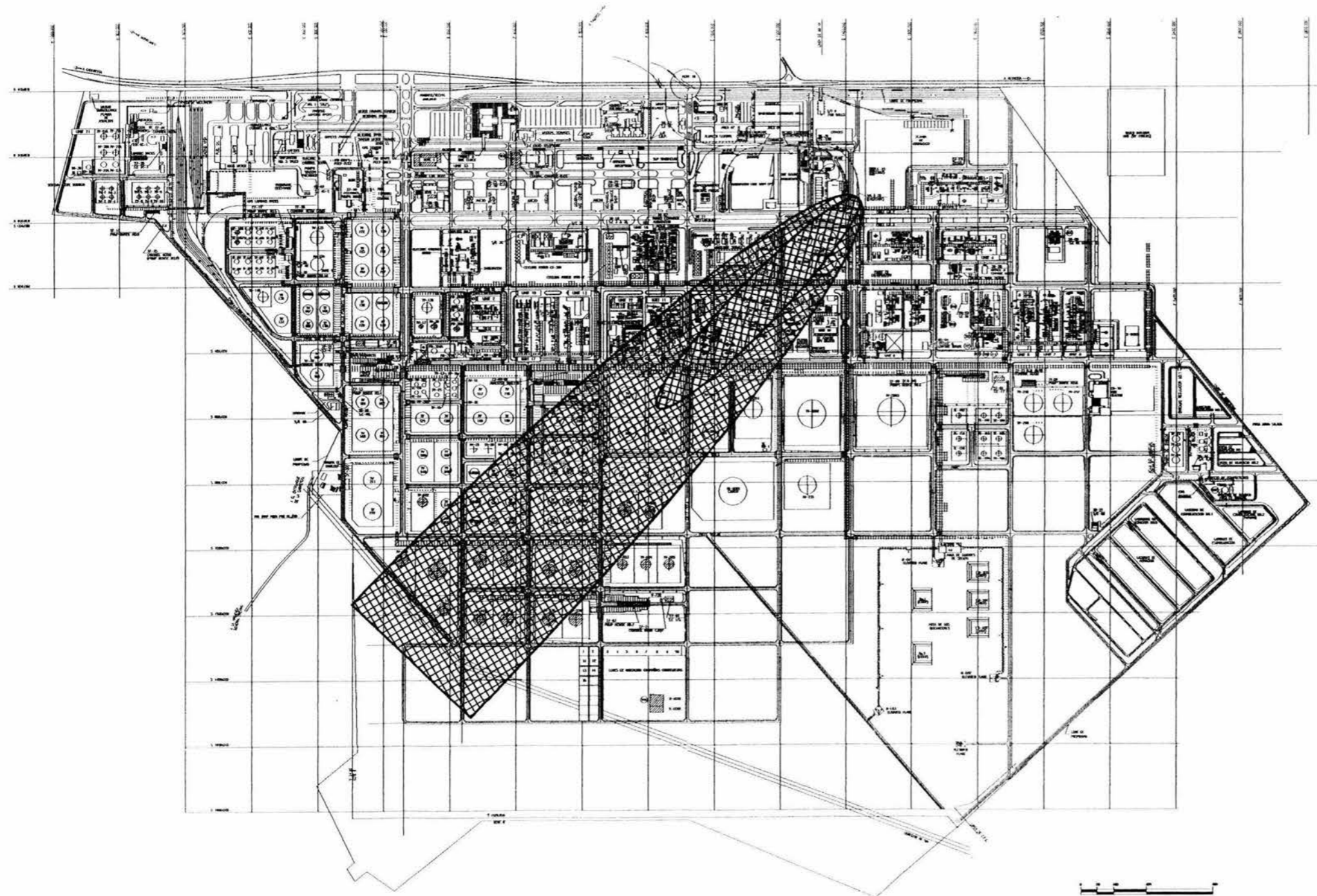
HEATER ITEM NO.	LINE NO.	SOOT BLOWER		LINE NO.		XV(A) NO. ZSH(A) NO. ZSL(A) NO.	XV(B) NO. ZSH(B) NO. ZSL(B) NO.	PSH NO.	TSL NO.	REMARKS
		NO.	ITEM NO.	MP STEAM	CONDENSATE					
04-BA-2300	1	2	ME-2310A/B	3"-MPS-1534-A2A1-1	3/4"-MC-2288-A1A1-P	XV-2311 ZSH-2380 ZSL-2590	XV-2312 ZSH-2381 ZSL-2561	PSH-2511	TSL-2301	
	2	2	ME-2311A/B							

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA ORGÁNICA Y LAB. DE

DESIGNER	BY	DATE	050996
CHECKED BY			
APPROVED BY			
DATE	050996-04-12-1-241A		
SCALE	NONE		
DATE	JUL 31 '96		

DATE: 7/31/96

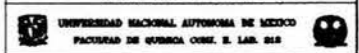
EVENTO	ZONA	DISTANCIA	EFFECTOS
NUBE TOXICA	ZONA ALTO RIESGO	880 m <sup>2</sup> 81754 m <sup>2</sup>	30 PPM
	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1950 m <sup>2</sup> 686,505 m <sup>2</sup>	3 PPM



UNITS & SYSTEMS

SYSTEM	PROCESS PLANTS
1	2
2	4
3	5
4	5.0A
5	5
6	5
7	1
8	2
9	9
10	11
11	12
12	13
13	13
SYSTEM	UTILITY PLANTS
26	100
27	100AC
28	200
29	500
30	500
31	500
32	500
33	500
34	500
35	500
36	500
37	500
SYSTEM	PACKAGE & OFFICE
21	---
22	---
23	---
24	---
SYSTEM	EXPANSION AND UPGRADE PLANTS
10	22
11	30
12	21
13	24
SYSTEM	UPGRADING AND MODIFICATION PLANTS
14	44
15	42
16	40
17	41
18	43
19	45
20	46

PROYECTO  
ACTUALIZACION DE DIAGRAMA DE LA PLANTA DE ALQUILACION NO. 1  
Y ANALISIS DE RIESGOS EN LA PLANTA DE ALQUILACION NO. 2  
DE LA REFINERIA DE CADREYTA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA, S. LAZ. B.S.

ELABORADO POR	CBE	TÍTULO DEL	DIAGRAMA DE DISPERSION DE UNA PLUGA DE HF EN SANGRE DE DESCARGA DE HF FRESCO
REVISADO POR	CBE	PROYECTO NO.	FQ-1003-AC-001
APROBADO POR	MAGD	PLANTA	PLANTA DE ALQUILACION II
APROBADO POR	JMB	FECHA	JUL. 31 '02

REVISOR	FECHA	DESCRIPCION









## BIBLIOGRAFÍA

1. MANUAL DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE ALQUILACIÓN DE LA REFINERÍA HECTOR R. LARA SOSA.
2. TALLER SOBRE “ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD” UNAM-FACULTAD DE QUIMICA (2002)
3. SÁNCHEZ LEON Ma. ERICA “ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES DE UNA PLANTA CATALITICA DESINTEGRADORA DE GASOLEOS, EN FASE FLUIDA” TESIS EXPERIMENTAL . UNAM . MÉXICO. 27 DE JUNIO DE 2002.
4. SÁNCHEZ VIERA, JESÚS “ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA SECCION DE CARGA DE UNA PLANTA DE ISOMERIZACIÓN” TESIS EXPERIMENTAL. UNAM. MÉXICO 25 DE JULIO 2002.
5. SANTAMARÍA JIMÉNEZ ISRAEL “ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL AREA DE ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE GAS L.P. DE LA REFINERÍA GENERAL LAZARO CARDENAS DE MINATITLAN VERACRUZ” TESIS EXPERIMENTAL. UNAM. MÉXICO 15 DE MARZO DE 2001.
6. VILLAR MARIN VICTOR HUGO “TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS Y ANÁLISIS DE RIESGO EN INDUSTRIAS DE PROCESO.
7. MUNICH GALINDO, GARCIA MARTINEZ. “FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN” TRILLAS, 1998.
8. NIOSH/OSHA, “POCKET GUIDE TO CHEMICAL HAZARDS”, U.S. DEPT. OF HEALTH AND HUMAN SERVICES-U.S. DEPT. OF LABOR, U.S.A., SEPTEMBER 1978.
9. SANTAMARÍA RAMIRO, J.M., “ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA INDUSTRIA QUIMICA” FUNDACIÓN MAPFRE, ESPAÑA, 1994.
10. AMERICAN INSTITUTE CHEMICAL ENGINEER. CURSOS DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD HAZOP. AICHE. (1998).
11. BUTRINO S. ARTURO. “PRINCIPIOS GENERALES DE LA INGENIERIA DE SEGURIDAD”. REVISTA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE SEGURIDAD E HIGIENE. 1993.



12. PERRY R.H., CHILTON C.H "CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK", FIFTH EDITION, MCGRAW HILL. KOGALUSHA LTD., TOKIO, 1973.
13. RAO V. KOLLURU, STEVEN M BARTELL "MANUAL DE EVALUACION Y ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS", MCGRAW-HILL, MEXICO 1998.