

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA



"IMPLEMENTACION DEL ELEMENTO DE ANALISIS DE RIESGOS EN UNA
INDUSTRIA QUIMICA DE ALTO RIESGO"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R A Q U I M I C A
P R E S E N T A :
GEORGINA MARTINEZ ESCUDERO



MÉXICO, D. F.

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



JURADO ASIGNADO:

Presidente	Prof. Jaime Medina Oropeza
Vocal	Prof. Héctor Marcelino Gómez Velasco
Secretario	Prof. Modesto Javier Cruz Gómez
Primer Suplente	Prof. Néstor Noé López Castillo
Segundo Suplente	Prof. José Sabino Samano Castillo

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA

Refinería "Ing. Antonio Dovalí Jaime", Salina Cruz, Oaxaca
Laboratorio E-212, Facultad de Química, UNAM

Asesor

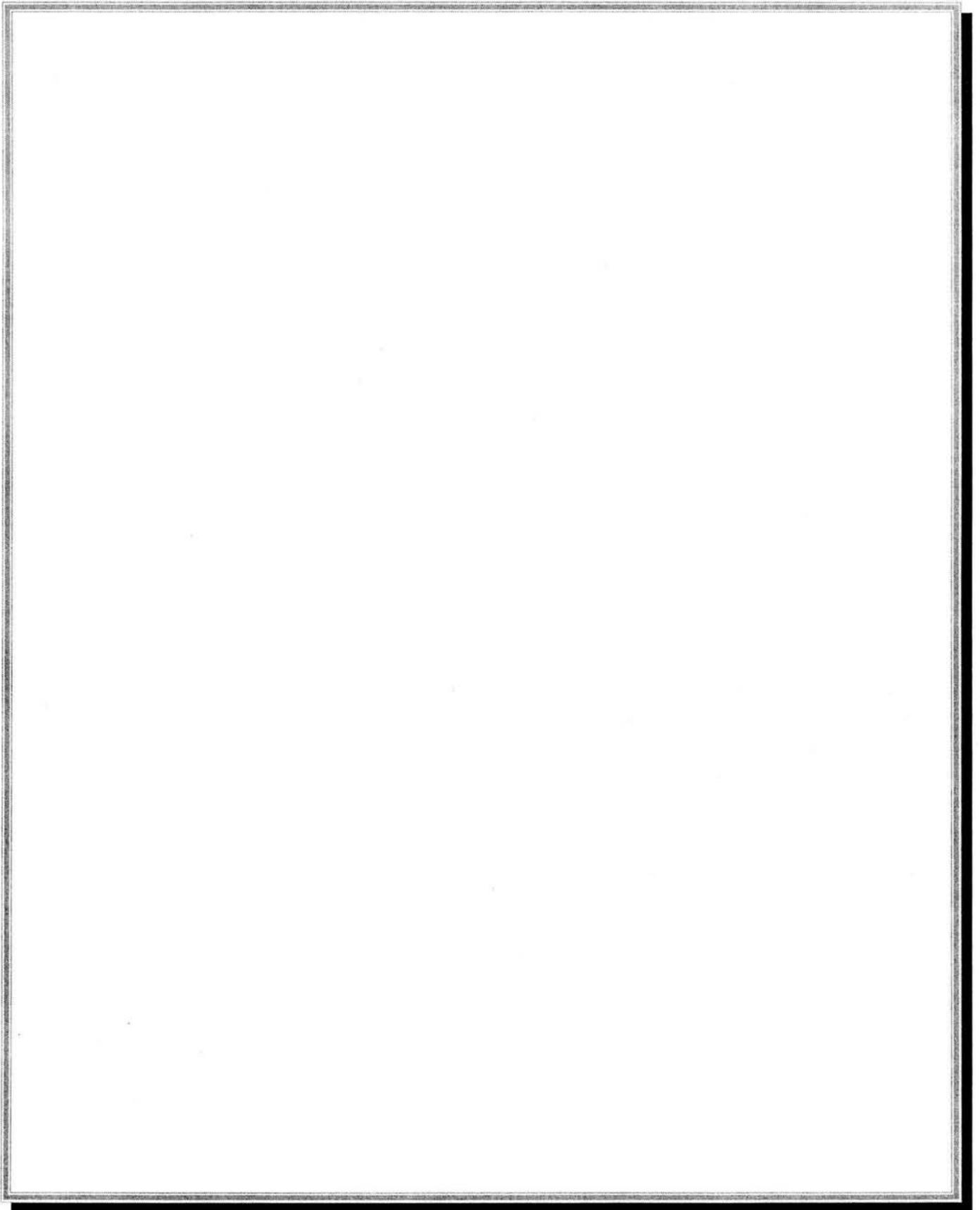

Dr. M. Javier Cruz Gómez

Sustentante


Georgina Martínez Escudero

Supervisor Técnico


Ing. Alfredo Adrián Malvárez Camacho



AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme alcanzar mis sueños, día a día.

A la UNAM

Por que dentro de sus instalaciones además de formarme como profesionalista conocí el valor de la amistad.

Al Doctor M. Javier Cruz Gómez.

Por brindarme la oportunidad de participar en su grupo de trabajo y conocer la aplicación de mi formación más allá del salón de clases.

A los profesores Jaime Medina Oropeza, Héctor Marcelino Gómez Velasco, Néstor Noé López Castillo y José Sabino Samano Castillo por su apoyo en la realización de este trabajo.

A mis profesores del CCH-Naucalpan

Por sembrar en mi la semilla del conocimiento y el amor hacía las ciencias con su programa jóvenes hacía la investigación.

A mis profesores de la Facultad de Química

Por cada clase impartida donde nos compartían sus conocimientos y experiencias para hacernos crecer como profesionistas.

A PEMEX

Por otorgar su confianza al apoyar a este tipo de proyectos que nos permiten comenzar a desarrollarnos dentro del campo de trabajo.

A mis padres como una muestra de cariño y agradecimiento por todo el amor y el apoyo brindado, y por que hoy veo llegar a su fin una de las etapas de mi vida, les agradezco la orientación que siempre me han otorgado.

A mi Máma Angelita (†)

Por tu apoyo incondicional, porque se que estas conmigo siempre.

A Raúl

Por iluminar con su presencia mi vida y el camino para seguir adelante cuando lo necesitaba.

A Columba J. López, Alfredo Malvárez, Mario Arce, Ramón García, Marco A. González, Néstor N. López, Hugo Luna muchas gracias por su ayuda en la realización de este trabajo.

A los Ingenieros de la Refinería de Salina Cruz, Ing. Alejandrino Toledo, Ing. José Luis Oviedo, Ing. Jesús Valdivieso, Ing. Jorge A. Alfaro y al Ing. Gabriel Torres, por su apoyo y facilidades otorgadas en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A mi Papá, por apoyarme en todo momento y enseñarme a sonreír siempre a pesar de la adversidad.

A mi Mamá, por compartir conmigo mis sueños y esperanzas, ser mi amiga y confidente, por enseñarme el valor del respeto y darme la fuerza para seguir adelante cuando algo no sale bien.

A Mis Hermanos, Pily y Jorge por darme su cariño incondicional, su amistad, su confianza y por su respeto hacia mis decisiones.

A mis tíos, primos y sobrinos, por la gran familia que somos y el apoyo que siempre me han dado.

A Ana Maria, Jessica, Roxí, Pablo, Coral, Glenda, Blanca, Lizbeth, Laura, por que a pesar de la distancia nuestra amistad aún continúa.

A Adri, Cata, Luis Jorge, Oscar (Mameiker), Paulo, Rada, Rodrigo, Julio, Gonx, por iniciar el camino junto a mi y por enseñarme que además de estudiar podíamos divertirnos.

A Raúl B, Columba, Javier, Laura, Mille, Israel, Hugo, Fermín, Fernando, Nes, Raúl A, Orlando, Alf, Godinez, Miguel, Froylan, Jaime, Mario, por los momentos que compartimos a lo largo de este tiempo y darme su amistad.

A Dinorah, Bertha, Juan Miguel, Miguel y demás compañeros que conocí en Noriega & Asociados por brindarme su amistad y su confianza.



ÍNDICE.

Índice de Tablas.	v	
Índice de Figuras.	vii	
Abreviaturas.	viii	
Capítulo I	Introducción.	
I.1	Introducción.	1
I.2	Objetivos.	4
I.3	Justificación.	5
I.4	Antecedentes Teóricos.	6
Capítulo II	Metodología para Implementar el Elemento de Análisis de Riesgos.	
II.1	Concientización.	11
II.1.1	Riesgo y Peligro.	11
II.1.2	Control de Riesgos.	13
II.1.3	Identificación de Riesgos.	14
II.1.4	Causas que Ocasionan los Riesgos.	16
II.1.5	Accidentes e Incidentes.	17
II.1.6	Metodologías de Análisis y Evaluación.	20
II.1.6.1	Métodos Comparativos de Identificación de Riesgos.	22
II.1.6.1.1	Códigos.	22
II.1.6.1.2	Listas de Comprobación.	22
II.1.6.1.3	Análisis Histórico de los Accidentes.	23
II.1.7	Índices de Riesgo.	24
II.1.7.1	Índice Dow.	25



II.1.7.2	Índice Mond.	27
II.1.8	Métodos Generalizados.	28
II.1.8.1	Análisis de Riesgo y Operabilidad (HazOp).	28
II.1.8.2	Análisis de Modalidades de Falla y sus Efectos (FMEA).	36
II.1.8.3	Análisis de Árbol de Fallas (FTA).	37
II.1.8.4	Análisis de Árbol de Sucesos (ETA).	42
II.1.8.5	Análisis What If.	43
II.1.8.6	Análisis de Confiabilidad Humana (ACH).	44
II.1.8.7	Análisis de Consecuencias (AC).	44
II.1.8.7.1	Clasificación de los Modelos de Estimación de Consecuencias.	46
II.1.8.7.1.1	Modelos de Fuente.	47
II.1.8.7.1.2	Modelos de Dispersión.	48
II.1.8.7.1.3	Modelos de Explosiones e Incendios.	51
II.1.8.7.1.3.1	Tipos de Explosiones.	52
II.1.8.7.1.3.2	Tipos de Incendio.	52
II.1.8.7.1.4	Modelos de Efecto.	53
II.1.8.7.2	Análisis de Consecuencias Utilizando el Programa PHAST.	53
II.1.8.7.2.1	Principales Modelos Utilizados por PHAST.	54
II.1.8.7.2.1.1	Fuente de Emisión a partir de un Recipiente o Tubería.	54
II.1.8.7.2.1.2	Fuente de Emisión Definida por el Usuario.	55
II.1.8.7.2.1.3	Modelo de Dispersión Unificado.	56
II.1.8.7.2.2	Parámetros.	56
II.1.9	Normatividad.	57
II.2	Diseño y Desarrollo.	66
II.2.1	Criterios para la Identificación de Riesgos.	66
II.2.2	Criterios para Jerarquizar los Riesgos.	68
II.2.3	Criterios para la Evaluación de Riesgos.	71
II.2.4	Revisión de Información sobre los Procesos y Sustancias Peligrosas.	73



II.2.4.1	Proceso	73
II.2.4.2	Materiales y Sustancias Peligrosas.	73
II.2.4.3	Número de Personas Potencialmente Afectadas Dentro y Fuera de la Instalación.	74
II.2.5	Requisitos Mínimos de Información para las Condiciones Operativas.	74
II.2.6	Requisitos Mínimos de Información para la Historia Operativa de los Procesos.	75
II.2.7	Requisitos Mínimos de Información para las Características del Medio (aire, agua, suelo) Potencialmente Afectable.	75
II.3	Implementación.	76
II.4	Actualización.	76
II.4.1	Criterios para la Integración y Actualización de la Información.	76
Capítulo III	Ejemplo de Implementación.	
III.1	Identificación de los Riesgos.	77
III.2	Descripción General de una Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios.	78
III.3	Reacciones de Hidrodesulfuración.	81
III.4	Evaluación de Acuerdo a los Factores Externos.	83
III.5	Identificación de los Riesgos Utilizando la Metodología HazOp.	84
III.6	Utilización de la Técnica de Análisis de Árbol de Fallas (FTA).	88
III.6.1	Estimación Cuantitativa de Riesgos Utilizando el Análisis de Árbol de Fallas por el Método de Conjuntos Mínimos.	91
III.6.2	Diagramas de Árbol de Fallas.	93
III.6.3	Cálculo del Árbol de Fallas, con la Técnica de Conjuntos Mínimos.	93
III.7	Utilización de la Técnica de Análisis de Consecuencias.	95
III.7.1	Evaluación de Efectos de Incendio y Explosión en una Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios.	96
III.7.2	Descripción y Consecuencias del Escenario.	96
III.7.3	Consideraciones para Realizar el Análisis de Consecuencias.	97



III.7.4	Consideraciones para la Evaluación de Efectos de Incendio y Explosión.	97
III.7.5	Datos Requeridos para la Fuga por los Sellos del Compresor GB-701.	100
III.8	Resultados y Recomendaciones.	100
III.8.1	Recomendaciones del Análisis HazOp	100
III.8.2	Resultados y Recomendaciones del Análisis de Árbol de Fallas.	101
III.8.3	Resultados del Análisis de Consecuencias.	102
III.8.4	Fuga por la Descarga del Compresor GB-701.	102
III.9	Conclusiones del Estudio de Riesgo.	104
Capítulo IV	Conclusiones.	106
Capítulo V	Bibliografía.	108
Anexo A	Hojas de Registro HazOp.	
Anexo B	Diagramas de Árbol de Fallas.	
Anexo C	Diagramas de Tubería e Instrumentación.	
Anexo D	Diagramas de Análisis de Consecuencias.	
Anexo E	Plan de Trabajo.	
Anexo F	Hojas de Seguridad (MSDS).	
Anexo G	Glosario.	



ÍNDICE DE TABLAS.

Capítulo I Introducción.

Tabla 1	Elementos del SIASPA.	2
---------	-----------------------	---

Capítulo II Metodología para Implementar el Elemento de Análisis de Riesgos.

Tabla 2	Peligros en el Trabajo.	15
Tabla 3	Elementos de los Accidentes.	19
Tabla 4	Principales Métodos Utilizados en la Identificación, Análisis y Evaluación de Riesgos.	21
Tabla 5	Técnicas de Análisis de Riesgos de Proceso (ARP).	21
Tabla 6	Clasificación del Grado de Peligro para el Índice Mond de Fuego, Explosión y Toxicidad.	27
Tabla 7	Características de los Integrantes del Equipo Multidisciplinario.	29
Tabla 8	Matriz de Desviaciones para el Análisis "HazOp" en Procedimientos, Programas o Normas.	31
Tabla 9	Matriz de Desviaciones para el Análisis "HazOp" en Procesos Químicos, de Refinación y Petroquímica.	31
Tabla 10	Símbolos Comúnmente Utilizados en el Análisis de Árboles de Fallas.	40
Tabla 11	Probabilidad de Eventos.	41
Tabla 12	Equivalencias entre Probabilidad y Frecuencia.	42
Tabla 13	Tipo de Estabilidad Basado en la Velocidad del Viento y la Radiación Solar.	50
Tabla 14	Relación entre el Tipo de Fuga y Modelos de Consecuencias Empleadas.	57
Tabla 15	Documentos Gubernamentales.	58
Tabla 16	Otros Documentos.	63
Tabla 17	Niveles de Frecuencia.	68
Tabla 18	Niveles de Gravedad.	69



Capítulo III Ejemplo de Implementación.

Tabla 19	Nodos o Modificaciones Analizados con la Metodología HazOp.	86
Tabla 20	Descripción del Escenario para el Análisis Árbol de Fallas.	89
Tabla 21	Reglas Booleanas de Uso Frecuente en el Análisis de Árbol de Fallas.	91
Tabla 22	Relación de Diagramas de Árbol de Fallas.	93
Tabla 23	Eventos Intermedios Principales.	94
Tabla 24	Eventos Intermedios Principales con sus Probabilidades.	95
Tabla 25	Escenario Analizado.	96
Tabla 26	Niveles de Radiación.	99
Tabla 27	Niveles de Sobrepresión.	99
Tabla 28	Datos Iniciales.	100
Tabla 29	Recomendaciones Emanadas del Análisis HazOp.	100
Tabla 30	Probabilidad y Frecuencia para el Escenario "Paro del Compresor GB-701".	101
Tabla 31	Dardo de Fuego.	102
Tabla 32	Fuego Instantáneo.	103
Tabla 33	Ignición Tardía o Explosión de una Nube Confinada.	103
Tabla 34	Diagrama de Análisis de Consecuencias.	103



ÍNDICE DE FIGURAS.

Capítulo I	Introducción.	
Figura I.1	Evolución de la Prevención en Paralelo con la Producción.	7
Capítulo II	Metodología para Implementar el Elemento de Análisis de Riesgos.	
Figura II.1	Esquema de Análisis de Árbol de Fallas.	39
Figura II.2	Representación Gráfica de la Metodología HazOp.	67
Capítulo III	Ejemplo de Implementación	
Figura III.1	Mapa de Regionalización Sísmica de la Republica Mexicana.	83
Figura III.2	Cálculo de Probabilidades de la Puerta "Y".	90
Figura III.3	Cálculo de Probabilidades de la Puerta "O".	90



LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Análisis de Consecuencias.
ACE	Análisis de Causa y Efecto.
ACH	Análisis de Confiabilidad Humana.
AHA	Análisis Histórico de Accidentes.
ALOHA	Aerial Locations of Hazardous Atmospheres.
API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).
ARCHIE	Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation (Programa para la Evaluación de Accidentes y Riesgo Químico).
ARP	Análisis de Riesgo de Proceso.
ASME	American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
BOP	Buenas Prácticas de Operación.
BLEVE	Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion (Explosión de Vapor por la Expansión de un Líquido en Ebullición).
CE y N	Códigos, Estándares y Normas.
CL	Check List (Lista de Comprobación).
CHAFING	Chemical Accidents, Failure Incidents and Chemical Hazards Databank.
CHI	Chemical Hazard in Industry.
CVCE	Confined Vapor Cloud Explosion (Explosión de nubes de vapor confinadas).
DFP	Diagrama de Flujo de Proceso.
DIPPR	Design Institute for Physical Properties Research.
DTI's	Diagrama de Tubería e Instrumentación.
EMP	Esperanza Matemática de Pérdidas.
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección al Medio Ambiente).



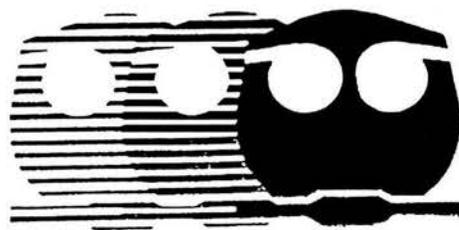
ETA	Event Tree Analysis (Análisis de Arbo de Eventos).
FEMA	Federal Emergency Management Administration (Dirección Federal de Administración de Emergencias).
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis (Análisis de formas de fallas y efectos)
FTA	Fault Tree Analysis (Análisis de Árbol de Fallas).
HARIS	Hazard and Reability Information System.
HazOp	Hazard and Operability (Análisis de Riesgo y Operabilidad).
ID	Índice Dow.
IIE	Índice de Riesgo y Explosión.
IM	Índice Mond.
INE	Instituto Nacional de Ecología.
IR	Índices de Riesgo.
L.B.	Límite de Batería.
LFL	Lower Flammable Limit (Limite Inferior de Inflamabilidad).
LFL Frac.	Lower Flammable Limit (Limite Inferior de Inflamabilidad Promedio).
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
MDPP	Máximo Daño Probable a la Propiedad.
MF	Factor Material.
MHIDAS	Major Hazard Incident Data Service.
MSDS	Material Safety Data Sheet (Hoja de datos de seguridad de una sustancia).
NF	Índice NFPA de inflamabilidad.
NFPA	National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego).
NH	Índice NFPA de Peligrosidad para la Salud.
NR	Índice NFPA de Reactividad.
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional de Salud Ocupacional).
OP	Onda de Presión.



OSHA	Occupational Safety and Health (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional).
PEMEX	Petróleos Mexicanos.
PHAST	Process Hazard Analysis Safety Tool.
ppm	Partes por millón.
RT	Radiación Térmica.
SAFETI	Software for the Assessment of Flammable Explosive and Toxic Impacts.
SCRI	Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias.
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SIASPA	Sistema Integral para la Administración de la Seguridad y Protección Ambiental.
SICOLAB	Sistema de Control de Laboratorios.
SONATA	Summary of Notable Accidents in Technical Activities.
STOP	Seguridad en el Trabajo Mediante la Observación Preventiva.
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
T	Dispersion de Sustancia Tóxica.
UDM	Unified Dispersion Model.
UFL	Upper Flammable Limit (Límite superior de Inflamabilidad).
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México.
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
UVCE	Unconfined Vapor Cloud Explosion (Explosión de Nubes de Vapor no Confinadas).
VOTO	Ver, Oír, Tocar y Oler.
WI	What If (¿Que pasa sí ...?).
WOAD	World Wide Offshore Accident Databank.

*Vale más comprender la belleza y el significado
inmenso que tiene vivir unos con otros con la fuerza
del amor en un momento de dialogo sincero.*

CAPÍTULO I



INTRODUCCIÓN



I.1 INTRODUCCIÓN.

La ingeniería química se define como “la aplicación de principios procedentes de las ciencias químicas y físicas, aunados a principios derivados de la economía y de las relaciones humanas, en campos que pertenecen directamente a los procesos y al equipo de proceso, por ello el ingeniero químico puede desarrollar su aprendizaje en diferentes ramas, todas de igual importancia, una de ellas y en la cual se basa esta tesis es el análisis del proceso y de las instalaciones de una industria química de alto riesgo para obtener condiciones seguras para los trabajadores, su entorno, sus instalaciones y hacia el medio ambiente.

La inclinación por este tema es debido a que la industria ha crecido tanto en número como en capacidad, por ello un incremento en el número de personas que la conforman, inclusive en su entorno, por ello las características y consecuencias de los riesgos fueron aumentando considerablemente dentro de la industria en general y en particular la química, dentro de esta categoría podemos hablar de Petróleos Mexicanos (PEMEX), quién siendo una de las empresas líderes y de mayor importancia en nuestro país, no ha escatimado esfuerzos y recursos para lograr que sus instalaciones sean más seguras y que el impacto ambiental que provocan sea el menor posible.

Para lograr este objetivo PEMEX ha venido implantando un programa denominado SIASPA (Sistema Integral para la Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental), el propósito de este programa es dar soporte y asegurar el cumplimiento de la Política Institucional de Seguridad Industrial y Protección Ambiental de PEMEX, su enfoque es hacia la administración efectiva de los aspectos relativos a la seguridad y a la protección ambiental, tiene vínculos directos e importantes con funciones tales como la operación, el mantenimiento, el diseño, los recursos humanos, los asuntos externos, la planeación y la presupuestación, etc., por citar solo algunos, por lo mismo, la implantación de SIASPA requiere la participación activa y entusiasta de todo el personal de los centros de trabajo, para crear en el personal una actitud permanente de cambio hacia la consolidación de una cultura de seguridad y protección ambiental basada en la prevención de riesgos.



SIASPA está compuesto de 18 elementos bien diferenciados, interrelacionados e interdependientes, que está comprobado afectan la seguridad y la protección ambiental; cada elemento establece una serie de requisitos congruentes con la normatividad vigente y con las mejores prácticas demostradas en la industria.

Cada elemento de SIASPA tiene una razón de ser, un objetivo y un alcance específicos que se complementan con el resto de los elementos que conforman el sistema, característica ésta, en la que reside su fortaleza, debido a que el efecto de los 18 elementos trabajando de manera organizada y armoniosa, es mucho mayor que el efecto de los mismos 18 elementos trabajaran por separado o de manera desorganizada.

SIASPA está integrado por 3 componentes, integrados a su vez por 18 elementos, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Elementos del SIASPA.

Factor Humano	Métodos	Instalaciones
1. Política, Liderazgo y Compromiso.	8. Planeación y Presupuesto.	16. Planes y Respuesta a Emergencias.
2. Organización.	9. Normatividad.	17. Integridad Mecánica.
3. Capacitación.	10. Administración de la Información.	18. Control y Restauración.
4. Salud Ocupacional.	11. Tecnología del Proceso.	
5. Análisis y Difusión de Incidentes y buenas Prácticas.	12. Análisis de Riesgos.	
6. Control de Contratistas.	13. Administración del Cambio.	
7. Relaciones Públicas y con las Comunidades.	14. Indicadores de Desempeño.	
	15. Auditorias.	



Si bien, todos son importantes se pone especial atención en el punto 12 ya que es el tema de esta tesis, en donde se dará seguimiento a los puntos clave para poder incluir el análisis de riesgos como una práctica común en la operación de la industria química de alto riesgo, también se describen las técnicas que pueden ayudar a realizar dicho análisis. Para poder demostrar su importancia se ilustra un ejemplo realizado a una Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios en la cual la UNAM-Facultad de Química participo en la realización del análisis de riesgos, tomando en cuenta las normatividades correspondientes, como lo es la guía para la elaboración del estudio de riesgo (instalaciones en operación) elaborada por el Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas. En este trabajo se aplicaron tres técnicas de identificación y evaluación de riesgos las cuales se describen a continuación:

Análisis de Riesgos y Operabilidad (HazOp).

La aplicación de la técnica HazOp nos permitirá identificar los riesgos potenciales, mediante una técnica sistematizada empleada por un equipo multidisciplinario, en donde sus integrantes analizarán las condiciones operativas de la planta para dar como resultado una lista de recomendaciones a seguir con el propósito de reducir o evitar estos riesgos.

Análisis de Árbol de Fallas.

Con la aplicación de la metodología de análisis de árbol de fallas se identificarán los eventos individuales o conjuntos de estos los cuales podrían desencadenar un evento culminante. Este análisis proporciona un resultado cuantitativo, con el que se obtiene la probabilidad de que el evento culminante suceda.

Análisis de Consecuencias.

Por último, se realizará un análisis de consecuencias, en donde con la ayuda de un software especializado (Phast versión 6.0) se simulará un escenario no deseado (accidente). Este análisis nos ayuda a estudiar las posibles consecuencias si este escenario se llegara a presentar.



I.2 OBJETIVOS.

- ✓ Implementar el análisis de riesgos en una instalación química de alto riesgo, con la finalidad de controlar y/o minimizar las consecuencias que afectan social (empleados, público en general, y el medio ambiente) y económicamente (producción, activos y pasivos).
- ✓ Destacar la importancia de la implementación del análisis de riesgos en una industria química de alto riesgo.
- ✓ Implementar el análisis de riesgos utilizando las normatividades vigentes hasta el momento, de acuerdo a los lineamientos requeridos por las autoridades mexicanas.



I.3 JUSTIFICACIÓN.

La ingeniería química ayuda al hombre a la transformación de la materia prima para beneficio de la sociedad, las necesidades de esta han incrementado "su uso" y al mismo tiempo se incrementaron los riesgos. En el presente trabajo, se analizará la importancia e implementación del elemento de análisis de riesgos de proceso en una instalación química de alto riesgo esto como resultado de la necesidad inminente de minimizar y/o controlar los riesgos que pudieran desencadenar eventos no deseados en los que se podría causar daños catastróficos como son la pérdida de vidas humanas o daños severos al medio ambiente y/o a las instalaciones. El propósito final de un análisis de riesgos es identificar, analizar y evaluar todos aquellos riesgos asociados con el proceso y las actividades que se realizan dentro de una instalación, mediante la aplicación de metodologías adecuadas para cada caso, así como también, definir estrategias para la prevención y control de estos tomando como referencia la probabilidad de accidentes, adecuación de planes de emergencia y el cumplimiento de las normas aplicables.



I.4 ANTECEDENTES TEÓRICOS.^(4,5,8)

La evaluación de riesgos y beneficios, de alguna manera pueden remontarse hasta el amanecer de la historia. Podríamos preguntarnos si Adán pensó en los riesgos antes de aceptar la manzana prohibida de manos de Eva en el jardín del Edén. Ciertamente, el hombre de las cavernas debió, de alguna manera sopesar los riesgos de cazar animales grandes, para obtener alimentos y vestido. De manera en que el hombre fue evolucionando, también lo hicieron sus necesidades y fue hasta el siglo XVIII con el inicio de la Revolución Industrial en 1760, cuando en Inglaterra se inició la industrialización creando la primera maquina de vapor, para posteriormente difundirse a otros países.

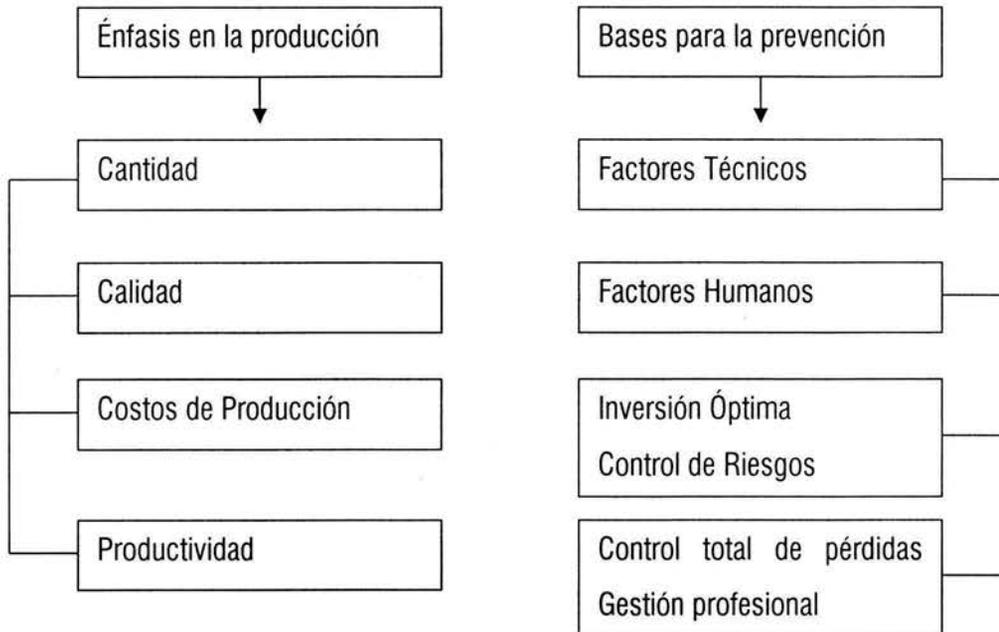
En esta época, el objetivo de producir a los máximos niveles, tiene una componente de deseo generalizado: cantidad en la producción. Parecía que con ella estaba asegurado un amplio beneficio como resultado o contra partida a la inversión y prestación de servicio en el mundo del trabajo, por lo cual las preocupaciones preventivas, basan sus soluciones en la adecuación de condiciones físicas de las instalaciones y equipos, es decir, en los llamados factores técnicos de la producción.

El equilibrio producción-calidad se dice que asegurará las ventas necesarias para conseguir el beneficio. Actualmente la variedad y cantidad de aportaciones al problema de la prevención son tan extensas que resultaría difícil su enumeración. Recordemos que en México el 31 de enero de 1940 aparece el Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo, antesala de la Ordenanza General del 9 de marzo de 1971.

Sin embargo, la clásica ley de la oferta y la demanda provoca una mayor dedicación hacia los costos de producción, ya que no es suficiente una buena calidad del producto, sino el poder ofrecerlo a unos precios más bajos, con esta actitud se está en una fase crítica para los márgenes de beneficio, ya que estos se ven afectados. Por ello, se busca la inversión óptima de seguridad y se profundiza en el control de lesiones por accidentes, pero los especialistas en seguridad se ocupan en discutir si era mejor actuar sobre los factores humanos o sobre los factores técnicos.



Figura I.1. Evolución de la Prevención, en Paralelo con la Producción. ⁽⁴⁾



Los diferentes progresos en cuanto a producción, calidad y costos de producción, conducen a un replanteamiento global para la actividad industrial. Es necesario profundizar en el concepto de productividad como un todo en el que incide la economía de movimientos, tiempos, esfuerzos, dinero y accidentes con pérdidas y así se llega a definir que, para que cualquier acto productivo elemental se realice con la máxima productividad es necesario que el sistema de trabajo empleado tienda a estas condiciones: ser el más sencillo y rápido, el menos fatigoso y costoso y el más seguro.

Se entiende que en este momento cuando acaba de nacer la seguridad e higiene para el factor trabajo, se ve claramente que constituye un medio decisivo en la productividad. No obstante, el haber interpretado el concepto de seguridad en el trabajo como una necesidad de acción directa y exclusiva sobre los accidentes que daban lugar a lesiones, provocó unos planteamientos muy parciales en las acciones de seguridad e higiene. En nuestro país hay que remontarse a finales de 1973 para disponer de referencias escritas sobre la necesidad de enfocar la prevención en base al control de todo tipo de pérdidas y no solo de accidentes con lesión.



Es también por esas fechas cuando se inicia una sensibilidad generalizada por los problemas que plantea la falta de higiene industrial y cuando comienzan a establecerse las estructuras organizativas adecuadas para ir fijando las responsabilidades de la seguridad en los diferentes niveles naturales del proceso productivo, de explotación y servicios.

Esta evolución, que se ha reflejado dentro de un lento desarrollo, ha sufrido cambios como la propia tecnología, y una aceleración en los últimos años, y se puede pronosticar que seguirá a ese ritmo, impulsado ahora por esa ampliación de la conciencia social, creando normatividades que nos ayudan a reducir los riesgos dentro de las instalaciones e inclusive al entorno.

Por ello, los elementos que constituyen una planta de proceso químico, tales como estructuras, edificios, equipos, maquinaria e instrumentos se diseñan teniendo en mente la seguridad, todos los ingenieros especialistas aplican los principios de la ingeniería de seguridad en el diseño de los elementos. Los principios de ingeniería de seguridad son aquellos que permiten que el equipo y estructuras realicen su función bajo condiciones ordinarias y también bajo condiciones extraordinarias sin tener una falla. Lo anterior se puede constatar por las pérdidas de vidas humanas y de propiedad que han ocurrido y que por desgracia siguen ocurriendo debido a las fallas de estos elementos.

La ingeniería utiliza al máximo todas las ciencias a su disposición, sin embargo, puede afirmarse que la ingeniería permanece como un arte, pues la aplicación de los principios y datos científicos queda al juicio del ingeniero de diseño. El ingeniero cuenta con el respaldo de códigos (ASME, NFPA, Código de construcción para el D.F. y territorios federales, etc.) que lo ayudan en la manera de aplicar los principios científicos.

Existen otros factores que influyen en la creación de incidentes y accidentes y se presentan durante la operación de la planta en ocasiones, los riesgos son evidentes y no necesitan procedimientos especiales para ponerse de manifiesto. Este sería, por ejemplo, el caso de un reactor en el que se mezclan hidrocarburos y oxígeno cerca del intervalo de inflamabilidad. En otros casos los riesgos no



son tan evidentes, y se requiere un análisis de cierta profundidad para desentrañar la clase de accidentes que pueden tener lugar. En cualquier circunstancia, decir que en una instalación determinada pueda ocurrir una explosión, o un escape tóxico no es suficiente, sino se requiere un estudio que indique cuales son los mecanismos o secuencias de acontecimientos por los que el accidente puede tener lugar, con el fin de tener oportunidades para actuar sobre los mismos.

Así mismo, con la idea firme de prevenir los riesgos y sabiendo de antemano que no los podemos evitar, debemos de estar preparados, para lo cual, nos surge la necesidad de protegernos contra pérdidas económicas derivadas de accidentes. La forma más usual de transferencia de riesgos consiste en contratar un seguro. Hay que tener en cuenta no sólo el daño causado al equipo e instalaciones de la planta, sino a los costos debidos a la interrupción de la producción y los derivados de la responsabilidad civil, que pueden ser muy cuantiosos, especialmente cuando se involucren daños a personas.

La evolución del contexto económico, técnico, jurídico y social en el que operan las empresas ha acarreado un aumento del número y valor de los siniestros al que las aseguradoras no podían hacer frente en las condiciones habituales del mercado, las empresas se enfrentaban a graves problemas como la limitación de las coberturas condicionadas a medidas de prevención y protección, entre muchos otros.

La administración de riesgos permite englobar la protección del patrimonio de la empresa. Actualmente ha surgido un nuevo enfoque, antes se protegía contra las consecuencias financieras de un riesgo a través de un seguro, ahora la empresa interviene en forma preventiva. La administración de riesgos no se limita a obtener una compensación de las pérdidas que resulten de un siniestro, sino que tienen por objeto evitar incluso que ocurran los siniestros, o reducir los efectos de los que no se hayan podido evitar.



Con relación a la cobertura por parte de las aseguradoras, la finalidad de la administración puede resumirse en los siguientes puntos:

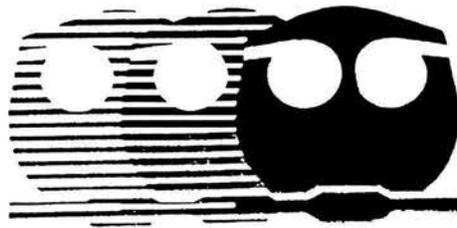
- ✓ Adquirir visión global de los riesgos y sus consecuencias.
- ✓ Control de riesgos.
- ✓ Administración financiera de los riesgos.
- ✓ Se trata de contribuir al reforzamiento de la posición competitiva de la empresa evaluando los costos totales de riesgo.

Cuando solo está en juego daños materiales, la combinación del concepto de seguro de accidentes y el análisis de riesgos permite establecer un criterio para decidir la tolerancia del riesgo. De este modo, considerando el área de estudio en su estado actual, si el costo de las materias primas del seguro sea $M\$/año$ y tras la instalación de las medidas de seguridad se reduce a $N\$/año$, el nivel de riesgos actual no es aceptable si el costo de las medidas de seguridad es igual o inferior a $(M-N)\$/año$.

Evidentemente dicho criterio es una simplificación, y las cantidades mencionadas pueden corregirse teniendo en cuenta intereses, depreciación de los equipos y costos de mantenimiento, descuentos por gastos futuros, bonificaciones adicionales por mejora de la imagen de la compañía, etc.

*¿De que sirve la inspiración si no va seguida
de manera inmediata por la acción?*

CAPÍTULO II



METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR EL ELEMENTO DE ANÁLISIS DE RIESGOS



II METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR EL ELEMENTO DE ANÁLISIS DE RIESGOS.

La implementación del elemento de Análisis de Riesgo en una “Industria Química de Alto Riesgo” es fundamental ya que puede ser aplicada para identificar y minimizar o controlar los riesgos de proceso desde el diseño, durante la operación y en cualquier modificación o adición que se le realice. Para poder lograr su implementación se proponen las siguientes etapas:

1. Concientización.
2. Diseño y desarrollo.
3. Implantación
4. Actualización.

II.1 CONCIENTIZACIÓN.

Dentro de esta etapa se trata de sensibilizar acerca de qué son los riesgos, se presenta la información y criterios necesarios para poder realizar la evaluación de riesgos, así mismo, se describen las metodologías de análisis y evaluación y las normatividades que se deben de cumplir, todo esto con la finalidad de que se tome conciencia de la importancia de realizar los análisis de riesgos.

II.1.1 RIESGO Y PELIGRO. ^(2,3,10)

El concepto de PELIGRO o condición que puede producir efectos adversos, en términos generales es la característica de un sistema que representa el potencial para un accidente. Los peligros se pueden presentar en el trabajo, deporte, actividad artística y recreativa, actividad en el hogar, desplazamientos, etc., como podemos observar los peligros los podemos encontrar en cualquier lado y momento. Dentro de esta tesis solo se analizarán los peligros referentes al trabajo. Y la manera de cómo tratar de evitarlos, esto nos lleva a relacionar este término con RIESGO, en términos generales riesgo es la probabilidad de que ocurra algún evento el cual puede tener consecuencias negativas (EPA 2001), y en ocasiones con consecuencias positivas.



Dentro de los peligros en el trabajo es frecuente mencionar, como desglose genérico pero comprensivo, los factores materiales o tecnológicos (con sus agentes físicos, químicos y biológicos), los personales (fisiológicos, psíquicos y sociológicos) y los factores sociales (políticos, económicos y organizativos).

Los agentes físicos pueden a su vez desglosarse en eléctricos, mecánicos, acústicos, ópticos y nucleares. Los agentes químicos se pueden dividir en líquidos, sólidos y agentes en el aire. Y los biológicos en bacterias, parásitos, etc.

Pues bien todas y cada una de las actividades humanas en sus diferentes enfoques, tanto las más genéricas como las más concretas, llevan implícitos riesgos cuando son desarrolladas, algunos de ellos pueden ser:

- ✓ Accidentes de trabajo.
- ✓ Enfermedades causadas por el trabajo desarrollado (intoxicación por sustancias manejadas, efectos de radiación, etc.) y enfermedades comunes.
- ✓ Incendios y explosiones.
- ✓ Robos, hurtos, atentados, sabotajes, etc.

Esta es una descripción genérica de algunos peligros que pueden estar presentes en las actividades humanas, pero puede ser llevada hasta la más pequeña concreción. Lo cierto es que al hablar de peligro se debe hacer en términos de posibilidad de pérdida.

Se sabe que eliminar el peligro es poco menos que imposible, sin embargo, se pretende en este trabajo señalar los caminos eficaces para evitar las pérdidas, basados en la filosofía de reducción o control del riesgo.



II.1.2 CONTROL DE RIESGOS.

El control de riesgos se basa principalmente, en evitar condiciones peligrosas, en reducir y/o eliminar peligros.

Las consecuencias de los peligros involucrados en las actividades descritas con anterioridad se denominan pérdidas, estas pueden ser: lesiones en el trabajo, enfermedades por el trabajo, tensiones físicas y psíquicas, insatisfacciones, envejecimientos anormales y pérdidas en equipos, procesos y materiales. Si se requiere adoptar una actitud decididamente preventiva ante estas consecuencias deben ser aplicadas diferentes técnicas. Estas se encuentran relacionadas con la seguridad, higiene industrial, ergonomía, psicología industrial, sociología, política social, etc.

Es el autentico conocimiento de las causas de los peligros y agentes involucrados en los mismos los que han permitido la mejor aplicación de las técnicas adecuadas y sus específicos contenidos para evitar las consecuencias descritas; con los problemas globales habrá que plantear, lógicamente, enfoques amplios y posiblemente interdisciplinarios, sin olvidar la interacción favorable que existe entre todas esas técnicas.

La seguridad e higiene en el trabajo es algo indisoluble, porque es un tanto difícil poder imaginar empresas con peligros físicos y químicos, por ejemplo, que solo puedan causar lesiones o enfermedades, pero no ambas. Por otra parte, los métodos de gestión de esas técnicas son válidos para unas y otras, y la operatividad de ambas está basada en las ciencias de ingeniería físicas y químicas fundamentalmente, esto es debido a que el conocimiento de estos conceptos básicos es lo que permite dar soluciones de estructura organizativa adecuadas. El ignorar la seguridad conduce con frecuencia a las fallas de los sistemas. Pero lo peor es que no solamente se juegan resultados económicos en los temas de seguridad e higiene, además está en juego lo más preciado del trabajo: las personas y su integridad.



II.1.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

En todo caso, las técnicas formales de identificación de riesgos se han extendido y popularizado en los últimos años, hasta convertirse en moneda corriente en gran parte de la industria química actual. En este aspecto la evolución de la mentalidad industrial ha sido muy notable, desde la aproximación tradicional a la identificación de riesgos.

La identificación y caracterización de riesgos puede y debe realizarse durante toda la vida de la instalación, de esta manera cuanto antes comience mayores son las ventajas que pueden esperarse en cuanto a la eficacia en la reducción de riesgos y en cuanto al costo de la seguridad instalada. Desde ese punto de vista, la identificación de riesgos en la fase de definición del proceso puede permitir eliminarlos o reducirlos mediante la selección de rutas que posean una mayor seguridad por las condiciones del proceso en sí, por los materiales y reactivos utilizados, por los niveles de inventario requerido, etc.

La identificación de riesgos es, el paso más importante del análisis, puesto que cualquier riesgo cuya identificación sea omitida no puede ser objeto de estudio.

El procedimiento puede facilitarse si se recurre a un desglose lógico.

En primer lugar, puesto que esta tesis se centra en los riesgos de trabajo, se tendría que especificar el tipo de trabajo dentro de los sectores de actividad económica en que actúa la empresa (para lo cual es necesario recurrir a la clasificación nacional de actividades económicas). De ahí se puede obtener un desglose exhaustivo que incluye, la identificación de los trabajos, actividades, tareas y hasta las mínimas operaciones, en relación con el entorno que se desarrollan.

Es a partir de ahora cuando se puede iniciar la identificación propiamente dicha de riesgos puros, es decir, de aquellos que una vez controlados eficazmente proporcionarán pérdidas pero que si no se actúa con ellos adecuadamente pueden llegar incluso a comprometer la vida de las empresas y/o de su gente.



El estudio de la relación de agentes permite saber por tanto, si estamos ante peligros posibles como los descritos en la tabla 2.

⁽²⁾Naturalmente la relación de peligros identificados puede variar en función de cada empresa, y también puede extenderse el nivel de descripción de los mismos. Así de accidentes puede hablarse de los de trabajo propiamente dicho, de los de circulación durante el trabajo, de los de ida y regreso al trabajo, etc.

Tabla 2. Peligros en el trabajo.⁽²⁾

✓ Incidentes.	✓ Responsabilidades por el producto.
✓ Accidentes.	✓ Responsabilidades de constructor.
✓ Enfermedades profesionales.	✓ Responsabilidades de datos.
✓ Incendios.	✓ Robo, hurto.
✓ Explosiones.	✓ Fraude
✓ Fenómenos naturales:	✓ Violación de datos.
▪ agua, granizo	✓ Sabotaje.
▪ viento, rayo	✓ Espionaje industrial.
▪ terremotos.	✓ Amenaza de bomba.
✓ Pérdida de empleados clave:	✓ Amenazas exteriores.
▪ muerte.	✓ Pérdidas de mercado.
▪ enfermedad.	✓ Pérdidas de clientes.
▪ secuestro.	✓ Manifestaciones/paros.
✓ Rotura de maquinaria.	✓ Interrupciones del proceso.
✓ Pérdidas de transporte.	✓ Pérdidas ecológicas.

Finalmente en este proceso de identificación podemos referirnos también a las consecuencias a que puede dar lugar cada uno de los riesgos. Consecuencias que serán siempre pérdidas:



- ✓ Para las personas (lesiones, enfermedad, fatiga, insatisfacción).
- ✓ Para la propiedad (en bienes muebles e inmuebles).
- ✓ Para el proceso (tiempos perdidos, calidad deteriorada).

II.1.4 CAUSAS QUE OCASIONAN LOS RIESGOS.⁽²⁾

Ya hemos hablado de riesgos y peligros pero no de cual es la causa de que ocurran, y la manera de evitarlos. Una forma importante de comenzar a entender como poder evitarlos es a través de la seguridad. El hombre a través de su desarrollo y su lucha por obtener satisfactores ha tenido que enfrentarse a un entorno de riesgos. Esto ha despertado la necesidad de luchar para conseguir el grado de seguridad que más se aproxime al “no perder”, y ha encontrado que la falta de controles de ingeniería aumenta la posibilidad de daños a la salud y a la integridad física del personal, al medio ambiente y a la propiedad. La falta de controles en una instalación puede ocasionar: Emisiones de contaminantes, condiciones inseguras, fallas mecánicas debidas a la falta de mantenimiento preventivo a los sistemas de tubería y en equipos de proceso, descontrol en los límites de operación, etc, en poco se ha avanzado en la integración de los controles administrativos en un análisis de riesgos de proceso.

Por tanto, en un carácter general, se debe considerar que la seguridad es un estado deseable de las personas frente a los riesgos. La graduación de ese estado o situación del ser humano y su entorno es variable desde el punto de vista subjetivo. De ahí los diferentes criterios a la hora de adoptar medidas que nos deben conducir al objetivo.

Esta visión general, cuando se traslada al mundo del trabajo, se concreta en la SEGURIDAD que se puede obtener a través de acciones contra las pérdidas derivadas de los accidentes de trabajo. Esta es la seguridad en el trabajo de la que vamos a tratar en este texto.



Si tenemos presente que para lograr una mayor seguridad debemos tener:

- ✓ Una actitud positiva contra el accidente.
- ✓ La aplicación de tácticas o estrategias para evitar el accidente.
- ✓ La aplicación de técnicas y sistemas contra el accidente.

Todo ello explica que se hable de actitudes, técnicas, tácticas y sistemas de seguridad y que la seguridad sea, una disciplina científica con su específica terminología y sus propios principios universales. Antes de hacer referencia a algunos de estos principios es preciso definir lo que se entiende como antítesis de la seguridad, es decir, el **accidente** y el **incidente**.

II.1.5 ACCIDENTES E INCIDENTES.

Pero ¿cuáles son las diferencias entre estos dos conceptos ya que se puede decir que el incidente es similar o muy próximo al accidente?. La diferencia radica en las pérdidas productivas. Teniendo en cuenta la concreta característica de que son suficientes “pequeñísimas variantes” para diferenciar un accidente de un incidente, se deduce que deben ser tratados como si fuesen accidentes los incidentes con un elevado potencial de pérdidas. En este contexto se puede afirmar que todos los accidentes son incidentes, pero no todos los incidentes son accidente, por lo cual se tienen las siguientes definiciones:

Accidente: puede definirse como suceso no planeado que pone en peligro la seguridad del ser humano, ya sean empleados y/o miembros de la sociedad, la ecología, la propiedad y/o procesos laborales. El accidente es el resultado del contacto con una sustancia o fuente de energía (mecánica, eléctrica, química, ionizante, acústica, etc.) superior al umbral límite del cuerpo o estructura con el que se realiza el contacto.

Incidente: se define como evento no deseado, inesperado e instantáneo, que puede o no traer consecuencias al personal, a terceros ya sea en sus bienes o en sus personas, al medio ambiente, las instalaciones y/o alteración a la actividad normal, a continuación se presenta su clasificación:



1. Casi-Accidente (sin consecuencias)
2. Incidente menor (puede ser manejado por el personal del área, sin muertes o consecuencias físicas al ser humano).
3. Casi-Catastrófico (con potencial para consecuencias serias).
4. Catastrófico. (con solo una persona o daño al medio ambiente, 5 o más personas hospitalizadas por más de un día).

Los incidentes pueden derivar en accidentes, enfermedades, problemas de calidad, de producción, etc., por esto se deduce la necesidad de su control, porque de esta manera se consigue mayor seguridad para las personas, el equipo, los materiales y el ambiente, el fundamento de este control está en las causas de los accidentes/incidentes, es decir, en los motivos o razones de ser de los hechos o fenómenos que los origina.

En ocasiones, los riesgos son evidentes y no necesariamente procedimientos especiales para ponerse de manifiesto. Este sería, por ejemplo, el caso de un reactor en el que se mezclen hidrocarburos y oxígeno cerca del intervalo de inflamabilidad. En otros casos, los riesgos no son tan evidentes, y se requiere un análisis de cierta profundidad para desentrañar la clase de accidentes que pueden tener lugar. En cualquier circunstancia, decir que en una instalación determinada puede ocurrir una explosión, o un escape tóxico no es suficiente, sino que requiere un estudio que indique cuáles son los mecanismos o secuencias de acontecimientos por los que el accidente puede tener lugar, con el fin de obtener oportunidades de actuar sobre los mismos. El primer suceso de la cadena que conduce al accidente se conoce como suceso iniciador. Por lo general, entre el suceso iniciador y el accidente se encuentra una secuencia de hechos que incluye las respuestas del sistema y de los operadores, así como otros sucesos concurrentes. Todos esos factores se conocen como elementos del accidente, en la tabla 3 se muestran de manera esquemática algunos de los más comunes.

Por la existencia de las causas es posible el control del accidente/incidente. Es decir, el accidente es evitable, pero la gravedad de las pérdidas que se derivan de un accidente son frecuentemente cuestión



del azar. Así pues, el azar, la casualidad, está en la posible gravedad de las lesiones (pérdidas), pero el accidente o incidente es debido a unas causas y concurren en él estos principios:

- ✓ Todo accidente/incidente está originado, al menos, por una causa.
- ✓ En general, en un accidente/incidente concurren varias causas.
- ✓ Las causas están relacionadas entre sí factorialmente.

Tabla 3. Elementos de los accidentes.

Circunstancias Peligrosas	Sucesores Iniciadores	Circunstancias Propagadoras	Circunstancias Mitigantes	Consecuencias del Accidente
Almacenamiento de cantidades importantes de sustancias peligrosas (materiales inflamables o tóxicos, gases inertizantes, materiales a muy alta y baja temperatura, etc.) Materiales altamente reactivos (reactantes, productos, subproductos, sustancias intermedias.) Velocidades de reacción especialmente sensibles a impurezas o parámetros de proceso.	Fallos de maquinaria y equipo de proceso (bombas, válvulas, instrumentos, sensores, etc.) Fallos de contención (tuberías, recipientes, tanque de almacenamiento, juntas, etc.) Errores humanos (operación, mantenimiento, revisiones.) Pérdida de servicios (agua, electricidad, aire comprimido, vapor). Agentes externos (inundaciones, terremotos, tormentas, vientos fuertes, impactos, sabotaje, etc.) Errores en el método de información	Desviaciones en parámetros de proceso (presiones, temperaturas, flujos, concentraciones, cambios de fase o estado). Fallos de contención (tuberías, recipientes, tanques, juntas, fuelles, entrada o salida, venteos, etc.) Emisiones de materiales (combustibles, explosivos, tóxicos, reactivos). Ignición/explosivos Errores del operador (comisión, omisión, diagnóstico, toma de decisiones). Agentes externos. Errores de método o de información.	Respuestas de seguridad (válvulas de alivio, servicios de reserva, sistemas y componentes redundantes, etc.) Mitigación (venteos, diques, antorchas, rociadores, etc.) Respuestas de control/respuestas de los operadores. Operaciones de emergencia (alarmas, procedimientos de emergencia, equipos de protección personal, evacuación, etc.) Agentes externos. Flujo inadecuado de información	Fuegos. Explosiones. Impactos. Dispersión de materiales tóxicos. Dispersión de materiales de alta reactividad.



Este carácter factorial de la cadena casual suele expresarse de la siguiente forma:

$$C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_n = \text{Accidente}$$

En esta expresión las C_i representan las causas posibles del accidente. Si interrumpimos o anulamos alguna de esas verdaderas causas del accidente también llamadas causas raíz, no habrá tal suceso, como también se deduce matemáticamente si hacemos igual a cero a uno de los factores del producto.

II.1.6 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN.

Los métodos de identificación, análisis y evaluación de riesgos se pueden dividir en los tres apartados de la tabla 4. Los **métodos comparativos** se basan en la experiencia previa acumulada en un campo determinado, bien como registro de accidentes previos o compilados en forma de códigos o listas de comprobación. Los **índices de riesgo** aunque 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 en principio a cualquier situación, lo que los convierte en herramientas de análisis, versátiles y de gran utilidad.

También es importante observar que la combinación de estos métodos e índices puede ayudarnos a tener mejores resultados ya que cada uno de ellos nos permite tener una visión distinta de los accidentes y algunos de ellos los presupone para poder evitarlos antes de que ocurran. En la tabla 5 podemos observar las combinaciones más frecuentes, sin embargo, es importante destacar que se pueden utilizar de acuerdo a conveniencia, ya que cada planta es un caso especial aunque tengan algún parecido.



Tabla 4. Principales Métodos Utilizados en la Identificación, Análisis y Evaluación de Riesgos. (las siglas HazOp, FMEA, FTA, ETA, WI, corresponden al nombre en inglés).

Métodos comparativos	Códigos, Estándares y Normas (CE y N). Listas de Comprobación, Check List (CL). Análisis Histórico de Accidentes (AHA).
Índices de riesgo (IR)	Índice Dow (ID). Índices Mond (IM).
Métodos generalizados	Análisis de Riesgos y Operabilidad (HazOp). Análisis de Modos de Falla y sus efectos (FMEA). Análisis de Árbol de Fallas (FTA). Análisis de Árbol de Sucesos (ETA). Análisis ¿Que pasa si...? o WHAT IF (WI). Análisis de Causa y Efecto (ACE). Análisis de Confiabilidad Humana (ACH). Análisis de Consecuencias (AC).

Tabla 5. Técnicas de Análisis de Riesgos de Proceso (ARP).

Etapa	Técnica de Identificación y Evaluación de Riesgos										
	CL	AHA	IR	HAZOP	FMEA	FTA	ETA	WI	ACE	ACH	AC
Diseño conceptual	X		X					X			
Ingeniería de detalle	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Operación de planta piloto	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción/ pre-arranque/arranque	X			X				X	X	X	
Operación de planta	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Modificación, cambio/ expansión	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Investigación de incidentes		X		X	X	X	X	X	X	X	X
Desmantelamiento	X							X			



II.1.6.1 MÉTODOS COMPARATIVOS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

Se utilizan para evaluar la seguridad de una instalación a la luz de la experiencia adquirida en operaciones previas de la compañía u organizaciones externas a la misma, elaborando manuales técnicos internos que especifican como diseñar, distribuir una planta, instalar, operar, etc, los equipos utilizados en sus instalaciones, el contenido de los manuales puede variar, aunque siempre cumpliendo la legislación local y nacional, así como los estándares habituales de las distintas ramas de la ingeniería. Éstos están disponibles, compilados en forma de normas (ASME, ASTM, API, NFPA, AD-Merblatt, etc.), suministrando una experiencia complementaria a la que pueda haber documentado una empresa determinada.

II.1.6.1.1 CÓDIGOS.

Como primer paso para la identificación de los riesgos en el análisis es utilizar los manuales técnicos internos disponibles, códigos y estándares de ingeniería en la evaluación de la aceptabilidad de un diseño. Si se encuentran diferencias en un diseño respecto de lo que se considera práctica habitual es necesario examinarlas con todo cuidado, como fuentes de posibles riesgos al menos al mismo nivel. Esto es válido no solo para el diseño inicial de la planta, sino de manera especial para las modificaciones posteriores.

II.1.6.1.2 LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Una lista de comprobación es un recordatorio útil, que se ha elaborado a través de los años por distintas personas y que permite comparar el estado de un sistema con una referencia externa, identificando directamente carencias de seguridad en algunos casos o las áreas que requieren un estudio más profundo en otros. Las listas de comprobación pueden aplicarse a la evaluación de los equipos, materiales o procedimientos, y el grado de detalle varía desde las generales a las que se elaboran para equipos, procesos o procedimientos muy específicos. La lista proporciona una serie de



puntos de reflexión y preguntas que llaman la atención sobre los aspectos que pueden haber pasado desapercibidos.

Tiene como objetivo principal la identificación de riesgos simples, a fin de asegurar el cumplimiento con normatividades y estándares ambientales y de seguridad industrial; con este método se obtienen en forma rápida, simple y cualitativa, las medidas aproximadas apropiadas respecto a los mismos, lo cual permite poder tomar decisiones rápidas respecto a las modificaciones y/o adecuaciones que se tengan que realizar sobre el proyecto.

II.1.6.1.3 ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS ACCIDENTES.

El análisis histórico de los accidentes permite la identificación de riesgos concretos, haciendo uso de los datos del pasado sobre accidentes industriales. La ventaja de esta técnica radica en que se refiere a los accidentes ya ocurridos, por los que los peligros identificados con su uso son indudablemente reales. Debido a que el análisis solo 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 cubre, ni mucho menos, todas las posibilidades importantes. Es necesario tener en cuenta además, que la información disponible sobre un accidente es limitada, y a menudo sesgada, así como el hecho de que muchos accidentes e incidentes se registran de forma restringida o no se registran.

Es un método muy valioso para una verificación de los modelos de que se dispone en la actualidad en cuanto a la predicción de las consecuencias de accidentes.

La información puede proceder de fuentes muy diversas, datos propios de la compañía, informaciones de prensa, entrevistas con testigos del accidente e informes de las comisiones de investigación. Evidentemente, no todas estas fuentes son igualmente útiles o tienen el mismo grado de fiabilidad. En particular, las informaciones de prensa son a menudo poco fiables debido sobre todo al hecho de que quien las escribe habitualmente no posee una preparación técnica adecuada, ni está familiarizado con las características del accidente. Sin embargo, no cabe duda que frecuentemente proporciona datos útiles disponibles, sobre un accidente.



Utilizando fuentes como las ya señaladas y otras disponibles (informes de compañías aseguradoras, publicaciones científicas, sumarios judiciales, etc.), diversas organizaciones públicas y privadas han confeccionado bancos de datos sobre accidentes industriales, en los que la información disponible se ha organizado, de manera que se facilite su consulta. Los datos recogidos se refieren a la identificación del tipo de accidente y las circunstancias en las que se tiene lugar, naturaleza y cantidad de la sustancia o sustancias involucradas, localización, causas y consecuencias, con la estimación de los daños a las personas y a la propiedad. A menudo los datos de que se dispone son suficientes como para permitir la identificación de pautas en determinados tipos de accidentes, tales como los sucesos iniciadores, las sustancias más frecuentemente involucradas, las cadenas de evolución de los acontecimientos, etc. Existen numerosos bancos de accidentes que contienen información relevante para la industria química, tales como CHAFING (Chemical Accidents, Failure Incidents and Chemical Hazards Databank), CHI (Chemical Hazards in Industry), HARIS (Hazard and Reability Information System), MHIDAS (Major Hazard Incident Data Service), NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), SONATA (Summary of Notable Accidents in Technical Activities) y WOAD (Worldwide Offshore Accident Databank).

II.1.7 ÍNDICES DE RIESGO.

Los índices de riesgo, como el índice Dow o el índice Mond, proporcionan un método directo y relativamente simple de estimar el riesgo global asociado con una unidad de proceso y jerarquizar las unidades en cuanto a su nivel general de riesgo. Proporcionan un valor numérico que permite identificar áreas en las que el riesgo potencial alcanza un nivel determinado, y de esta manera se podría aplicar un análisis de riesgo más detallado en aquellas áreas en donde el nivel de riesgo es mayor. Los índices de riesgo nos proporcionan una estimación rápida y bastante fiable del orden de magnitud de determinados riesgos en una unidad. El índice de riesgo obtenido representará la profundidad con que se realice un estudio posterior de riesgos.



II.1.7.1 ÍNDICE DOW.

El índice Dow cuenta con aspectos relacionados con los riesgos intrínsecos del material, las cantidades manejadas, condiciones de operación, etc. Estos factores son contabilizados sucesivamente para obtener una estimación del valor del índice, del área que puede verse afectada por un accidente, el daño de la propiedad dentro de la misma y los días de operación perdidos por causa del accidente. Otro índice de frecuente uso es el llamado índice Mond similar en muchos aspectos con el índice Dow, incluye de manera específica aspectos de toxicidad de materiales. Sin embargo, el índice Dow permite una estimación algo más fácil de visualizar debido al uso preferente de gráficos frente a ecuaciones y aspectos de toxicidad, con la inclusión de una penalización específica.

El método Dow se aplica en una serie de etapas, que comienza con la selección de las unidades de proceso pertinentes. A los efectos de aplicación del índice, suele definirse una unidad de proceso como cualquier equipo primario, como puede ser un compresor, una bomba, un tanque de almacenamiento, un cambiador de calor, un reactor o una columna de destilación. En otros casos, pueden considerarse unidades de proceso las agrupaciones reducidas de elementos primarios, siempre que tengan una clara unidad funcional y estén situadas dentro de un espacio físico restringido. Las unidades de proceso pertinentes para la aplicación de este método son aquellas que pueden tener un impacto relevante desde el punto de vista de la seguridad de la planta (por los materiales que procesan, por la cantidad de materias peligrosas, por las condiciones de proceso como presión y temperatura o por cualquier otro motivo, incluyendo la historia de los problemas e incidentes en la unidad).

El siguiente paso es la determinación del factor material (MF). Número, comprendido entre 1 y 40, que se asigna de acuerdo con el potencial intrínseco de esta planta para liberar energía en un incendio o en una explosión estos valores son determinados de acuerdo a listados en donde se encuentran las sustancias más comunes en la industria, con otros parámetros importantes como el calor de reacción (normalmente de combustión), los índices NFPA de peligrosidad para la salud (Nh), inflamabilidad (Nf) y reactividad (Nr), el punto de destello, etc.



La siguiente etapa consiste en la determinación de los factores de riesgo concurrentes. Estos pueden ser de dos tipos: riesgos generales (F1), como la presencia de reacciones exotérmicas o la realización de operaciones de carga y descarga, y riesgos especiales de proceso (F2), como la operación cerca del intervalo de inflamabilidad o a presiones distintas de la atmosférica.

Una vez calculados los factores F1 y F2 se obtiene el factor de riesgo de la unidad F3. Para esto se usa el producto de F1 y F2. El factor riesgo de la unidad F3, que normalmente está comprendido entre 1 y 8, se utiliza para hallar el valor del índice de riesgo y explosión (IIE), que se calcula como el producto del factor de riesgo de la unidad y el factor material (F3 X MF).

Puesto que el factor material varía entre 1 y 40, el intervalo de variación del índice de incendio y explosión se sitúa entre los casos extremos de 1 y 320. El área de exposición es un círculo ideal dentro del cual estarían comprendidos los equipos e instalaciones que pueden verse afectados por un incendio o por una explosión en la unidad que se evalúa. El radio del círculo ideal de exposición se calcula de acuerdo con la siguiente expresión.

$$R (m) = 0.256 \times IIE \quad (1)$$

Para calcular el máximo daño probable a la propiedad (MDPP) se utiliza el valor del equipo contenido dentro del área de exposición, una vez aplicados los valores a favor de las instalaciones de seguridad presentes. La utilidad principal del valor IIE calculado consiste en establecer una jerarquización de riesgo para las distintas unidades. Es una medida relativa que indica en qué instalaciones deben concentrarse los esfuerzos por reducir los riesgos.



II.1.7.2 ÍNDICE MOND.

Para realizar el índice Mond de fuego, explosión y toxicidad, se divide la planta en secciones. Una sección se define como parte de una planta que se puede identificar lógicamente y fácilmente como una entidad separada.

Puede consistir en una porción de la planta que está separada del resto, ya sea por una distancia o por barreras contra fuego, dique, etc. La parte de la planta seleccionada como una sección, es normalmente el área donde exista un proceso particular y/o un riesgo material diferente de aquellos presentes en otras secciones cercanas.

Solo dividiendo a la planta en secciones, pueden establecerse las características de riesgo de las diferentes unidades de la planta; de otra manera, toda la planta o una gran parte de ella se caracterizaría por la sección más peligrosa. También permite considerar límites para que los incidentes no se extiendan a otras unidades de alta inversión de capital desde la sección más peligrosa, en la tabla 6 se presenta la clasificación del grado de peligro para el Índice Mond de fuego, explosión y toxicidad.

Tabla 6. La Clasificación del Grado de Peligro para el Índice Mond de Fuego, Explosión y Toxicidad.

Rango del Índice	Grado de Peligro
0 - 19	Suave
20 - 99	Bajo
100 - 499	Moderado
500 - 1099	Alto (grupo 1)
1100 - 2499	Alto (grupo 2)
2500 - 12499	Muy alto
12500 - 64999	Extremo
65000 >	Muy Extremo



II.1.8 MÉTODOS GENERALIZADOS.

Los métodos generalizados a diferencia de los antes mencionados son más estructurados y con un esquema de razonamiento sistemático. Los más utilizados son: Análisis de riesgo y operabilidad (HazOp), Análisis de modos de fallas y sus efectos (FMEA), Análisis de árbol de fallas (FTA), Análisis de árbol de sucesos (ETA), Análisis ¿Que pasa sí...? (What If), Análisis de confiabilidad Humana (ACH), Análisis de consecuencias (AC), estos métodos serán descritos a continuación.

II.1.8.1 ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD (HAZOP).

Este tipo de estudio sirve para identificar problemas de seguridad en una planta, y también es útil para mejorar la operabilidad de la misma. La suposición implícita de los estudios HazOp es que los riesgos o los problemas de operabilidad aparecen sólo como consecuencia de desviaciones sobre las condiciones de operación que se consideran normales en un sistema dado y en una etapa determinada (arranque, operación en régimen estacionario, operación en régimen no estacionario, paros y desmantelamiento). De esta manera, tanto si el análisis HazOp se aplica en la etapa de diseño como si se realiza sobre una instalación ya construida, la sistemática consiste en evaluar, línea a línea y recipiente a recipiente, las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de un proceso continuo, o en todas las operaciones de un proceso discontinuo.

Este análisis crítico es aplicado en una forma estructurada por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos (Grupo MAR), y se requiere de conocimientos de operación de la planta, en un esfuerzo por descubrir todas las posibles causas de las desviaciones. Este grupo de trabajo debe estar formado por un facilitador o líder el cual a menudo su procedencia es desde fuera de la empresa o de la planta y personas de las distintas áreas de la operación de la planta (tabla 7).



Tabla 7. Características de los Integrantes del Equipo Multidisciplinario.

Miembros del equipo	Características
Ingeniero de Seguridad Industrial	Miembro del Departamento de Seguridad Industrial y/o Protección Ambiental. Deberá recibir capacitación formal en metodologías de Análisis de Riesgos. Familiarizado con procedimientos de Seguridad Industrial y con la operación de la instalación.
Ingeniero de Operación	Especialista en la operación de la instalación. Familiarizado con análisis de riesgos.
Ingeniero en Mantenimiento	Especialista en mantenimiento de equipo dinámico en áreas: mecánica y eléctrica. Familiarizado con análisis de riesgos.
Ingeniero de Instrumentos y Control	Especialista en mantenimiento de equipos de instrumentación y control. Familiarizado con análisis de riesgos.
Ingeniero de diseño	Especialista en diseño de instalaciones. Familiarizado con análisis de riesgos.

El método HazOp se basa en el principio de que las personas con distinta experiencia y formación pueden interaccionar mejor e identificar más problemas cuando trabajan juntos que cuando lo hacen por separado y combinan después los resultados. La conjunción de los distintos enfoques al problema es lo que hace del análisis HazOp una herramienta que estimula la generación de ideas. En particular, el método presupone que los miembros del equipo HazOp no dudan en exponer las desviaciones, causas, consecuencias y soluciones que se les ocurren, aunque a primera vista puedan parecer poco razonables o imposibles, ya que ello puede estimular a otros miembros del equipo a pensar en otras posibles desviaciones. etc. Una característica esencial en el cuestionamiento y análisis sistemático de



este estudio, es el uso de palabras guía para enfocar la atención del equipo sobre las desviaciones y sus posibles causas. Estas palabras guía están divididas en dos clases:

Palabra guía primaria: Enfocan la atención sobre un aspecto particular de la intención de diseño o un parámetro o condición de un proceso asociado.

Palabra guía secundaria: Estas palabras guía combinadas con una palabra guía primaria sugieren las posibles desviaciones.

Cada vez que se identifica una desviación se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctoras, llevándose un registro ordenado de todas las desviaciones posibles para que estas queden perfectamente identificadas, ejemplos de palabras guía que son a menudo usadas, se muestran a continuación.

Palabras guía primarias (Parámetros del proceso).

Las palabras típicas orientadas a los procesos podrían ser las que se listan a continuación. La lista es únicamente ilustrativa, ya que las palabras empleadas dependerán de la planta en donde se aplicará el estudio.

- Flujo
- Presión
- Separación
- Reacción
- Corrosión
- Temperatura
- Nivel
- Composición
- Mezcla
- Viscosidad

Palabras guía secundarias (Desviaciones de la intención de diseño del proceso).

Cuando estas palabras son aplicadas en conjunto con las palabras guías primarias, estas sugieren problemas o desviaciones potenciales. La lista de estas palabras se muestran en la tabla 8 y 9.


 Tabla 8. Matriz de Desviaciones para el Análisis "HazOp en Procedimientos, Programas o Normas" ⁽¹²⁾.

Palabra Guía							
Parámetro	No	Inverso	Más	Menos	Parte de	También como	Otro que
Información	Pérdida	Mal interpretada	Confusión	Inadecuada	Parcial	Tensión	Errónea
Acción	No hay	Contrario	Hacer más de lo requerido	Subestimada	Incompleta		Errónea
Tiempo			Demasiado largo	Demasiado corto			Erróneo
Secuencia	Paso omitido	Paso hacia atrás	Paso anticipado	Paso demasiado tarde	Parte del paso omitido	Acción extra incluida	Acción equivocada
Seguridad	No hay cumplimiento			Falta de equipo de protección y de conraincendio	Cumplimiento parcial de las normas	Protección del medio ambiente	Daños ó pérdidas
Controles administrativos	No hay controles administrativos			Falta de controles administrativos	Cumplimiento parcial de controles administrativos		Fallas humanas ó de equipo

 Tabla 9. Matriz de Desviaciones para el Análisis "HazOp en Procesos Químicos, de Refinación y Petroquímica" ⁽¹²⁾.

Palabra Guía							
Parámetro	No	Inverso	MÁS	Menos	Parte de	También como	Otro que
Flujo	No hay flujo	Retroceso	Más flujo	Menos flujo	Composición	Contaminación	Material equivocado
Presión			Más presión	Menos presión	Presión diferencial (ΔP)	Golpe de ariete	Presión de vacío (colapso)
Temperatura			Alta temperatura	Baja temperatura	Gradiente (ΔT)	Oxidación o Fragilización	
Viscosidad			Alta viscosidad	Baja viscosidad	Cambio de fase		
Nivel	Vacío		Alto nivel	Bajo nivel			



Tabla 8 Continuación.

Parámetro	Palabra Guía						
	No	Inverso	MÁS	Menos	Parte de	También como	Otro que
Mezcla	No mezcla		Mezcla excesiva	Mezcla insuficiente		Espuma	
Reacción	No hay reacción	Reacción inversa	Reacción exotérmica	Reacción incompleta	Reacción secundaria	Cambio de fase	Reacción equivocada
Operación	Falla de servicios		Operación por encima de la capacidad de diseño	Espera	Arranque ó paro	Mantenimiento	Muestreo
Relevo	Inadecuado				Dos fases (Bifásico)	Efecto Joule-Thompson	Explosión/ruptura por sobrepresión
Aterrizamiento	Fuentes de ignición					Descarga electrostática	Ignición
Instrumentación	No hay instrumentación		Instrumentación redundante (confiabilidad)	Falla/daño a instrumento	Falla un elemento del interlock	Alarmas	Paro de emergencia (ESD)
Contenedor	Ruptura				Fuga pequeña	Seguridad	Contaminación del ambiente por derrame o fuga
Estructura	Falla de soporte			Corrosión ó erosión	Materiales diferentes	A prueba de fuego	
Fase	No hay separación			Menos separación	Separación incompleta		
Composición			Más composición	Menos composición	Impurezas		
Velocidad	No hay giro	Giro inverso	Alta velocidad	Baja velocidad			
Catalizador			Más catalizador	Menos catalizador			
Contaminación	No hay contaminación		Más contaminación	Menos contaminación			Medio ambiente limpio
Mantenimiento	No hay mantenimiento			Menos mantenimiento	Frecuencia no establecida	Operación	Desmantelamiento
Concentración			Alta concentración	Baja concentración			



Una vez que se seleccionó la planta a la cual se le va a realizar el estudio, se formó el Grupo MAR, y se establecieron los horarios de trabajo, los pasos siguientes son:

1. Recopilación de información.
 - a. Historial de accidentes
 - b. Manuales de operación
 - c. Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI´s)
 - d. Diagramas de Flujo de Proceso (DFP´s)
 - e. Diagrama de Localización General (Plot Plan)
 - f. Censo de Válvulas e Instrumentos
 - g. Lazos de control
 - h. Procedimientos de mantenimiento, seguridad, operación y especiales
 - i. Historial de mantenimiento a equipos e instrumentos
 - j. Información de materiales MSDS (hojas de seguridad de la sustancia)
2. Actualización de los diagramas (DTI´s, DFP´s y Plot Plan).
3. Selección de los circuitos a estudiar
4. Selección de los nodos
5. Asegurar un medio para registrar lo dicho en las sesiones (computadora u otra herramienta).

Una vez cumplidos estos requisitos se puede llevar a cabo el análisis HazOp. Una vez realizado el análisis arrojará una serie de observaciones y recomendaciones las cuales deben ser tomadas en cuenta y analizadas para evaluar la posibilidad de cambios en el proceso hacia rutas de mayor seguridad, así como para identificar las áreas donde se necesite más información sobre las propiedades de las sustancias peligrosas involucradas.



Como paso previo para cada una de las líneas de proceso suele especificarse la intención, es decir, el propósito que cumple en la planta, en condiciones normales de operación. A partir de aquí, la aplicación de las palabras guía permite identificar desviaciones, es decir, circunstancias en las cuales la intención definida no se cumple. Las desviaciones producen consecuencias, y a su vez tienen causas que dan origen a las mismas. Para considerar una desviación en el análisis debe tener consecuencias significativas y causas razonables.

El siguiente paso del análisis HazOp consiste en evaluar los niveles de riesgo con base en la frecuencia y la gravedad de las causas y consecuencias de los posibles accidentes.

De acuerdo a la clasificación del riesgo, se decidirá la prioridad de las recomendaciones encaminadas a disminuir el nivel de ese riesgo.

Una vez evaluados los niveles de riesgo es posible saber si las protecciones del sistema son las más adecuadas o si son suficientes, que de suceder lo contrario, el equipo de trabajo deberá plantear alternativas de solución a fin de reducir los niveles de riesgo. Para decidir que tipo de medidas serán las más adecuadas, se deben revisar los niveles de frecuencia y gravedad junto con la matriz de riesgos, para conocer a cuál de los factores mencionados se le debe dar más importancia.

Finalmente, las protecciones del sistema dependerán de las características particulares de cada situación por lo que no tiene caso profundizar en el tema, sin embargo, todas las protecciones del sistema permitirán cumplir con alguno de los siguientes objetivos:

- ✓ Reducir la frecuencia o probabilidad de las causas de los posibles accidentes, para lo cual se deben aplicar medidas preventivas para evitar que pasen accidentes o reducir su frecuencia.
- ✓ Reducir las consecuencias de los posibles accidentes, para lo cual se deben aplicar medidas correctivas, que disminuyan los efectos de posibles fugas, derrames, incendios y explosiones.



Y mientras que lo primero es lo preferido, no es siempre posible. De cualquier modo, siempre se trata de eliminar la causa, y únicamente donde sea necesario, tratar de mitigar las consecuencias. Habiéndose hecho el análisis para una sola desviación, se continúa con los demás nodos del proceso en estudio, el cuál, aplicado de manera sistemática y estructurada y mediante la combinación de palabras guía, permite la identificación de peligros potenciales.

El vocabulario que se usa en esta técnica se describe a continuación:

- ✓ **Circuito:** Es una sección de la planta que generalmente es una operación unitaria o una sección de la planta, como el circuito de carga, calentamiento, reacción, etc.
- ✓ **Nodos:** Son las partes en que se divide un circuito para facilitar el análisis, pueden ser equipos críticos o partes críticas del proceso. (Este no debe ser muy grande ni muy pequeño, ya que si es muy grande no se estudiarán a fondo las áreas de interés y si es muy pequeño quedarían fuera muchas áreas de interés).
- ✓ **Palabra guía:** Esta palabra sirve para indicar como se pueden modificar las condiciones o variables de proceso.
- ✓ **Desviación:** Es la combinación de las palabras guía con las variables de proceso.
- ✓ **Causa:** Son los eventos que dan origen a una desviación de la intención de diseño.
- ✓ **Consecuencia:** Son las secuelas que se podrían originar debido al efecto tanto de la causa como de los eventos que ocasionaron esa causa. Un punto importante es que cuando se evalúan las consecuencias, no se toman en cuenta los sistemas de protección o instrumentación que se tienen en el área de estudio (para analizar lo que pasaría si algunas de esas protecciones e instrumentación fallaran).
- ✓ **Protecciones:** Son dispositivos, procedimientos o cualquier medio que ayuda a la detección o evitan que ocurra una desviación, ya sea eliminando la causa o disminuyendo las consecuencias adversas. Las protecciones no sólo son la instrumentación y los equipos de relevo, sino también procedimientos, prácticas operativas, inspecciones regulares a la planta, etc.
- ✓ **Recomendaciones:** Son acciones encaminadas a mejorar la operación de la planta y la seguridad del área.



Por último es preciso garantizar un registro sistemático de los resultados del análisis HazOp, en un formato previamente establecido que debe contener funciones que permitan un rápido examen de la información ahí contenida. Un archivo informatizado de los resultados de análisis HazOp realizados con anterioridad ayuda a realizar análisis nuevos con mayor eficacia, ya que a menudo las ideas, desviaciones identificadas y soluciones propuestas por otros equipos para otras instalaciones son aplicables en la que se está analizando.

II.1.8.2 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y SUS EFECTOS (FMEA).

El análisis FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) consiste en un examen de componentes individuales con el objetivo de evaluar el efecto que una falla de los mismos puede tener en el comportamiento del sistema. Es un análisis sistemático, a menudo de duración considerable, que se realiza poniendo habitualmente énfasis en fallas de funcionamiento de componentes de un sistema.

Este análisis se lleva a cabo en equipo y requiere una documentación considerable que incluye los diagramas de proceso e instrumentación, los diagramas eléctricos, procedimientos de operación, diagrama de lógica instrumental, información sobre controles e interdependencias, etc.

El desarrollo del análisis de modos de fallas y sus efectos comienzan con la definición del sistema y el grado de detalle del estudio, la primera misión es la de encontrar y definir las fronteras funcionales del estudio. En cuanto al grado de detalle a nivel de planta, el análisis debe enfocarse sobre los sistemas individuales (como el sistema de alimentación, de mezcla, de reacción, de separación, sistemas de soporte etc.), y los efectos de sus posibles modos de falla sobre la operación a nivel de la planta. Los análisis a nivel de sistemas o subsistemas en el análisis FMEA se llevan a cabo sobre los equipos individuales (bomba de alimentación, bomba del circuito de refrigeración del reactor de oxidación, válvula de control del circuito de refrigeración, sensor de temperatura y alarma, etc.).

La siguiente etapa consiste en definir un formato adecuado para el estudio. La finalidad es conseguir una mayor coherencia en el análisis, y el modo de lograrlo es disponer de un formulario estandarizado.



Se ha sugerido una escala de 1 (sin efectos adversos) a 4 (peligro inmediato para el personal e instalaciones, paros de emergencia) y para el índice de gravedad, con los niveles 2 y 3 correspondiendo respectivamente a riesgos bajos sin requerir paro y riesgos de importancia que requieren paro normal de la planta o instalación.

El análisis FMEA es, por tanto, una herramienta más complementaria de las que ya se han descrito para la identificación y análisis de riesgos. Al igual que en los casos anteriores, el análisis no termina cuando se completa el formulario. Quedan por discutir todos aquellos casos que requieran un estudio posterior (que en muchos casos lleva consigo un análisis cuantitativo). Por otro lado, los modos de falla identificados que dan lugar a efectos relevantes lleva consigo acciones correctoras, que el equipo propone.

II.1.8.3 ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS (FTA).

La utilización en la industria química del análisis de árbol de fallas (Fault Tree Analysis) se remonta a la década de los sesenta, tras el desarrollo de la técnica por parte de los Bell Laboratories. Supone que un suceso no deseado (un accidente o una desviación peligrosa de cualquier tipo) ya ha ocurrido, busca las causas del mismo y la cadena de sucesos que puede hacer que tenga lugar. No necesariamente todas las posibles causas y cadenas son identificadas, por lo que es recomendable combinar el análisis FTA con otras técnicas que aumenten su fiabilidad de la identificación, es un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso particular.

El análisis de árbol de fallas es un método estructurado, por lo que puede aplicarse a un solo sistema o a sistemas interconectados. Antes de empezar a construir el árbol de fallas es importante tener un amplio conocimiento del funcionamiento del sistema. Para esto se deberá recopilar y entender la información relacionada con este.

Este análisis posee la ventaja adicional de servir no sólo para una identificación de peligros, sino para una cuantificación de los riesgos involucrados. El análisis de árbol de fallas descompone un accidente



en sus elementos contribuyentes, fallas humanas o de equipos de la planta, sucesos externos, etc. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar el suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol, en la figura II.1 se presenta el esquema del análisis de árbol de fallas, y en la tabla 10 los símbolos comúnmente utilizados en este tipo de análisis.

La metodología empleada en la elaboración de un análisis de árbol de fallas es:

- ✓ Identificar la falla del sistema (evento culminante) que va a ser analizada y ubicarla en la parte alta del árbol.
- ✓ Proceder al próximo nivel del sistema que llamaremos subsistema e identificar las fallas del subsistema que podrían conducir a la falla del sistema.
- ✓ Determinar la relación lógica entre las fallas del subsistema que son requeridas para producir la falla del sistema. Puede ser el resultado de la combinación de fallas o la ocurrencia de cualquiera de las fallas identificadas.
- ✓ Usar la estructura lógica de puertas "Y" u "O" para mostrar la relación de fallas del subsistema que producen la falla del sistema. La "Y" significa que las frecuencias o probabilidades deben ser multiplicadas y la "O" significa que estas deben ser sumadas.
- ✓ Proceder al próximo nivel más bajo del sistema y repetir los pasos del 2 al 4 hasta que se hayan identificado todas las fallas del nivel de componentes.
- ✓ Iniciar con datos de frecuencia o probabilidad de fallas en el nivel de componentes, calcular la frecuencia o probabilidad de las fallas descritas en el nivel ubicado arriba del nivel de componentes usando las puertas "Y" u "O".
- ✓ Continuar la estructura lógica indicada por las puertas "Y" u "O" en el árbol de fallas hasta que la probabilidad de la falla del sistema o evento culminante ha sido calculada.



Figura II.1. Esquema de Análisis de Árbol de Fallas.

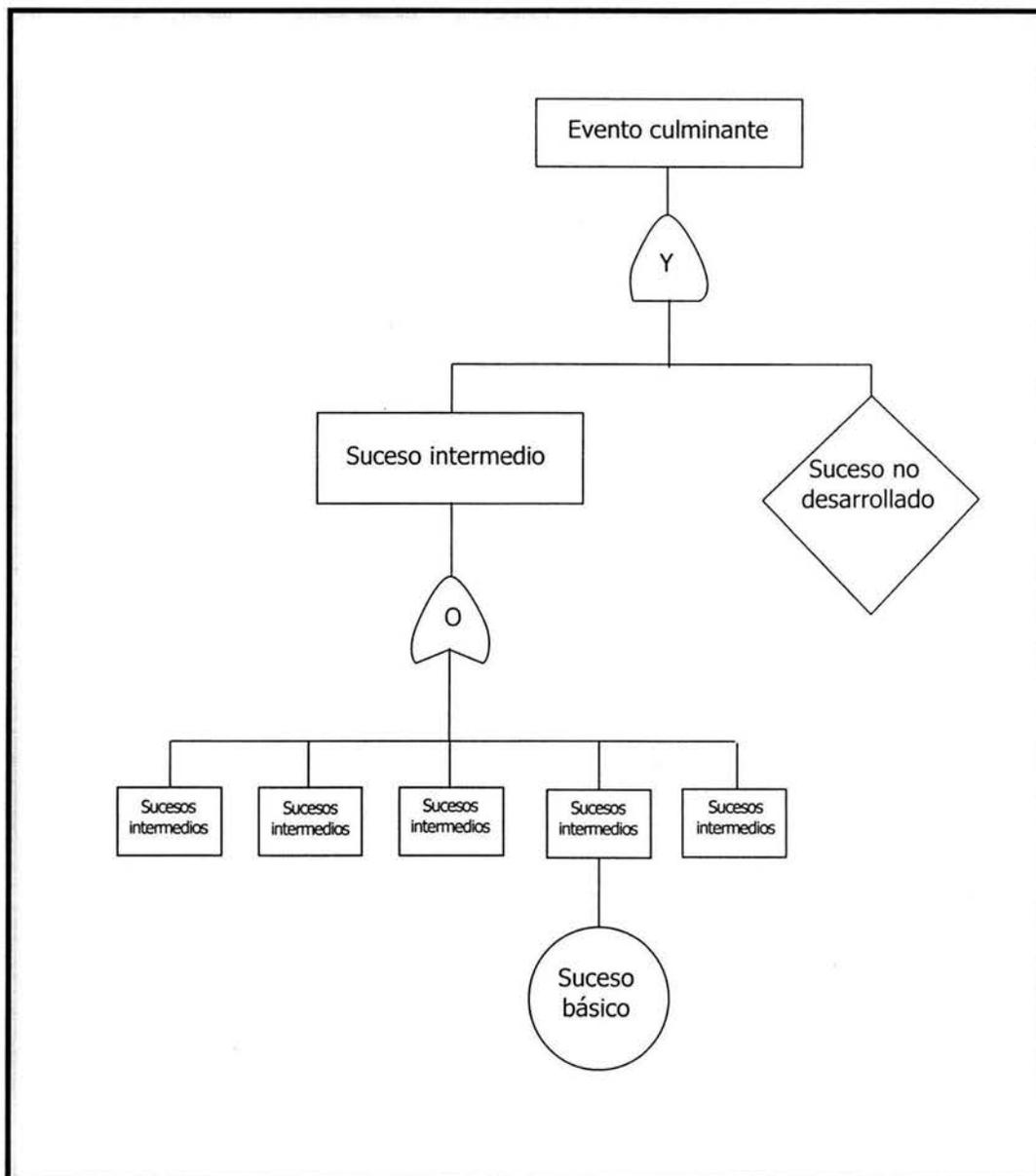
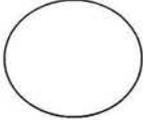
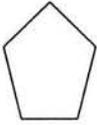
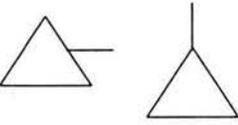




Tabla 10. Símbolos comúnmente utilizados en el análisis de árboles de fallas.

	Sucesos intermedio: Resultan de la interacción de otros sucesos, que a su vez se desarrollan mediante puertas lógicas
	Sucesos básicos: Constituyen la base de la raíz del árbol. No necesitan desarrollo posterior en otros sucesos.
	Sucesos no desarrollado: 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 de los sucesos de entrada para producir el suceso de salida.
	Puertas Y: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los sucesos de entrada para producir el suceso de salida.
	Condición externa: Se utiliza para indicar una condición o un suceso que existe como parte del escenario en que se desarrolla el árbol de fallas.
	Transferencias: Se utiliza para continuar el desarrollo del árbol en otra parte (por ejemplo, en otra página por falta de espacio).



Criterios para la Asignación de Probabilidades a los Eventos Básicos en un Árbol de Fallas.

Existen muchas tablas reportadas en la literatura que incluyen criterios para asignar probabilidad a los eventos básicos en un árbol de fallas, en la tabla 11 se presenta una de ellas.

Tabla 11. Probabilidad de Eventos. (Estimados para el periodo de un año).⁽⁵⁾

Componente	Probabilidad	Componente	Probabilidad
Falla de bomba	1×10^{-1}	Error válvula de cierre rápido	8.76×10^{-2}
Falla de bomba centrífuga	1.04×10^{-4}	Error operacional	1×10^{-1}
Falla de interruptor	1×10^{-1}	Error de inspección	1×10^{-1}
Falla de motor	1×10^{-3}	Error humano (ignición por soldadura o corte)	1×10^{-2}
Falla de corriente	1×10^{-1}	Tubería metálica (sección recta)	2.68×10^{-8}
Falla alarma	1×10^{-1}	Tubería metálica (conexiones)	5.7×10^{-7}
Falla mecánica	1×10^{-4}	Válvula de control (neumática)	3.59×10^{-6}
Falla de aplicación de soldadura	1×10^{-2}	PSV's mal calibradas	1×10^{-1}
Falla de detectores de gas o fuego	8.76×10^{-2}	Corto circuito	1×10^{-1}
Falla de inspección (comisión)	1×10^{-2}	Procedimiento no actualizado o difundido	5×10^{-3}
Falla control de calidad	1×10^{-3}	Omisión del procedimiento correspondiente	1×10^{-2}
Falla mantenimiento (calibración o recubrimiento anticorrosivo)	1×10^{-2}	Fuga de gas por falla de línea	1×10^{-1}
Falla secundaria debido a efectos ajenos	1×10^{-9}	Falla al tomar la acción correcta después de la observación	1×10^{-3}
Falla operacional	1×10^{-3}	Falla indicador de nivel	8.76×10^{-2}
Falla alarma por alta presión	8.76×10^{-2}	Falla alarma por alto nivel	8.76×10^{-2}
Falla indicador de temperatura a la salida de los intercambiadores	8.76×10^{-2}	Falla de diseño o deterioro durante su servicio	1×10^{-2}



Una vez obtenida la probabilidad del evento culminante, mediante el árbol de fallas, con la tabla 12 se determina la frecuencia probable de dicho evento.

Tabla 12. Equivalencias entre Probabilidad y Frecuencia. ⁽⁵⁾

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

II.1.8.4 ANÁLISIS DE ÁRBOL DE SUCESOS (ETA).

El análisis de árbol de sucesos (Event Tree Analysis) evalúa las consecuencias que pueden tener lugar a partir de un suceso determinado. No interesa tanto en este caso estudiar cómo puede originarse el suceso iniciador, sino cuáles son sus posibles resultados. Se hace énfasis en un suceso inicial que se supone que ya ha ocurrido, y se construye un árbol lógico que conecta dicho suceso inicial con los efectos finales, donde cada rama del árbol representa una línea de evolución que conduce a un efecto final (o en la ausencia de este, si una secuencia de circunstancias favorables es capaz de anular sus consecuencias).

El análisis de árbol de sucesos se desarrolla de acuerdo con:

- ✓ Identificación de sucesos iniciadores relevantes.
- ✓ Identificación de las funciones de seguridad diseñadas para responder al suceso iniciador.
- ✓ Construcción del árbol de sucesos.
- ✓ Descripción de las cadenas de acontecimientos resultantes.



El suceso iniciador puede ser cualquier desviación importante, provocada por una falla de equipo o por error humano. Este suceso inicial puede tener consecuencias muy diferentes dependiendo de las salvaguardas del sistema, de la reacción de los operadores del mismo y de las circunstancias concomitantes, para aplicar el análisis de árbol de sucesos hay que seleccionar una desviación que no implique directamente el accidente final.

Una vez realizadas las dos primeras etapas (identificación de sucesos iniciadores y de las funciones de seguridad), acometer la construcción del árbol de sucesos hasta los efectos finales. La estimación de la magnitud de éstos requiere, por lo general, el uso de modelos cuantitativos de análisis de consecuencias, capaces de estimar los efectos finales para un escenario determinado.

II.1.8.5 ANÁLISIS ¿QUE PASA SI...? (WHAT IF).

Este tipo de análisis es comparativamente menos estructurado que el análisis HazOp, se requiere una mayor experiencia por parte de los integrantes del equipo que lo lleva a cabo, ya que de lo contrario son más que probables omisiones importantes. El objetivo de este tipo de análisis es considerar las consecuencias negativas de posibles sucesos inesperados. Utiliza la pregunta ¿que pasaría si...?, aplicada a desviaciones en el diseño, construcción, modificación y operación de instalaciones industriales. Las preguntas se realizan sobre áreas concretas (por ejemplo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, instrumentación de un equipo determinado, almacenamiento, manejo de materiales, etc.), por un equipo de dos o tres expertos que poseen documentación detallada de la instalación, procedimientos de operación y acceso a personal de la planta para proveerse de información complementaria. De la pregunta ¿Qué pasaría si...? se obtienen sugerencias de sucesos iniciadores y fallas posibles, a partir de los cuales puede producirse una desviación peligrosa.

El análisis no termina aquí, sino que pasa a examinar las posibles acciones correctoras, como pueden ser la modificación de los sistemas de emergencia o la modificación de los procedimientos de operación para disminuir la probabilidad de una falla.



II.1.8.6 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD HUMANA (ACH).

Es la evaluación sistemática de los factores que influyen en el comportamiento y desempeño del personal de una planta. Observa los factores físicos y ambientales involucrados en la tarea y las técnicas, nivel de capacitación y el conocimiento del personal. Este análisis deberá efectuarse en el campo, en situaciones similares a las que se ven precisados a actuar el personal a cargo y que pudiera resultar en la toma de decisiones equivocadas que puedan originar un accidente.

El propósito de este análisis es identificar las áreas o situaciones que pudieran llevar al error humano. Los resultados del análisis nos muestran un listado de errores humanos que pudieran ocurrir durante las operaciones normales o de emergencia, así como, una lista de factores a los errores y una propuesta de modificaciones para eliminar la posibilidad de errores.

La información que se requiere para realizar este tipo de análisis es: conocer los procedimientos de operación normal y de emergencias, conocimientos de los niveles de capacitación de los empleados, arreglo de los paneles de control y emergencia y la descripción de las tareas del personal.

El análisis de los errores humanos requiere de profesionales expertos con conocimientos, técnicas y experiencias en factores humanos, comportamiento humano y confiabilidad. Su uso es para complementar los métodos mencionados en este capítulo.

II.1.8.7 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS (AC).

El análisis de consecuencias representa un evento indeseable, se realiza en base a modelos matemáticos los cuales simulan la descarga de materiales tóxicos, inflamables, corrosivos y explosivos, generando información útil para determinar las consecuencias en caso de suscitarse un accidente como: 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. Es importante destacar que las variables involucradas son específicas dependiendo al sitio donde se encuentra la planta y debe considerar el tipo de materiales peligrosos involucrados, la localización, la densidad de población aledaña y los patrones de clima prevaleciente. Se deben considerar las consecuencias a la salud así como los efectos económicos.

- ✓ Para explosiones se debe calcular los radios de la onda de presión.
- ✓ Para fuegos se debe calcular los radios de la bola de fuego y los valores de la radiación térmica contra distancia.

Un modelo de dispersión exacta o una simulación que se ajuste a la realidad es muy difícil. La dispersión atmosférica no es reproducible en el laboratorio y aún más difícil es reducirla a términos analíticos.

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 identificados y esto permite la toma de decisiones sobre la inversión de recursos de forma más eficiente para la reducción de riesgos.

Algunos ejemplos del uso de los análisis de consecuencias se mencionan a continuación:

- ✓ Determinación de la localización óptima de una instalación industrial.
- ✓ Determinación de los parámetros de diseño de equipo.
- ✓ Toma de decisiones para el plan de respuesta a emergencias.
- ✓ Cumplimiento de estándares corporativos.
- ✓ Cumplimiento regulatorio.



Los accidentes en las plantas químicas o instalaciones industriales presentan características similares como son: derrames o fugas de sustancias químicas tóxicas, inflamables o explosivas.

Los accidentes comienzan con un incidente que frecuentemente resulta en la pérdida de contención de material involucrado en el proceso, ejemplo de situaciones que conllevan a la pérdida de contención son: la ruptura de una tubería, un orificio en un tanque o en una tubería, una reacción fuera de control, fuego externo a los contenedores, etc. Para la estimación de las consecuencias de este y otro tipo de accidentes se han desarrollado modelos de estimación dependiendo de los resultados buscados.

II.1.8.7.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS.

Los modelos de estimación de consecuencias se clasifican de la siguiente forma:

1. Modelos de fuente
2. Modelos de dispersión
3. Modelos de explosiones e incendios
4. Modelos de efecto

Una vez que el incidente ha ocurrido, se seleccionan los modelos de fuente para describir como son descargados los materiales del proceso a la atmósfera, estos modelos proporcionan el gasto de la descarga, la cantidad total descargada (o tiempo total de la descarga) y el estado de agregación de la sustancia liberada (sólido, líquido, gas/vapor). Un modelo de dispersión se usa posteriormente para describir el comportamiento del material a través de su trayecto en la atmósfera y la concentración del mismo en función de la distancia que recorre y el tiempo a partir de la emisión. Para el caso de emisiones de sustancias inflamables, los modelos de fuego y explosión convierten la información en potencial de daño como radiación térmica y ondas de sobrepresión. Por último, los modelos de efecto convierten los resultados de los modelos anteriores en daños a la gente (lesiones o muertes), a las estructuras y al medio ambiente.



II.1.8.7.1.1 MODELOS DE FUENTE.

Después de seleccionar el escenario a analizar, los modelos de fuente se utilizan para determinar cuantitativamente las consecuencias de una emisión a través de la estimación del gasto de la emisión, la cantidad total emitida o duración de la emisión, el estado de agregación de la sustancia, la fracción de sustancia evaporada a partir de un derrame y la formación de aerosoles. Los modelos de fuente son modelos matemáticos obtenidos de ecuaciones fundamentales o empíricas que representan los procesos físico-químicos durante la emisión de las sustancias.

Para la aplicación de los modelos fuente es necesario contar con información del accidente a analizar:

1. Estado de agregación, condiciones de presión y temperatura.

Los líquidos pueden estar almacenados bajo presión, por lo que su temperatura de ebullición puede estar por debajo de la temperatura ambiente dando lugar a una evaporación súbita formando una nube de aerosol, o su temperatura de ebullición puede estar por arriba de la temperatura ambiente produciendo charco o alberca de líquido y dependiendo de su presión de vapor podrá generar o no nubes de vapor.

2. Condiciones finales y la ruta termodinámica.

Se requiere para conocer el desarrollo de la emisión.

3. Tamaño del orificio

Debe ser estimado o conocido, dependiendo de su causa. Algunos autores proponen valores de 2 ó 4 pulgadas sin importar el tamaño de la tubería.



4. Duración de la emisión

El tiempo de duración de la emisión depende de los tiempos de detección y acción de los sistemas de seguridad y del tiempo de respuesta de los operadores. Otros aspectos a considerar serían régimen transitorio de la emisión generalmente cambia conforme disminuye la presión; restricciones al flujo como válvulas, reducciones y otros accesorios; material acumulado en tuberías o equipo que pudiera tener efectos adicionales a la emisión como golpe de ariete, etc.

II.1.8.7.1.2 MODELOS DE DISPERSIÓN.

Los modelos de dispersión son modelos matemáticos que describen el comportamiento de los materiales tóxicos y/o inflamables transportados por el aire desde el lugar de la emisión o fuente a lo largo de la instalación o a la comunidad vecina. Los resultados de los modelos de dispersión son: área de afectación y la concentración de la sustancia en función de la distancia y tiempo transcurrido.

El potencial de daño de la emisión frecuentemente se mide en función de la concentración y se obtienen isopleas (curvas de concentración constante) que se pueden graficar en diagramas o mapas de la zona afectada.

Todos los peligros que conllevan los accidentes con sustancias químicas no son solamente función de la concentración de la sustancia, pueden ser también función de situaciones como las siguientes:

- ✓ Tiempo de exposición
- ✓ Respuesta biológica del individuo
- ✓ Desplazamiento del oxígeno y potencial de asfixia
- ✓ Límites de inflamabilidad de las sustancias y las fuentes de ignición presentes
- ✓ Limitaciones en la visibilidad por la formación de una nube
- ✓ Radiación térmica de las sustancias que se inflamen



Las emisiones que son de forma continua como la proveniente de una chimenea o de una fuga por un pequeño orificio, forman una pluma de la(s) sustancia(s) emitida(s) de forma regular, larga y delgada, cuyo comportamiento está en función de las condiciones atmosféricas y de las características del gas relativas a su flotación con respecto al aire.

Las emisiones que son de forma instantánea tienen la forma de una sola nube de vapor/gas conocida como "puff". Estas emisiones se mueven también en función de las condiciones atmosféricas y viajan como un solo bloque hasta su completa dilución y dispersión.

Los modelos de simulación de dispersión de nubes tóxicas/inflamables necesitan como mínimo la información del gasto o la cantidad del material emitido y de las condiciones atmosféricas que afectan la dispersión. Estas condiciones son las siguientes:

1. Velocidad del viento

La velocidad del viento es el factor por el cual una nube de gas tóxico/inflamable puede ser trasladada y diluida. A medida que la velocidad del viento se incrementa, la sustancia se diluye con mayor velocidad.

2. Estabilidad atmosférica

Las condiciones climatológicas tienen una gran influencia sobre la dispersión de las sustancias. La estabilidad atmosférica se relaciona con el mezclado vertical del aire. La estabilidad atmosférica normalmente se clasifica de acuerdo al modelo de Pasquill-Grifford, donde se establecen seis clases de estabilidad (A-F) dependiendo de la velocidad del viento y la cantidad de radiación solar (ver tabla 13).



Tabla 13. Tipo de Estabilidad Basado en la Velocidad del Viento y la Radiación Solar.

Velocidad del Viento en la Superficie (m/s)	Día			Noche	
	Nivel de Radiación Solar			Nubosidad	
	Elevada	Moderada	Baja	Mas del 50%	Menos del 50%
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

A: Condiciones extremadamente inestables

B: Condiciones moderadamente inestables

C: Condiciones ligeramente moderadas

D: Condiciones neutras

E: Condiciones ligeramente estables

F: Condiciones moderadamente estables

A falta de información precisa, existen dos combinaciones comunes que son utilizadas por los analistas al evaluar las consecuencias: Estabilidad D con una velocidad del viento de 5 m/s y estabilidad F con una velocidad del viento de 1.5 m/s. Estas combinaciones describen escenarios donde la turbulencia y velocidad de mezclado es baja y por lo tanto la dispersión es lenta, esto quiere decir, que se considera el peor escenario posible pues se trata de una nube con una concentración alta desplazándose lentamente en la dirección del viento.

3. Condiciones de la superficie o terreno

Las condiciones del terreno afectan el comportamiento de mezclado del aire a diferentes alturas con respecto al suelo y por lo tanto de las nubes de gases tóxicos/inflamables. Las estructuras y árboles aumentan el mezclado, mientras superficies llanas sin construcciones lo disminuyen.



4. Altura del punto de la emisión

La altura del punto de emisión es un factor que en combinación con la característica de flotación del gas, interviene en la cantidad de sustancia que se puede encontrar en la superficie del terreno.

5. Momentum y comportamiento del material frente al aire

Los gases pueden comportarse de tres diferentes formas de acuerdo a sus características de flotación. Esto es, los gases pueden tener una flotación negativa si son más densos que el aire, una flotación positiva si son menos densos que el aire o una flotación neutra para gases con densidad similar a la del aire.

Los diferentes escenarios posibles en la dispersión de una nube tóxica/inflamable, pueden ser estimados a través de una combinación de los factores anteriores (tabla 12).

II.1.8.7.1.3 MODELOS DE EXPLOSIONES E INCENDIOS.

Las explosiones se clasifican como detonaciones o deflagraciones. En una detonación el frente de llamas toma la forma de una onda de choque a una velocidad mayor a la del sonido o supersónica, el aumento de la presión es casi instantáneo y puede alcanzar hasta 20 veces la presión original. En una deflagración, se genera combustión rápida a una velocidad menor a la del sonido o subsónica, con un aumento de presión de 8 a 10 veces la inicial.

La diferencia significativa entre los incendios o fuegos y las explosiones es la cantidad de energía liberada. Los incendios liberan energía lentamente, mientras que las explosiones lo hacen muy rápidamente en el orden de microsegundos. Los incendios pueden resultar de explosiones y las explosiones de incendios.



II.1.8.7.1.3.1 TIPOS DE EXPLOSIONES.

Las explosiones dependen de una serie de parámetros tales como: la temperatura ambiente, la presión atmosférica, la composición del material, las propiedades físicas del material, la geometría de los alrededores (espacios abiertos o confinados), la cantidad del material involucrado, el tiempo transcurrido antes de la ignición, etc. Lo anterior, hace al comportamiento de las explosiones difícil de explicar y que los modelos matemáticos de éstas tengan ciertas incertidumbres.

La onda de sobrepresión se debe a la expansión de los gases por la reacción. Esta expansión puede ser causada por los efectos estequiométricos (cambio en el número total de moles) o los efectos térmicos.

Los efectos de las explosiones se pueden dividir en tres: ondas de sobre presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

Los tipos de explosiones que se pueden presentar son las siguientes:

1. Explosiones de nubes de vapor no confinadas. (UVCE Unconfined Vapor Cloud Explosion).
2. Explosiones de nubes de vapor confinadas (CVCE Confined Vapor Cloud Explosion).
3. Explosiones por la expansión de un líquido en ebullición (BLEVE Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion).
4. Explosiones físicas.

II.1.8.7.1.3.2 TIPOS DE INCENDIO.

El fuego es una reacción química que necesita de tres componentes para llevarse a cabo: combustible, comburente u oxidante y una fuente de ignición o energía.



Los tipos de eventos que pueden ocurrir como debido a la fuga o derrame de un líquido presionado, un líquido no presurizado y de un vapor o gas presurizado son:

- ✓ Incendio de charco
- ✓ Explosión
- ✓ Nube tóxica
- ✓ Evaporación de un charco.
- ✓ Fuego instantáneo
- ✓ BLEVE
- ✓ Efecto dominó
- ✓ Dardo de fuego
- ✓ VCE
- ✓ Bola de fuego

II.1.8.7.1.4 MODELOS DE EFECTOS.

Una vez estimados los efectos de un accidente, radiación térmica u onda de choque, debemos evaluar sus efectos, esto es, realizar una estimación de lo que pasará cuando estos efectos actúen sobre las personas, el ambiente, los edificios o los equipos, etc. Estas estimaciones suelen reportarse como una serie de valores tabulados o gráficos indicando los radios de fatalidad. Cuando se incluyan sustancias tóxicas se deben reportar las áreas afectadas por concentraciones peligrosas a los seres humanos.

II.1.8.7.2 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS UTILIZANDO EL PROGRAMA PHAST.

Se define este programa en este capítulo debido a que en el siguiente se utilizó para realizar la simulación de los eventos no deseados.

PHAST se derivó a partir del programa de análisis de riesgos SAFETI (Software for the Assessment of Flammable, Explosive and Toxic Impacts). Este programa evalúa las consecuencias de fugas, elaborado por DNV Technica con el apoyo del gobierno holandés a través del Ministerio de Vivienda Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (VROM) y posteriormente en conjunción con los usuarios del



programa. Se utilizó la versión 6.0. Este software es aceptado en México por el Instituto Nacional de Ecología (INE) y las compañías aseguradoras, en los Estados Unidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA Environmental Protection Agency) y la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA Occupational Safety and Health Administration), para la determinación de consecuencias en una evaluación de riesgo.

PHAST consta de los modelos de consecuencias y la información de las sustancias peligrosas. Sus principales características son:

- Integración de modelos de descarga y dispersión
- Modelos de evaporación y formación de aerosoles
- Modelos detallados de consecuencias en módulos independientes
- La capacidad de manejar mezclas y cálculos rigurosos de mezclas en equilibrio líquido-vapor
- Diversas medidas de toxicidad
- La posibilidad de emplear alrededor de 1500 sustancias a partir de la base de datos DIPPR (Design Institute for Physical Properties Research)

II.1.8.7.2.1 PRINCIPALES MODELOS UTILIZADOS POR PHAST.

II.1.8.7.2.1.1 FUENTE DE EMISIÓN A PARTIR DE UN RECIPIENTE O TUBERÍA.

Modela la fuga de material a partir de un recipiente o tubería, considera las condiciones de proceso o almacenamiento. Este modelo incluye los cálculos para obtener el flujo másico y estado del material así también determina las áreas de afectación para la nube tóxica y/o inflamable.

Los cálculos pueden dividirse en cuatro etapas:

a) Descarga

En esta etapa se definen las condiciones de almacenamiento.



b) Fuego o explosión inmediata

Si el material es inflamable; el programa calcula el tamaño e intensidad de los efectos.

c) Dispersión de la nube

A continuación se modela el escenario en el cual la fuga no se enciende, formándose una nube la cual inicia en su punto de emisión, mezclándose con el aire hasta su completa dilución. El peligro causado por la nube depende de su tamaño, localización y perfil de concentraciones. Estas características cambian con el tiempo. Los cálculos se llevan a cabo empleando el modelo de dispersión unificado (UDM Unified Dispersion Model), se obtiene una tabla con los datos relevantes de la nube en diversos intervalos de tiempo posteriores a la fuga.

d) Fuego, explosión y efectos tóxicos tras un lapso de tiempo transcurrido

Una vez que la nube se ha desarrollado pueden ocurrir diversos efectos, estos pueden ser: explosiones, efectos tóxicos o fuego flash (es un fuego de baja intensidad cuya zona de afectación esta dada por la región inflamable de la nube).

II.1.8.7.2.1.2 FUENTE DE EMISIÓN DEFINIDA POR EL USUARIO.

Modela la fuga de material considerando las etapas desde la emisión hasta la dispersión de material a concentraciones no dañinas, este modelo realiza cálculos para fuego, explosión y efectos tóxicos para obtener zonas de afectación dadas por valores establecidos para la nube en dispersión.

A diferencia del modelo de fuente de emisión a partir de un recipiente o tubería, este modelo no efectúa los cálculos para la descarga, se debe por consiguiente ingresar el estado del material posterior a la fuga a la presión atmosférica. Para efectuar los cálculos de la descarga se pueden emplear un programa externo como ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres) o bien, se pueden



utilizar los resultados obtenidos del modelo fuente en recipiente o tuberías, modificando los parámetros necesarios para las condiciones particulares. Empleando este procedimiento se pueden simular los efectos de condiciones de descarga como la fuga por sellos en una bomba o la caída de presión en una tubería con fuga conforme transcurre el tiempo.

II.1.8.7.2.1.3 MODELO DE DISPERSIÓN UNIFICADO.

Relaciona los diferentes factores que ocurren durante la dispersión de los diversos materiales, se emplean las siguientes suposiciones:

- a) Las propiedades al inicio son uniformes.
- b) Si el material se encontraba presurizado este tendrá momentum, el cual producirá un movimiento en la nube en esa dirección.
- c) Por otro lado, si la fuga es instantánea el momentum se distribuirá alrededor del centro de la nube. El momentum irá disminuyendo conforme la nube se mezcle con el aire.
- d) Conforme la nube se mezcla con el aire circundante intervienen varios factores que inducen turbulencia en la mezcla, la densidad relativa, las corrientes oblicuas a la nube, turbulencia del aire debido a las condiciones atmosféricas, la presencia de obstáculos en el trayecto de la nube, etc.

Por lo anterior las condiciones cambian produciendo que las propiedades varíen de acuerdo a la posición dentro de la nube, como son los perfiles de concentración variable.

II.1.8.7.2.2 PARÁMETROS.

Son valores asociados a las variables usadas en los cálculos, no son parte de la definición de los modelos. Todos los modelos en un análisis usaran habitualmente los mismos parámetros, aunque se pueden variar el valor de éstos para un modelo en particular o si se desea investigar la sensibilidad de los resultados a un parámetro dado.



Para algunos tipos de fugas, más de un efecto será modelado. Por ejemplo, para una fuga instantánea bifásica puede producirse un fuego en charco, una ráfaga de fuego o una explosión; el programa realizará los cálculos para los tres efectos (tabla 14).

Tabla 14. Relación Entre el Tipo de Fuga y Modelos de Consecuencias Empleadas.

Tipo de fuga	Estado posterior a la descarga	Efecto modelado
Instantánea	Todos	BLEVE, bola de fuego
Instantánea	Con vapor	Explosión
Continua	Con vapor y momentum	Dardo de fuego (jet fire)
Ambos	Con líquido	Fuego de charco

II.1.9 NORMATIVIDAD.

Actualmente existen diferentes documentos gubernamentales aplicables para la operación en cada una de las áreas de la industria, los cuales establecen los lineamientos específicos que se deben de cumplir para poder operar sin que se violen los parámetros establecidos en las normas oficiales mexicanas. Para la industria química es más rígida esta normatividad debido a su alto riesgo. En la tabla 15 se describen las normas consideradas en cuanto a el elemento de análisis de riesgos.

Es importante mencionar que para el cumplimiento de estas normatividades se publican guías, elaboradas por diversas dependencias, en las cuales se recaba información de la empresa desde datos generales hasta información específica en cuanto a su producción y en el caso específico de análisis de riesgos se solicitan datos como: condiciones climatológicas, tipo de zona geográfica en la que se encuentra entre otros; toda esta información es para considerar el entorno en el que se ubica la empresa y con ello, la dependencia correspondiente puede verificar si se tienen las condiciones necesarias de seguridad y determinar si se está cumpliendo con la normatividad, así mismo, se envían recomendaciones por parte de la dependencia en caso de que esta encuentre alguna irregularidad.

Tabla 15. Documentos Gubernamentales. ^(15,22)

Título	Descripción
Reglamento federal de seguridad, higiene y medio ambiente en el trabajo.	<p>Art. 15.- Informar a los trabajadores respecto a los riesgos relacionados con la actividad laboral específica que desarrollen y en particular acerca de los riesgos que impliquen el uso o exposición.</p> <p>Art. 18. Son obligaciones de los trabajadores.</p> <p>Fracción IV- Participar en los cursos de capacitación y adiestramiento en materia de prevención de riesgos y atención a emergencias.</p> <p>Art. 26.- Los centros de trabajo deberán contar con medidas de prevención y protección así como con sistemas y equipos de combate de incendios en función del riesgo.</p> <p>Art. 27.- Los centros de trabajo en donde se realicen procesos, operaciones y actividades que impliquen un riesgo de incendio o explosión, deberán estar diseñadas, construidas y controladas de acuerdo al tipo y grado del riesgo.</p> <p>Art. 112.- La importancia que tiene la adopción de medidas preventivas para evitar riesgos de trabajo.</p> <p>Art. 132.- En la elaboración del programa o relación de medidas de seguridad e higiene en el trabajo, se deberán considerar los riesgos potenciales.</p>
Secretaría del trabajo y previsión social (STPS).	<p>NOM-001-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo.</p> <p>NOM-002-STPS-1994. Relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo.</p> <p>NOM-004-STPS-1999. Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo.</p> <p>NOM-005-STPS-1998. Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles</p> <p>NOM-006-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.</p>



Tabla 15 Continuación.

Título	Descripción
Secretaría del trabajo y previsión social (STPS).	<p>NOM-008-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la producción, almacenamiento y manejo de explosivos en los centros de trabajo.</p> <p>NOM-009-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.</p> <p>NOM-017-STPS-1997. Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.</p> <p>NOM-021-STPS-1994. Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran para integrar las estadísticas.</p> <p>NOM-026-STPS-1998. Colores y señales de seguridad, e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.</p> <p>NOM-027-STPS-1994. Señales y avisos de seguridad e higiene.</p> <p>NOM-028-STPS-1994. Seguridad-código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.</p> <p>NOM-114-STPS-1994. Establece un sistema para identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas que de acuerdo a sus características físico-químicas o toxicidad, concentración y tiempo de exposición del trabajador pueden alterar su salud y su vida y/o afectar al centro de trabajo.</p>
Reglamento de trabajos Petroleros.	<p>Art. 95. - Indica la obligatoriedad de tomar medidas para evitar riesgos de fuego o intoxicaciones entre el personal.</p> <p>Art. 252. - Dispone que todo tanque o grupo de tanques cuenten con los medios eficaces para prevenir y sofocar incendios.</p> <p>Art. 263. - Establece que las distintas unidades dedicadas al almacenamiento, operación y manejo de productos se construyan o instalen garantizando la seguridad de las mismas.</p> <p>Art. 277. - Indica que las plantas de almacenamiento cuenten con los medios eficaces para prevenir y sofocar incendios.</p> <p>Art. 278. - Dispone que las plantas de almacenamiento cuenten con servicio de agua en cantidad y distribución suficientes para sofocar incendios.</p>



Tabla 15 Continuación.

Título	Descripción
Reglamento de trabajos Petroleros.	<p>Art. 279. - Ordena la conexión a tierra de los tanques, sistemas de carga y descarga, así como los transportes.</p> <p>Art. 281. - Se indica que la superficie de plataformas y escaleras sea de material antiderrapante.</p> <p>Art. 282. - Se ordena establecer un código de colores en la tubería, para la identificación de las distintas sustancias.</p> <p>Art. 290. - Ordena tomar medidas necesarias para evitar accidentes de acuerdo al producto que se maneje y siguiendo la reglamentación vigente.</p> <p>Art. 291. - Indica la colocación de letreros de peligro durante las maniobras de carga descarga de los carro-tanques.</p>
Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Clasificación de las sustancias peligrosas	<p>Art. 7. Clasificación de las sustancias peligrosas.</p> <p>Art. 8. Define a los explosivos o clase 1.</p> <p>Art. 9. Define a la clase 2 o gases.</p> <p>Art. 10. Define a la clase 3 o líquidos inflamables.</p> <p>Art. 11. Define a la clase 4 o sólidos inflamables.</p> <p>Art. 12. Define a la clase 5 u oxidantes y peróxidos orgánicos.</p> <p>Art. 13. Define a la clase 6, tóxicos agudos y agentes infecciosos.</p> <p>Art. 14. Define a la clase 7, radiactivos.</p> <p>Art. 15. Define a la clase 8, corrosivos.</p> <p>Art. 21. Dispone la inspección de los envases y embalajes anterior a su uso.</p> <p>Art. 22. Ordena que los envases y embalajes permanezcan cerrados.</p> <p>Art. 23. Prohíbe la adición de cualquier sustancia al exterior de los envases y embalajes.</p> <p>Art. 24. Dispone que las partes de los envases y embalajes en contactos con las materias y residuos peligrosos no sean afectados por los mismos.</p> <p>Art. 26. Establece la separación adecuada de los envases y embalajes que contengan sustancias reactivas entre sí.</p> <p>Art. 27. Dispone la resistencia de los envases y embalajes.</p> <p>Art. 28. Dispone considerar como peligrosos a los envases y embalajes ya utilizados.</p>



Tabla 15 Continuación.

Título	Descripción
Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Clasificación de las sustancias peligrosas	<p>Art. 29. Establece la no utilización de envases y embalajes que no cumplan con las pruebas, especificaciones y características de construcción establecidas en la normatividad aplicable.</p> <p>Art. 30. Dispone las especificaciones especiales para los envases y embalajes destinados a explosivos, peróxido orgánicos y agentes infecciosos.</p> <p>Del etiquetado y marcado del envase y embalaje:</p> <p>Art. 31. Dispone la etiquetación y marcado adecuados para la correcta identificación.</p> <p>De las condiciones de seguridad:</p> <p>Arts. 46, 47, 48, y 49. Establecen los procedimientos y características de maniobras de carga y descarga con objeto de preservar la seguridad.</p> <p>Art. 57. Indica las acciones a tomar en caso de accidente.</p> <p>De la responsabilidad:</p> <p>Art.113. Ordena tomar las medidas necesarias para evitar accidentes.</p> <p>Del autotransporte:</p> <p>Art. 121. Enlista las acciones a llevar a cabo para preservar la seguridad.</p>
Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA)	<p>Capítulo II Distribución de competencias y coordinación.</p> <p>Art. 5. Señala las facultades de la federación, destacando la formulación y conducción de la política ambiental nacional, la expedición de normas oficiales mexicanas, la vigilancia en cumplimiento de las mismas; la regulación y control de las actividades que deberán considerarse como altamente riesgosa; la participación en emergencias y contingencias ambientales.</p> <p>Capítulo III. Política ambiental, Sección V. Evaluación de impacto ambiental:</p> <p>Art. 30. Señala la obligación de preparar estudios de riesgo, paralelos a la manifestación de impacto ambiental, cuando se trate de actividades consideradas como altamente riesgosas.</p>



Tabla 15 Continuación.

Título	Descripción
Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA)	Capítulo V Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas. Art. 147. La realización de actividades altamente riesgosas, en los términos del reglamento correspondiente, deberán formular y presentar ante la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.
Sedena-ley federal de armas de fuego y explosivos del transporte	Capítulo IV Art. 61. Indica que el transporte se lleve a cabo bajo las medidas de seguridad.
Acuerdos en materia de actividades altamente riesgosas	Acuerdo por el que la Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5 fracción X y 146, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el primer listado de actividades altamente riesgosas. Acuerdo por el que la Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5 fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden en segundo listado de actividades altamente riesgosas.
Sección VII. Autorregulación y auditorías ambientales	Art. 38 BIS. Indica que los responsables del funcionamiento de una Empresa podrán en forma voluntaria, a través de una auditoría ambiental, realizar el examen metodológico de sus operaciones, respecto de la contaminación y el riesgo que generan, así como el grado de cumplimiento de la normatividad.
Acuerdos en materia de actividades altamente riesgosas	Acuerdo por el que se expide el listado de actividades riesgosas y altamente riesgosas, para la operación del Sistema de Verificación Empresarial DOF 30-07-97.



Con el fin de exponer la normatividad referente a los análisis de riesgos se presenta a continuación el listado de documentos de carácter internacional.

Tabla 16. Otros Documentos de Carácter Internacional.

Título	Descripción
Evaluating process safety in the chemical industry. (Evaluación de la seguridad de procesos en la industria química)	Esta guía esta diseñada para entender los beneficios, limitaciones y complejidades para manejar una evaluación, cuantitativa del riesgo.
A manager's guide to reducing human errors. (Guía administrativa para reducir los errores humanos)	Este documento esta dirigido a los gerentes y mandos medios de los centros de trabajo para homogeneizar criterios sobre los aspectos del error humano y sugiere alternativas para su reducción.
Recommended practice for design and hazards analysis for offshore production facilities. (Práctica recomendada para diseño y análisis de riesgo y guías para la identificación)	Este documento recomienda los mínimos requerimientos y guías para la identificación y realización de análisis de riesgo. Práctica recomendada por API.
Facility major risk survey (Inspección de los principales riesgos de las instalaciones)	Artículo que describe un método de identificación de los principales riesgos que existen en los procesos de los centros de trabajo y la priorización de medidas de mitigación.
Hazard Assessment and management tool kit (Conjunto de herramientas para la administración y evaluación de riesgos)	Guía que provee instrucciones y actividades para que en forma rápida y simple se identifiquen y caractericen riesgos, en seguridad, salud y ambiente. Provee también la guía para desarrollar estrategias generales para mitigar los riesgos.
Environmental Aspects Evaluation Tool (Aspectos ambientales, Herramienta de evaluación)	Un procedimiento simple, que procura satisfacer a ISO 14001 y que puede ser utilizado por una instalación para identificar los aspectos ambientales y determinar su importancia.
Hazard Assessment Methodology Toolbox. (Metodología de la caja de herramientas para administración de riesgos)	Instrucciones y hojas de trabajo para identificar y evaluar los peligros relacionados con la seguridad, salud y medio ambiente. La herramienta incluye el desarrollo de planes de mitigación.



Tabla 16 Continuación.

Título	Descripción
Safety and Risk Management Guide (Guía de seguridad y administración de riesgos)	Una guía con el enfoque de Arthur D. Little y que describe el producto empleado en el desarrollo y evaluación de sistemas de administración de la seguridad, evaluación de riesgos. Capacitación en seguridad, auditoría de seguridad y proyectos de análisis de riesgos.
Risk Assessment Management as it relates to Occupational Health and Safety (La administración de la evaluación del riesgo en relación a la seguridad y salud ocupacional)	Curso diseñado para el análisis de riesgos de salud ocupacional y seguridad. Los módulos incluyen evaluaciones de riesgo, cuantificación del riesgo, tolerabilidad al riesgo, identificación de riesgos, análisis de accidentes/lesiones, evaluaciones de exposición, evaluaciones del factor humano, etc.
Priorization of Safety Related Plant Modifications Usig Cost-Risk benefit análisis (Jerarquización de la seguridad relacionado con las modificaciones de la planta utilizando un análisis de costo-beneficio del riesgo)	Un documento de ayuda a identificar las estrategias de administración de riesgos incluyendo, evitar el riesgo, transferencia del riesgo, retención del riesgo y reducción del riesgo.
Facility Major Risk Surveys (Inspección de los principales riesgos de las instalaciones)	Este documento describe un método de identificación que combina revisiones documentales con entrevistas personales para entender e identificar los peligros asociados a una operación particular.
Reference Guide for Facility Risk Screening Tool (FIRST) (Guía de referencia para las herramientas de protección de riesgo de las instalaciones)	Manual que explica como utilizar el "Software" del first de ADL. El programa provee un modelo para ayudar a las organizaciones a priorizar el orden en cual deberá conducirse el análisis de riesgo de proceso.
Systems Effectiveness Análisis (Análisis de sistemas efectivos)	Un folleto que describe el análisis de la efectividad del sistema que puede determinar cuales subsistemas o componentes del equipo son los menos confiables. También puede proveer información relacionada a otros aspectos como los relacionados con herramientas y redundancia en equipos.
Transportation Risk Análisis (Análisis de transportación de riesgo).	Una metodología para revisar los escenarios que pueden causar emisiones durante el transporte. Analiza la probabilidad y consecuencias potenciales de una emisión y proporciona apoyos para el desarrollo de medidas sofisticadas de riesgo.



Tabla 16 Continuación.

Título	Descripción
Reactivity Testing (Prueba de reactividad).	Herramientas de análisis experimental y simulación probada que permite el entendimiento de necesidades de venteo y peligros térmicos. Las pruebas han sido sustentadas en pruebas de laboratorio utilizadas en técnicas de APTAC, ARC, DSG, TGA, HPDSC y TMA.
Risk Assessment and Evaluation software (Software de evaluación de riesgos).	Herramientas de simulación en computadora y herramientas de análisis de riesgo.
FaultrEASE	FaultrEASE es un "software" para elaborar y editar arboles de fallas fácilmente. Sus comandos permiten operar ramas completas y el árbol se forma completamente después de cada edición.
HAZOPtimizer	HAZOPtimizer es un "software" para la documentación de análisis de riesgo que puede registrar cualquier análisis de riesgos (por ejem. HazOp, What-if, FMEA, definidos por el usuario)
SuperChems	SuperChems es una herramienta avanzada para la evaluación de riesgos térmicos, diseño de ajuste de presión y análisis de consecuencia. Sus capacidades incluyen análisis multicomponente, dispersión casa tridimensional de gases pesados, cinética de reacción multifase, dinámica de la explosión de gases con obstrucciones, flujos de tubería y rutinas de fase simultánea y de equilibrio químico.
ADL TRS	ADLtrs es una herramienta de tamizado de riesgos de transporte para analizar, inventariar y priorizar riesgos provenientes del transporte incluyendo tuberías, líneas de ferrocarril y camiones.
Safety and Risk Management (Administración de la seguridad y el riesgo).	Folleto de ADL con respecto a los servicios y herramientas.
Leading Process Hazards Analisisys (Principal Análisis de riesgos de procesos).	Curso de ADL que presenta las técnicas de Análisis de Riesgo existentes.



II.2 DISEÑO Y DESARROLLO.

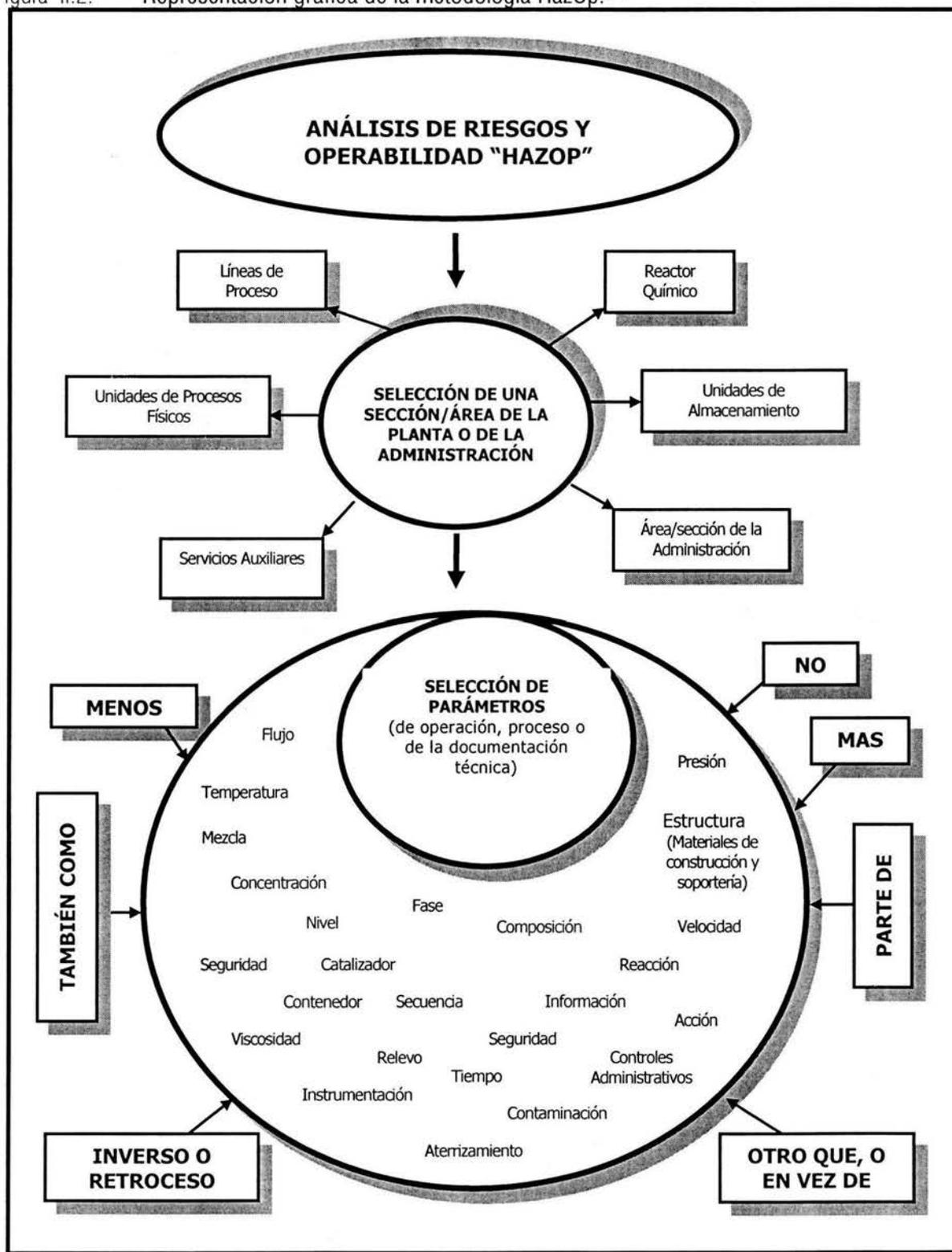
II.2.1 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

La implantación de una estrategia de seguridad debe comenzar con la identificación de los riesgos potenciales. Este proceso debe ser desarrollado formalmente por un grupo de personas formado por: un experto en análisis de riesgos (líder) y el resto de las personas que integren el grupo multidisciplinario deberán ser especialistas en operación, mantenimiento, instrumentación y control, seguridad industrial y protección ambiental. En la tabla 16 se mencionan las características de los miembros del equipo.

Para determinar los puntos de riesgo de cualquier instalación nos referiremos a aquellas áreas de proceso que puedan producir un efecto que tenga consecuencias adversas sobre la vida o la salud de las personas, las instalaciones o el ambiente, tales como emisiones y fugas de sustancias, incendio o explosión. La identificación de los riesgos es responsabilidad de los especialistas que participan en el grupo de análisis de riesgos.

La experiencia y diferencia de las áreas del equipo nos ayudan a tener una visión completa al momento de identificar los riesgos, ya que una adecuada identificación de riesgos permite la mejor selección de mecanismos de protección, algunos métodos que nos ayudan a cumplir los objetivos son: los descritos con anterioridad.

La técnica que se propone para la identificación de riesgos en este trabajo es la metodología HazOp, esta técnica se eligió debido a su carácter multidisciplinario, y se considera una de las más completas ya que participa personal de diferentes áreas, en la figura II.2 se presenta un esquema general del método.

Figura II.2. Representación gráfica de la metodología HazOp.⁽¹²⁾



II.2.2 CRITERIOS PARA JERARQUIZAR LOS RIESGOS.

Para poder jerarquizar los riesgos utilizamos las tablas de frecuencia y gravedad 17 y 18 de este capítulo y con la ayuda de la matriz de riesgos, actualmente existen en la literatura diferentes tipos de ellas, las cuales son determinadas por medio de ecuaciones matemáticas, para la realización de esta tesis se considero la matriz basada en los lineamientos de PEMEX.

Tabla 17. Niveles de gravedad.⁽⁵⁾

Nivel	Gravedad	Aspecto	Descripción
1	Catastrófico	Personas	Pérdida de una o más vidas fuera de la Refinería.
		Instalaciones	Daños o pérdidas por más de \$25,000,000
		Medio Ambiente	Fuga mayor que requiere limpieza fuera de la Refinería.
		Operación	Paro de la Refinería.
2	Mayor	Personas	Un lesionado fuera de la Refinería y una pérdida de vida dentro de la Refinería.
		Instalaciones	Daños o pérdidas por un monto entre \$2,500,000 y \$25,000,000.
		Medio Ambiente	Fuga mayor que no requiere limpieza fuera de la Refinería.
		Operación	Paro de más de una planta.
3	Significativo	Personas	Varios lesionados dentro de la Refinería.
		Instalaciones	Daños o pérdidas por un monto entre \$250,000 y \$2,500,000.
		Medio Ambiente	Fuga menor que requiere limpieza dentro de la Refinería.
		Operación	Paro de una planta.
4	Importante	Personas	Un lesionado dentro de la Refinería.
		Instalaciones	Daños o pérdidas por menos de \$250,000.
		Medio Ambiente	Fuga menor.
		Operación	Paro del equipo o sección de planta.

Tabla 18. Niveles de frecuencia. ⁽⁵⁾

Nivel	Frecuencia	Descripción
1	Frecuente	Ocurre o puede ocurrir más de una vez al año.
2	Ocasional	Ha ocurrido o puede ocurrir varias veces durante la vida de la planta.
3	Posible	Se espera que ocurra no más de una vez en la vida de la planta.
4	Improbable	No se espera que ocurra en la vida de la planta.

MATRIZ DE RIESGOS.

La matriz de riesgos usada para encontrar el grado de riesgo de acuerdo a su nivel de frecuencia y gravedad, se presenta a continuación:

		Gravedad				
		4	3	2	1	
Frecuencia	1	6	4	2	1	1
	2	7	6	4	2	2
	3	9	7	6	4	3
	4	10	9	7	6	4

Durante la realización de un análisis de riesgos, la jerarquización es la etapa más controversial, ya que después de haber identificado los riesgos se deben analizar para poder hacer una correcta comparación y de esta manera podemos jerarquizar. Durante el proceso de jerarquización se debe tomar en cuenta la frecuencia o probabilidad de que se presenten estos riesgos y la magnitud o consecuencias que generarían. De estos dos parámetros se obtiene al grado de riesgo involucrado y por medio de este se decide si se acepta o no el riesgo, así como se asignan prioridades a las acciones recomendadas. De esta forma los riesgos se clasifican como:



Clase A: Inaceptable

Clase B: Indeseable

Clase C: Aceptable con controles

Clase D: Aceptable como está

Clase A: El grado de riesgo clase A tiene muy alta prioridad. Esto significa que es necesaria una acción inmediata para eliminar o minimizar la ocurrencia del incidente o mitigar sus consecuencias.

Clase B: El grado de riesgo clase B tiene alta prioridad. Las recomendaciones orientadas a minimizar el riesgo de esta clase se deben atender, sin embargo, no es necesario que se atiendan inmediatamente, es decir, que se pueden programar.

Clase C: El grado de riesgo clase C tienen prioridad media. Esto significa que el riesgo puede minimizarse para mejorar la seguridad y operabilidad del área de estudio. El riesgo es aceptable, es decir, que puede quedarse como está pero es necesario revisar las protecciones y garantizar que no fallarán en caso de que ocurra. Se dispone de un mayor periodo para atender las recomendaciones para minimizar esta clase de riesgos.

Clase D: El grado de riesgo clase D tiene baja prioridad. Esto quiere decir que la implantación de las recomendaciones sugeridas en el análisis mejora la seguridad pero el proceso puede seguir operando con seguridad aunque la recomendación no se implemente.

Aplicando esta clasificación a la matriz de riesgos se obtiene una matriz modificada, en función a la clase de riesgo encontrado:



Gravedad				
4	3	2	1	
C	B	A	A	1
D	C	B	A	2
D	D	C	B	3
D	D	D	C	4

Frecuencia

II.2.3 CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS.

Para poder llevar a cabo la identificación y evaluación de riesgos de una industria química de alto riesgo es necesario estudiar y analizar la información con la que cuenta la planta (de procesos, de equipos, administrativa y de mantenimiento), revisar y evaluar las estadísticas de accidentes que se llevan dentro de esta, así como la información local en cuanto a datos socioeconómicos, biológicos, demográficos y meteorológicos.

Una evaluación de consecuencias de accidentes, requiere la definición del escenario, en el que el accidente tendrá lugar, el ingeniero químico encargado de la evaluación debe tener la información necesaria para poder:

- Estar familiarizado con las características del incendio o las explosiones causadas por diferentes materiales.
- Estimar las consecuencias de un incendio o explosión.
- Proponer medidas para reducir los riesgos de que se presente el accidente o mitigar sus consecuencias.



Con la ayuda de un programa de simulación o basados en un tipo de accidente similar (en caso de haberlos) se puede identificar el grado de riesgo y de esta manera tomar las medidas necesarias para reducir la probabilidad de que suceda dicho evento.

Las metodologías que nos permite evaluar los riesgos críticos son:

Análisis de consecuencias. El cual utiliza modelos de fuente, modelos de dispersión, modelos de explosiones e incendios, modelo de efecto, y con la ayuda de software existentes en el mercado tales como PHAST, (Process Hazard Analysis Safety Tool), SCRI (Simulación de contaminación y riesgos en Industrias), ARCHIE (Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation), ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres) etc, nos proporciona los efectos que ocasionaría la presencia de un evento no deseado.

Análisis de frecuencia de ocurrencia. Se deberá de emplear para evaluar la frecuencia de los accidentes de interés (fugas, rupturas, fallas de equipos, incendios, explosiones, etc.) y se pueden utilizar los siguientes métodos:

- ✓ Record histórico de la instalación.
- ✓ Análisis de árbol de fallas.
- ✓ Análisis de árbol de eventos.
- ✓ Análisis de confiabilidad humana.
- ✓ Análisis de las causas comunes de fallas.
- ✓ Análisis de eventos externos.



II.2.4 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LOS PROCESOS Y SUSTANCIAS PELIGROSAS.

Para la evaluación de los riesgos es importante contar con la información sobre el proceso, materiales y sustancias peligrosas, número de personas potencialmente afectadas dentro y fuera de la instalación, requisitos mínimos de información para las condiciones operativas, requisitos mínimos de información para la historia operativa de los procesos.

II.2.4.1 PROCESO.

Con respecto al proceso es importante conocer:

- 1) Química del proceso.
- 2) Diagramas de proceso (diagramas de flujo de proceso y de tubería e instrumentación).
- 3) Datos técnicos y características de los equipos.
- 4) Materiales de construcción.
- 5) Sistemas de relevo y de venteo, etc.

II.2.4.2 MATERIALES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS.

En cuanto a los materiales y sustancias que se manejan dentro de las instalaciones se requiere saber:

- 1) Características físico-químicas, toxicidad, volatilidad, inflamabilidad y otros.
- 2) Cantidad de materiales y sustancias peligrosas manejadas.
- 3) Cantidad de materias en almacenamiento, en proceso y/o transporte.



II.2.4.3 NÚMERO DE PERSONAS POTENCIALMENTE AFECTADAS DENTRO Y FUERA DE LA INSTALACIÓN.

Es importante tener presente los datos del número de personas que podrían ser afectadas en caso de que suceda un accidente tanto fuera como dentro de la instalación por medio de:

- 1) Censo del personal que labora en el centro de trabajo (agrupándolos por área de trabajo).
- 2) Censo de población, definición de la estructura población existente en el entorno del centro de trabajo hasta un radio 1 Km.
- 3) Censo de aspectos naturales, sociales o históricos de interés.

II.2.5 REQUISITOS MÍNIMOS DE INFORMACIÓN PARA LAS CONDICIONES OPERATIVAS.

Siendo más específicos sobre la operación del proceso, los requisitos mínimos de información con los que se debe contar son:

- 1) Diagramas del proceso.
- 2) DTI's (Diagramas de Tubería e Instrumentación).
- 3) Modalidades energéticas requeridas para el proceso, transporte y/o almacenamiento.
- 4) Balances de materia y energía.



II.2.6 REQUISITOS MÍNIMOS DE INFORMACIÓN PARA LA HISTORIA OPERATIVA DE LOS PROCESOS.

Otro punto que es conveniente analizar del proceso es la manera en que se ha operado en por lo menos los últimos 5 años para ubicar y tener presente aspectos como:

- 1) Fugas.
- 2) Derrames.
- 3) Condiciones operativas (normales y anormales).
- 4) Modificaciones.

II.2.7 REQUISITOS MÍNIMOS DE INFORMACIÓN PARA LAS CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO (AIRE, AGUA, SUELO) POTENCIALMENTE AFECTABLE.

Para realizar una evaluación efectiva de riesgos es conveniente contar como mínimo con la siguiente información sobre las características de la zona en donde se encuentra la instalación.

- 1) Usos del suelo (compatibilidad o concordancia con las políticas y estrategias de los planes rectores o parciales de desarrollo urbano y/o ordenamiento ecológico del territorio, aplicables a la zona, determinación de zonas de amortiguamiento o intermedias de salvaguarda).
- 2) Antecedentes de las condiciones y/o características de la calidad del aire, agua, suelos, etc.
- 3) Condiciones meteorológicas de la zona.
- 4) Identificación de zonas críticas.
- 5) Identificación y descripción general de los cuerpos de agua en la zona de influencia del centro de trabajo (superficial y subterránea).
- 6) Condiciones y características de la calidad de agua.
- 7) Identificación y descripción general de los ecosistemas frágiles y/o protegidos en la zona de influencia del centro de trabajo.



II.3 IMPLEMENTACIÓN.

Una vez que ya se llevó a cabo la identificación, análisis y evaluación de los riesgos se debe de difundir la información de los riesgos, las técnicas de prevención y control al personal encargado de la planta, así mismo, se debe de proponer un plan de trabajo para dar cumplimiento a las recomendaciones, el cual debe contener: Síntesis descriptiva, grado de riesgo, fechas límites de cumplimiento, departamento responsable de la ejecución, recurso humano, recurso material, además debe ser integrada tanto información económica y técnica, como social y política para priorizar y definir las acciones necesarias para reducir los riesgos.

Dentro del plan de trabajo realizado se incluyen los programas de mantenimiento preventivo, así mismo, se deben establecer mecanismos que indiquen el seguimiento y/o cumplimiento de las medidas.

II.4 ACTUALIZACIÓN.

En esta etapa se establecen mecanismos para el seguimiento y cumplimiento de las estrategias de prevención y control de riesgos, así como se documenta y se difunde el cumplimiento de las actividades.

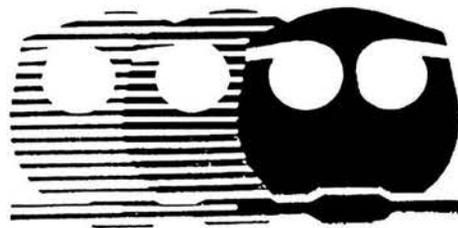
II.4.1 CRITERIOS PARA LA INTEGRACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Se deberá implementar un procedimiento, que debe ser integrado al proceso de Administración de la Información del centro de trabajo, para recopilar e integrar toda la información necesaria para la realización de los análisis, para esto se deberá de disponer de todo lo necesario para que esta información este disponible oportunamente y vigilar que se mantenga actualizada y que refleje la situación real en la que se encuentran las instalaciones.

...Subitamente recordó algo que uno de los diseñadores de la nave le había dicho con ocasión de haber estado discutiendo los sistemas de "Seguridad Total": podemos diseñar un sistema a prueba de accidentes y estupidez; pero no a prueba de malicia deliberada...

*2001, una odisea espacial, capítulo XXVIII,
Arthur C. Clarke*

CAPÍTULO III



EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN



III EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN.

Para poder observar los beneficios que se tienen al utilizar la implementación del elemento de análisis de riesgos, se muestra en este capítulo el análisis de riesgo asociado a los materiales y operaciones en una Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios, en el cual se aplicaron las siguientes técnicas: análisis HazOp, análisis de árbol de falla y análisis de consecuencias, el propósito del estudio esta compuesto por tres fases, en la primera se realiza un diagnostico para identificar y jerarquizar los riesgos, en la segunda se realiza un análisis de consecuencias, en la cual se usaron modelos matemáticos de simulación para cuantificar y estimar dichas consecuencias, por último, se emite una serie de recomendaciones y a su vez se propone un plan de trabajo para dar cumplimiento.

La justificación para la utilización de estas metodologías en forma conjunta es que con la aplicación de la técnica de **Análisis de Riesgos y Operabilidad**, se visualizan las fallas operativas determinándose los riesgos, las causas que les dan origen y sus consecuencias. Una vez que se han identificado las fallas operativas que conduzcan a consecuencias como fugas, incendios o explosiones que afecten a los trabajadores, a la población aledaña o al ambiente, junto con las estadísticas de ocurrencia, se realiza un **Análisis de Árbol de Fallas** en los equipos críticos para determinar las causas raíz que darían origen a la consecuencia o evento culminante arriba señalado. Aunado a estos análisis, se aplica la metodología de **Análisis de Consecuencias** donde con la ayuda del software Phast 6.0 se simularán las consecuencias de los eventos con mayor trascendencia.

III.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS.

Dentro de esta etapa se aplica una metodología detallada para determinar la existencia o inexistencia de riesgos, de acuerdo a su nivel de peligrosidad, para determinarlo en la Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios, recurrimos a la SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), en la cual a través de su artículo acerca de la evaluación de riesgo ambiental y bioseguridad encontramos que la planta se encuentra dentro del nivel 3 de peligrosidad, por lo que se



deben adoptar los requisitos establecidos por la SEMARNAT de acuerdo al nivel que corresponde para evitar alguna sanción por incumplimiento de la normatividad, lo primero que debemos conocer al tratar de realizar un estudio de riesgo es el proceso que se realiza, por lo cual se presenta una breve descripción.

La planta cuenta con un diseño de ingeniería, ingeniería de detalle, especificaciones, normatividad tanto nacional como internacional que le permiten contar con una ingeniería de seguridad; lo cual minimiza condiciones de riesgo derivadas por las instalaciones.

III.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA PLANTA HIDRODESULFURADORA DE DESTILADOS INTERMEDIOS.

La Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios, tiene como objetivo principal, eliminar el azufre por medio de la hidrogenación catalítica, de los hidrocarburos provenientes de los cortes primarios los cuales contienen un promedio de 12,000 ppm de azufre.

El proceso de Hidrodesulfuración se puede dividir en dos secciones principales: Sección de Reacción y sección de Agotamiento y Fraccionamiento.

Sección de Reacción.

La carga proviene del límite de batería (L.B.) pasa previamente por el filtro de carga (FG-701/R), para ser llevada a el tanque de carga (FA-701), posteriormente se mezcla con las corrientes del hidrógeno provenientes del compresor de recirculación (GB-701) y del hidrógeno de reposición proveniente de la planta reformadora para ser enviada hacia los precalentadores de carga del reactor (EA-701 A-H).

En los precalentadores (EA-701 A-H) se intercambia calor entre la carga y los efluentes del reactor (DC-701), la mezcla pasa al calentador del reactor (BA-701) con el objeto de alcanzar la temperatura requerida para que la reacción se efectúe en el reactor catalítico de lecho fijo (DC-701).



La mezcla parcialmente vaporizada se dirige hacia el reactor (DC-701) para que se efectúen las reacciones de hidrogenación correspondientes, la reacción con carga de nafta pesada es prácticamente isotérmica, mientras que para el caso de gasóleos la elevación de la temperatura es del orden de 13 °C.

El efluente del reactor se enfría parcialmente al intercambiar calor con la carga en el precalentador de carga al reactor (EA-701), y posteriormente pasa al enfriador de efluente del reactor (EA-702 A-B). En dicho equipo la corriente se enfría para poder pasar al tanque separador de alta presión (FA-704), en el cual se efectúa la separación de la fase gaseosa y la fase líquida formada en la condensación. Enviando la fase gaseosa al tanque de succión del compresor (FA-702) con el objeto de eliminar las partículas de líquido que pudieran haber sido arrastradas en la corriente. Posteriormente dicha corriente constituida por H₂ al 68 % se envía como recirculación por medio del compresor (GB-701) y se une con el hidrógeno de reposición proveniente de la planta reformadora, mezclándose con la corriente de la carga para mantener la relación requerida H₂/HC's, mientras que el líquido se envía como carga a la torre agotadora (DA-702).

Sección de agotamiento

Dentro de esta sección se tiene el objetivo de eliminar los gases incondensables (gas amargo) e hidrocarburos ligeros mediante el uso de vapor de agotamiento y, mediante un fraccionamiento adicional, para obtener compuestos de turbosina y diesel nacional.

La corriente líquida proveniente del tanque separador de alta presión (FA-704) se precalienta al intercambiar calor con los fondos de la torre fraccionadora en el precalentador de carga a la torre agotadora (EA-706 A-D) hasta alcanzar la temperatura adecuada, una vez calentado el líquido se envía como carga a la torre agotadora (DA-702). Donde mediante agotamiento con vapor de media presión (17.6 kg/cm₂ y 310 °C), se separan los gases incondensables e hidrocarburos ligeros de los hidrocarburos pesados.



Por el domo de la torre sale la fase gaseosa, la cual se condensa parcialmente al pasar a través del condensador de la torre agotadora (EA-703 A-B), la separación se realiza en el acumulador de la torre (FA-705). La fase gaseosa constituida principalmente por gas amargo, previo enfriamiento en el enfriador de gas amargo (EA-708) se envía a la planta de tratamiento de gases. El condensado separado en el acumulador de la torre esta constituido por agua e hidrocarburos ligeros; eliminándose el primero en la bota del acumulador y el líquido formado por los hidrocarburos ligeros se une con la corriente que sale de los fondos de la torre agotadora y se envía como carga al plato No. 1 de la torre fraccionadora (DA-701).

La carga se precalienta con la corriente de los fondos de la torre fraccionadora en el precalentador de carga a la fraccionadora (EA-704 A-F), en dicha torre se efectúa la separación de los hidrocarburos ligeros de los más pesados que saldrán como productos. Los ligeros se condensan parcialmente en el condensador de la torre fraccionadora (EA-705 A-B).

El condensado y el gas se separan en el acumulador de la torre fraccionadora (FA-706). La corriente gaseosa constituida por gas amargo se envía a desfogue, debido a su baja presión (20 psig). La corriente líquida se bifurca: parte se recircula hacia la torre misma y la otra se envía a la planta Hidrodesulfuradora de Naftas.

El fondo de la torre se divide en dos corrientes una pasa a través del calentador de la torre fraccionadora (DA-702) para suministrar el calor necesario para la operación de la torre y la otra corriente se enfría al intercambiar calor con los fondos de la torre agotadora, con el efluente del tanque separador de alta presión y finalmente con agua, por último se envía a L.B. como producto ya sea Turbosina o Diesel Nacional.



III.3 REACCIONES DE HIDRODESULFURACIÓN.

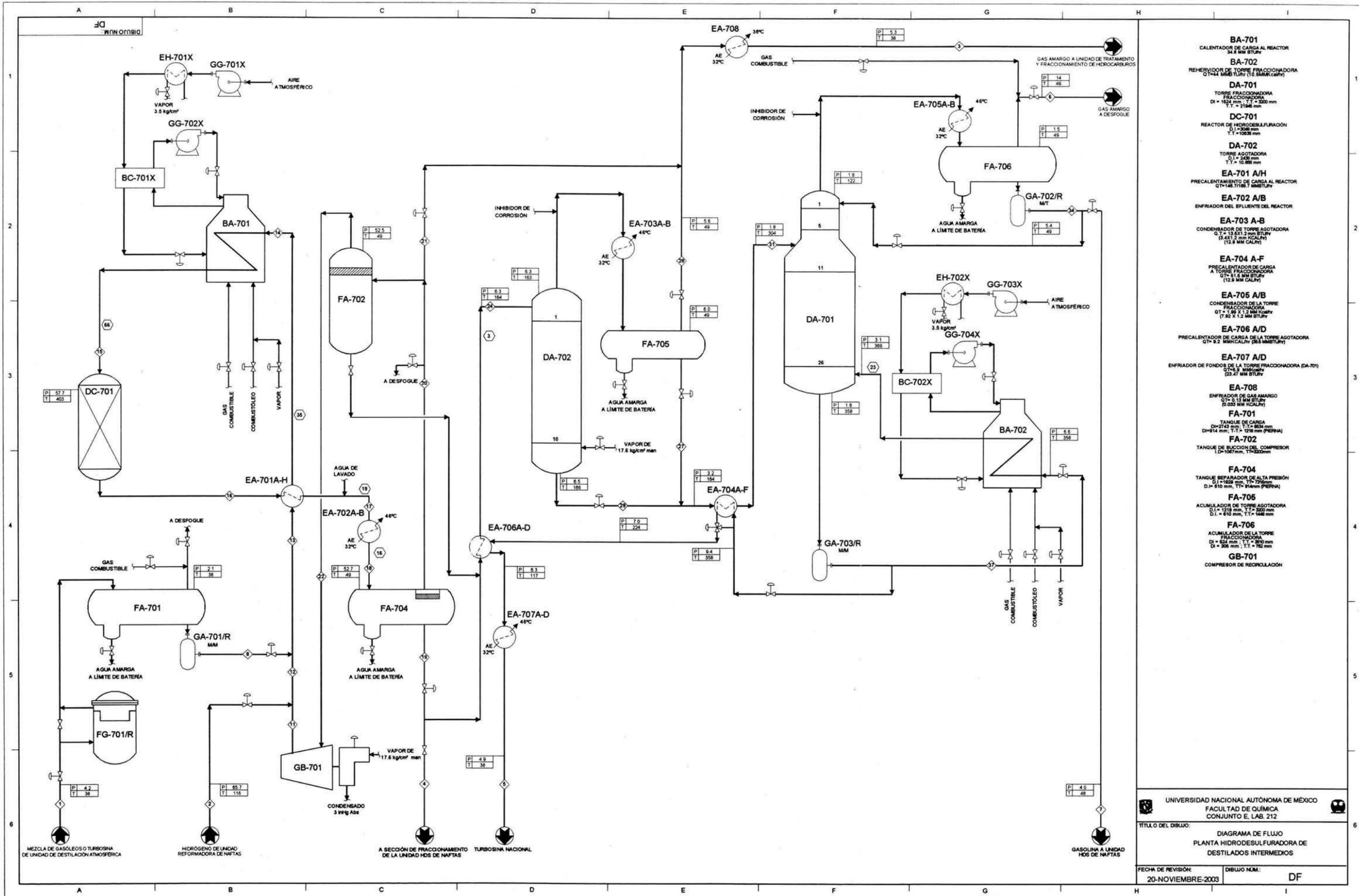
Debido a que el diesel contiene cantidades variables de compuestos contaminantes, que si no son eliminados, reducirán la actividad del catalizador reformador, y no será posible lograr el grado de mejoramiento adecuado para la carga a esta unidad.

Las reacciones de hidrodesulfuración esencialmente para esta planta son la hidrogenación selectiva de los compuestos de azufre presentes en la carga, a continuación se ilustra la forma en que son descompuestos los contaminantes.

El azufre se encuentra presente en la alimentación especialmente en forma de mercaptanos, sulfuros, disulfuros, polisulfuros y tiofenos. Los primeros componentes son los que prevalecen en el diesel aunque son fácilmente convertidos en ácido sulfhídrico.



Actualmente se reducen gradualmente los niveles de azufre, hasta llegar en la actualidad a un contenido máximo de 0.5 por ciento para el Pemex Diesel, este último con un contenido de aromáticos del 30 por ciento y con un índice de cetano desde 52 hasta 55.



- BA-701**
CALENTADOR DE CARGA AL REACTOR
34.6 MM BTU/hr
- BA-702**
REHEVILADOR DE TORRE FRACCIONADORA
Q.T. = 14.4 MM BTU/hr (10.8 MMKcal/hr)
- DA-701**
TORRE FRACCIONADORA
FRACCIONADORA
D.I. = 1524 mm, T.T. = 500 mm
T.T. = 21946 mm
- DC-701**
REACTOR DE HIDRODESULFURACION
D.I. = 3048 mm
T.T. = 10636 mm
- DA-702**
TORRE AGOTADORA
D.I. = 2439 mm
T.T. = 10.586 mm
- EA-701 A/H**
PRECALENTAMIENTO DE CARGA AL REACTOR
Q.T. = 146.77198.7 MM BTU/hr
- EA-702 A/B**
ENFRIADOR DEL EFLENTE DEL REACTOR
- EA-703 A-B**
CONDENSADOR DE TORRE AGOTADORA
Q.T. = 13.6X1.2 MM BTU/hr
(12.9 MM KCAL/hr)
(12.9 MM CAL/hr)
- EA-704 A-F**
PRECALENTADOR DE CARGA
A TORRE FRACCIONADORA
Q.T. = 51.6 MM BTU/hr
(12.9 MM CAL/hr)
- EA-705 A/B**
CONDENSADOR DE LA TORRE
FRACCIONADORA
Q.T. = 96.2 X 1.2 MM BTU/hr
(7.92 X 1.2 MM BTU/hr)
- EA-706 A/D**
PRECALENTADOR DE CARGA DE LA TORRE AGOTADORA
Q.T. = 9.2 MMKCAL/hr (26.5 MM BTU/hr)
- EA-707 A/D**
ENFRIADOR DE FONDOS DE LA TORRE FRACCIONADORA (DA-701)
Q.T. = 6.9 MMKcal/hr
(23.47 MM BTU/hr)
- EA-708**
ENFRIADOR DE GAS AMARGO
Q.T. = 0.13 MM BTU/hr
(0.033 MM KCAL/hr)
- FA-701**
TANQUE DE CARGA
D.I. = 2743 mm, T.T. = 8534 mm
D.I. = 914 mm, T.T. = 1218 mm (PIERNA)
- FA-702**
TANQUE DE SUCCION DEL COMPRESOR
D.I. = 1067 mm, T.T. = 3200 mm
- FA-704**
TANQUE SEPARADOR DE ALTA PRESION
D.I. = 1829 mm, T.T. = 7316 mm
D.I. = 610 mm, T.T. = 84 mm (PIERNA)
- FA-705**
ACUMULADOR DE TORRE AGOTADORA
D.I. = 1213 mm, T.T. = 250 mm
D.I. = 610 mm, T.T. = 1488 mm
- FA-706**
ACUMULADOR DE LA TORRE
FRACCIONADORA
D.I. = 824 mm, T.T. = 3910 mm
D.I. = 305 mm, T.T. = 782 mm
- GB-701**
COMPRESOR DE RECIRCULACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
CONJUNTO E, LAB. 212

TÍTULO DEL DIBUJO:
DIAGRAMA DE FLUJO
PLANTA HIDRODESULFURADORA DE
DESTILADOS INTERMEDIOS

FECHA DE REVISIÓN: 20-NOVIEMBRE-2003
DIBUJO N.º: DF



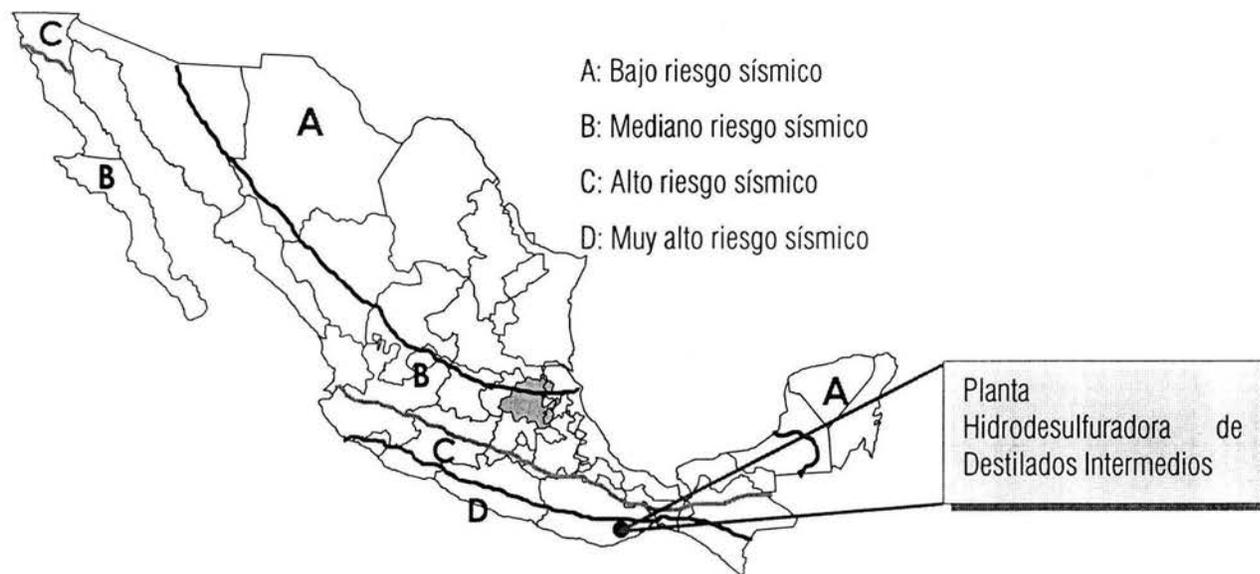
III.4 EVALUACIÓN DE ACUERDO A LOS FACTORES EXTERNOS.

Se analizaron en forma general los agentes externos a la instalación, los cuales engloban factores que pueden producir un accidente y en los cuales no se puede intervenir para prevenirlo o evitarlo. Este concepto, involucra a todos los fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, granizadas, tormentas tropicales o tormentas eléctricas; golpes o fracturas ocasionadas por maquinaria y/o equipo pesado al gasoducto; corrimientos de tierra y eventos de sabotaje, entre otros.

La infraestructura de la planta, se encuentra instalada en una zona de alto riesgo sísmico (ver figura III.1). Para evaluar se analizaron los manuales de diseño y operación de la planta en la cual observamos que se le dotó con los requerimientos necesarios de acuerdo a norma para no presentar riesgos por deslizamientos y derrumbes.

De acuerdo a las condiciones climatológicas de la región, los efectos meteorológicos adversos no representan un factor de riesgo para la operación y mantenimiento de la planta.

Figura III.1. Mapa de Regionalización Sísmica de la Republica Mexicana.⁽²³⁾





III.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA HAZOP.

La primera etapa en la identificación de riesgos consiste en:

- ✓ Recopilación de información (de acuerdo a lo descrito en el capítulo anterior sección II.1.8).
- ✓ Actualización de los diagramas (descrito en el capítulo anterior sección II.1.8).
- ✓ Selección de los circuitos a estudiar
- ✓ Selección de los nodos
- ✓ Asegurar un medio para registrar lo dicho en las sesiones

El éxito de un estudio HazOp depende de la exactitud y extensión de la información disponible. Al desarrollar el estudio puede surgir la necesidad de revisar los procedimientos de operación desde un punto de vista crítico en vez de usarlos sólo como documentos de apoyo.

Para iniciar con la identificación de riesgos de las operaciones de la planta se formó un equipo multidisciplinario con personal de la planta, los integrantes que lo conformaron son:

Facilitador o líder

La característica principal como ya se había mencionado en el capítulo anterior debe tener experiencia en la aplicación de la técnica, ya que su función es mediar discusiones y estimular la generación de ideas.

Ingeniero de proceso, Operador de la planta, Ingeniero de Instrumentos, Ingeniero Eléctrico, Ingeniero de Seguridad

Todos ellos con conocimiento en la operación de la planta, así como en el manejo de todas las variables que están presentes en el proceso.

Secretario

Su función es recabar la información discutida durante las sesiones en un formato adecuado que permita la visualización de cada una de las desviaciones discutidas conteniendo como información principal la causa, consecuencias, protecciones y recomendaciones, así como también el grado de riesgo.



Es importante mantener el número de personas limitado de 5 a 7 integrantes para asegurar que todos puedan participar. Es deseable que cada uno de los participantes se comprometa a asistir a todas las sesiones del análisis. La asistencia ocasional de personas suplentes a menudo no resulta adecuada. El firme compromiso por parte de los departamentos involucrados para la asignación de tiempo es necesario para el adecuado desempeño del estudio.

Debido a la extensión de la planta fue necesario dividir ésta en circuitos y a su vez en nodos, delimitados para una mejor comprensión de la intención de diseño. Un nodo debe ser lo suficientemente grande para ser significativo. Antes de empezar a tratar un nuevo nodo, es conveniente hacer un resumen de la función o etapa del proceso, junto con sus variables de operación normales, para asegurar que todos los integrantes tienen el conocimiento básico de la intención de diseño.

Una vez conformado el equipo se dividió la planta en circuitos para su mejor estudio los cuales son:

- ✓ Recibo de carga líquida.
- ✓ Pre calentamiento y reacción.
- ✓ Compresión.
- ✓ Agotamiento.
- ✓ Estabilización.

Una vez determinados los circuitos se procede a dividir en nodos, el análisis realizado por la UNAM-Facultad de Química es detallado y por ello demasiado extenso, uno de los objetivos primordiales de esta tesis es presentar la importancia de la implementación de los análisis de riesgos y con el fin de ser breve para poder cumplir el objetivo solo se mostrará una parte del análisis la cual es la referente al circuito de "compresión", en la tabla 19 se presenta el nodo analizado para dicho circuito con la metodología HazOp, el diagrama correspondiente se encuentran en el anexo C, el circuito de compresión se eligió debido a que al compresor se le realizó el análisis de árbol de fallas, y el análisis de consecuencia.



Tabla 19. Nodos o Modificaciones Analizados con la Metodología HazOp.

Nodo.	Descripción.	Diagrama(s).
1.	Tanque de succión FA-702, compresor de recirculación GB-701 y retorno de hidrógeno de recirculación a EA-701 A/H.	DTI-01 DTI-02

Los pasos a seguir durante el estudio pueden resumirse como sigue:

a) Búsqueda de problemas potenciales

- 1) Desviación
- 2) Causa (¿Qué lo origina?)
- 3) Consecuencias

b) Evaluación semi-cuantitativa dada por la frecuencia y la gravedad de ocurrencia de las consecuencias.

Las desviaciones encontradas en el circuito de compresión son:

- ✓ Alto nivel en el tanque de succión FA-702.
- ✓ Baja presión de descarga del compresor GB-701
- ✓ Bajo flujo de succión del compresor GB-701
- ✓ Alta temperatura de descarga del compresor GB-701

Cada una de estas desviaciones se analizaron con la ayuda de las palabras guía antes mencionadas. A continuación se muestra un ejemplo del trabajo realizado, el registro de las consecuencias, y protecciones con que se cuenta.



Ejemplo del uso de la metodología. Analizando la primera desviación la cual es alto nivel en el tanque de succión FA-702.

En el diagrama DTI-02 presentado en el anexo C tenemos el circuito de compresión donde se encuentra el tanque de succión FA-702, la función de este tanque es evitar que lleguen líquidos al compresor GB-701, una vez que ya ubicamos dentro del plano nuestro equipo y sabemos cual es su función, analizamos la causa que es:

- ✓ Falla del control de nivel del FA-704 (alto nivel)

Las consecuencias que esto ocasionaría serian:

- ✓ Daños de los internos del compresor GB-701
- ✓ Compresor GB-701 en surge
- ✓ Paro de la planta

Todo esto es introducido en una hoja de datos y se asigna una frecuencia (F) (tabla 18 capítulo II), la cual esta asociada a las causas y la gravedad (G) (tabla 19 capítulo II) a las consecuencias, con ello obtenemos un índice de riesgo (IR), en el cual no se consideran las protecciones dándonos como resultado $IR=1$, posteriormente registramos las protecciones que son:

- ✓ Alarma por alto nivel en el tanque FA-702.
- ✓ Disparo del compresor GB-701 por alto nivel en el FA-702.
- ✓ Recorridos Operacionales y aplicación de Técnica VOTO.
- ✓ Disparo del compresor GB-701 por alta vibración, desplazamiento y alta temperatura en la descarga.
- ✓ Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos.



- ✓ Programa de simulacros operacionales.
- ✓ Interlock de disparo del calentador BA-701 por bajo flujo de hidrógeno de recirculación.
- ✓ Procedimiento de paro de planta.

Y obtenemos el índice que es 3, con ello, se evalúo de acuerdo a la matriz de riesgos (presentada en el capítulo II.2.2) para determinar su clasificación y con ello emitir las recomendaciones necesarias si es su caso, de esta manera evaluamos todas las desviaciones, y obtenemos una lista de recomendaciones, presentadas en este capítulo sección III.8, las hojas de registro se presentan en el anexo A de esta tesis.

III.6 UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS (FTA).

Para seleccionar el escenario para realizar el análisis de árbol de fallas, se revisó el análisis histórico de accidentes de la planta, de acuerdo al estudio de análisis HazOp, y quedando de común acuerdo con el personal técnico operativo se seleccionó el escenario:

- ✓ Paro del compresor GB-701.

El escenario descrito, es con la finalidad de mostrar la sucesión de causas que desencadenarían al evento culminante de un incendio o de alguna intoxicación del personal. De acuerdo al registro de incidentes de la planta, este evento se ha presentado, y por el impacto de las consecuencias que origina es necesario realizar medidas correctivas para minimizar la probabilidad de ocurrencia. En la tabla 20 se describe el escenario.



Tabla 20. Descripción del Escenario para el Análisis Árbol de Fallas.

Escenario de Accidente	Causa / Fundamento	Consecuencias
Paro del compresor GB-701.	Puede suscitarse el evento de paro del compresor por fallas mecánicas, movimientos operacionales inadecuados, falla de los dispositivos de protección (actuadores) o falla de los servicios auxiliares suministrados para la operación del compresor.	Incumplimiento al programa de producción, paro de una sección de la planta o de la planta dependiendo del tiempo de respuesta a la emergencia, riesgos a la salud del personal de operación de la planta.

Un árbol de fallas como ya lo describimos en el capítulo II es una representación lógica de las secuencias de acontecimientos que pueden llevar a un evento no deseado arbitrariamente elegido conocido como suceso culminante o evento tope, es una técnica cuantitativa de riesgos que nos proporciona la probabilidad ó la frecuencia. Cuando todas las secuencias razonables se han identificado y el árbol esta bien construido, el análisis FTA es posiblemente la herramienta más poderosa para la cuantificación de riesgos.

Los errores en la construcción y aplicación del árbol de fallas son de tipo cualitativo, surgen comúnmente por las siguientes causas:

- ✓ El sistema al que se aplica el análisis no se comprende bien por parte de los analistas. Esto produce frecuentemente omisiones en secuencias de sucesos importantes o construcción de secuencias erróneas.
- ✓ Se producen errores lógicos en la descripción de las fallas del sistema, obteniéndose evaluaciones cuantitativas incorrectas.
- ✓ Los fenómenos de fallas por causa común no se comprenden bien o se tienen en cuenta incorrectamente.



Durante el empleo del análisis FTA se distinguen 3 tipos de fallas de equipo:

- ✓ Fallas primarias ocurren cuando el equipo opera dentro de las condiciones para las que fue diseñado.
- ✓ Fallas secundarias se producen en condiciones para las que el equipo no fue diseñado; la falla no es atribuible al equipo sino a las perturbaciones excesivas en las condiciones de diseño.
- ✓ Fallas de control son aquellas donde el equipo cumple su función, pero en un tiempo equivocado o en una localización distinta a la esperada. La falla tampoco es atribuible al equipo, sino a la señal que recibe.

En un árbol de fallas normalmente las fallas primarias están en los extremos de las ramas, mientras las fallas secundarias y de control son eventos intermedios unidos a los anteriores y entre sí mediante puertas lógicas.

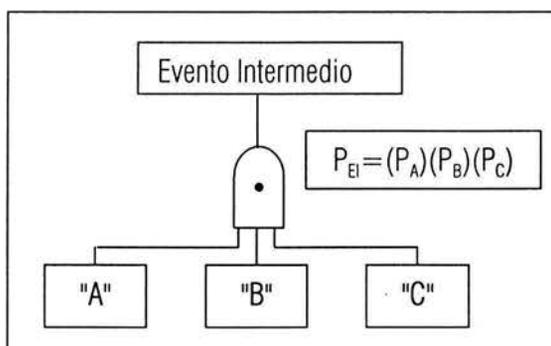


Figura III.2. Cálculo de Probabilidades de la Puerta Y.

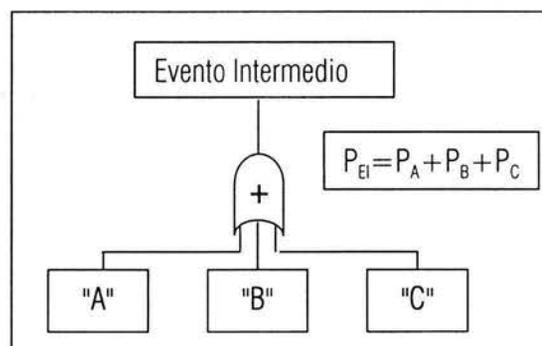


Figura III.3. Cálculo de Probabilidades de la Puerta O.



III.6.1 ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS POR EL MÉTODO DE CONJUNTOS MÍNIMOS.

El árbol de fallas consiste en varios niveles de sucesos, conectados por puertas Y o puertas O. Las citadas conexiones lógicas suelen representarse utilizando el álgebra de Boole. Las reglas utilizadas se muestran en la tabla 21

Tabla 21. Reglas Booleanas de Uso Frecuente en el Análisis de Árbol de Fallas.

Regla	Forma matemática
Conmutativa:	$A*B = B*A$ $A+B=B+A$
Asociativa:	$A*(B*C)=(A*B)*C$ $A+(B+C)=(A+B)+C$
Distributiva:	$A*(B+C)=A*B+A*C$ $A+(B*C)=(A+B)*(A+C)$
Identidad	$A*A=A$ $A+A=A$
De la Absorción:	$A*(A+B)=A$ $A+(A*B)=A$

Se emplea entonces para el árbol de fallas la técnica conocida como análisis de conjuntos mínimos (Minimal Cut Set Analysis) la cual consiste de una técnica matemática para manipular la estructura lógica del árbol de fallas e identificar así todas las combinaciones de eventos básicos, los cuales inciden en el evento culminante, mediante el uso de las reglas algebraicas del álgebra booleana así la estructura lógica del árbol de fallas original es matemática y lógicamente equivalente a la estructura original solo que con una estructura mínima de conjuntos. El proceso de transformación abarca cualquier evento singular que aparezca repetidamente (fallas de causa común) en varias ramas o niveles del árbol, para reducirlo al mínimo.



El procedimiento consiste en ordenar la estructura del árbol de fallas de forma que podamos expresarla en términos de ecuaciones algebraicas booleanas, así el álgebra booleana es usada para reducir las ecuaciones, la reducción implica la introducción de los elementos inmediatamente relacionados con el evento que se está describiendo en la ecuación algebraica así entonces, la ecuación final va a quedar en términos de eventos básicos que serán posteriormente reestructurados en un nuevo árbol (árbol reducido), solo que este es equivalente al primero matemáticamente.

Ya obtenido el árbol por medio de los conjuntos mínimos, podemos calcular la frecuencia de ocurrencia del evento culminante, las herramientas usadas para ello son las siguientes:

Teoría de Conjuntos.

Compuerta "O" $P(A) \text{ o } P(B) = P(A) + P(B) - P(A) * P(B)$

Compuerta "Y" $P(A) \text{ y } P(B) = P(A) * P(B)$

Cálculo de la Probabilidad.

$$P = 1 - e^{-ft}$$

Donde: f = eventos/año; t = años

Una parte importante del análisis FTA es la identificación de las agrupaciones de sucesos que pueden dar origen al evento culminante. Estas agrupaciones se denominan conjuntos de corte (cut sets). Estos conjuntos, generalmente son susceptibles de simplificarse a un conjunto equivalente con un número menor de elementos denominados conjuntos mínimos (minimal cut sets).

El resultado final de un análisis de árbol de fallas es un valor de la probabilidad o frecuencia para el evento culminante. Este dato se combina con las estimaciones de consecuencias obteniéndose un valor para la EMP (Esperanza Matemática de Pérdidas).



La EMP es el indicador que permite establecer la comparación entre el nivel de riesgo entre accidentes potenciales diversos.

Cuando se habla de error humano como causa de un accidente suele entenderse que la falla tiene que ver con una acción errónea directamente relacionada con el accidente.

III.6.2 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 asignan probabilidades para el cálculo de la probabilidad del evento culminante. La tabla 22 muestra los diagramas representativos de cada uno de los árboles de fallas descritos anteriormente, estos diagramas se presentan en el Anexo B.

Tabla 22. Relación de Diagramas de Árbol de Fallas.

Diagrama	Nombre
AF-001 1 de 2	Análisis de Árbol de Fallas. Paro del compresor GB-701.
AF-001 2 de 2	Análisis de Árbol de Fallas. Paro del compresor GB-701.

Referirse al diagrama arriba señalado para ver la secuencia de eventos que desencadenan al evento culminante para el caso de estudio.

III.6.3 CÁLCULO DEL ÁRBOL DE FALLAS, CON LA TÉCNICA DE CONJUNTOS MÍNIMOS.

Para saber cual es la probabilidad de ocurrencia de dicho evento utilizamos los valores ya registrados en la literatura como los presentados en la tabla 10 del capítulo II. Se asigna la probabilidad a cada evento para posteriormente determinar la probabilidad del evento culminante el cual es el paro del compresor.



De nuestro árbol de fallas realizado podemos observar que para que ocurra el evento culminante tenemos 7 eventos intermedios principales de los cuales se analizan y se desprenden eventos básicos, intermedios, no deseados etc., para el cálculo se asignó la letra "M" a los eventos intermedios y la letra "B" a los eventos básicos y a los no deseados, y al evento culminante la letra "T".

De acuerdo a la teoría de conjuntos los eventos cuya compuerta sea "o" se sumaran (eventos que pueden ocurrir sin necesidad de que ocurra otro) los eventos cuya compuerta sea "y" se multiplicaran (eventos los cuales dependen de algo más para poder ocurrir), para llegar al cálculo del evento culminante se sumará la probabilidad de los eventos intermedios principales los cuales se describen en la tabla 23.

La suma de los eventos intermedios principales nos dará como resultado la probabilidad del evento culminante.

$$T = M1 + M2 + M3 + M4 + M5 + M6 + M7$$

Tabla 23. Eventos Intermedios Principales.

Evento intermedio	Descripción
M1	Acoplamiento involuntario del disparo manual del compresor GB-701.
M2	Compresor en su límite de "surge".
M3	Falla del sistema de lubricación.
M4	Fallas inesperadas.
M5	Falla mecánica del compresor.
M6	Alto nivel en el separador FA-702.
M7	Falla de la turbina del compresor GB-701.



Siendo para el evento denominado como M1 tenemos:

$$M1 = M8 + B1 \quad \text{siendo}$$

$$M8 = B8 + B9 + B10 \quad \text{de modo que}$$

$$M1 = B8 + B9 + B10 + B1$$

De esta manera podemos seguir calculando las probabilidades de los demás eventos principales (tabla 24) para poder obtener el resultado del evento culminante, los resultados del evento culminante se muestran en la sección III.8 de este capítulo.

Tabla 24. Eventos Intermedios Principales con sus Probabilidades.

Evento básico	Probabilidad
B.1 Acoplamiento involuntario del disparo manual del GB-701.	4.0000 E-7
B.2 Compresor en su límite de surge.	1.0300 E-3
B.3 Falla del sistema de lubricación	8.0500 E-5
B.4 Fallas inesperadas	4.0000 E-7
B.5 Falla mecánica del compresor	1.0009 E-3
B.6 Alto nivel en el separador FA-702	1.7500 E-2
B.7 Falla de la turbina del compresor GB-701.	8.9700 E-2

III.7 UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.

Actualmente existen muchos modelos utilizados para el análisis de consecuencias. Especialmente son de gran utilidad aquellos programas que proporcionan en forma conjunta los modelos del análisis de consecuencias, las propiedades físico-químicas y la información de toxicidad necesaria para tales evaluaciones.



Ejemplo de estos últimos son el PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools) elaborado por DNV Technica y SuperChems de Arthur D. Little Inc. compañía consultora especializada en aspectos de seguridad. Estas herramientas son las más comúnmente utilizadas tanto por agencias gubernamentales como por las compañías petroleras y químicas más grandes en su ramo.

III.7.1 EVALUACIÓN DE EFECTOS DE INCENDIO, EXPLOSIÓN EN UNA PLANTA HIDRODESULFURADORA DE DESTILADOS INTERMEDIO.

Los escenarios seleccionados en una evaluación de análisis de consecuencias es de acuerdo a la importancia, capacidad o inflamabilidad de las sustancias que se manejan en el equipo y conforme al estudio de los incidentes ocurridos dentro la planta, con la finalidad de mostrar los daños que pueden ocasionarse por eventos de esta naturaleza, en el estudio realizado por la UNAM-Facultad de química en la planta Hidrodesulfuradora de destilados intermedios se analizaron cuatro escenarios, con el fin de continuar con el ejemplo al principio de este capítulo se presenta el escenario de Fuga por los sellos del compresor GB-701, el cual es hipotético.

III.7.2 DESCRIPCIÓN Y CONSECUENCIAS DEL ESCENARIO.

La descripción y las consecuencias del Escenario Analizado en la Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios, se presentan en la tabla 25.

Tabla 25. Escenario analizado.

Tipo de Escenario	Causa y Fundamento	Consecuencias		
		RT	OP	T
1. Fuga por los sellos del compresor GB-701	La fuga se podría presentar por sobrecalentamiento del compresor, por falla del circuito interno de agua de enfriamiento, por daños o termino de la vida útil de los sellos del compresor.	×	×	

RT: Radiación Térmica

OP: Onda de Presión

T: Dispersión de sustancia tóxica.



III.7.3 CONSIDERACIONES PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.

Para la elección del escenario crítico se revisó:

- ✓ Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología HazOp.
- ✓ Las estadísticas de incidentes y accidentes de la Planta.
- ✓ Escenarios con condiciones de operación severas, de acuerdo con el criterio establecido por el personal de la planta.

Una vez seleccionado el equipo en la que se podría producir un accidente se recopilaron los siguientes datos:

La composición de la mezcla ó producto que se está manejando en el punto en el que se van a estimar las consecuencias y las condiciones de operación en ese punto (especialmente temperatura y presión).

III.7.4 CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN.

1. Adicionalmente, para realizar las simulaciones en el software PHAST 6.0. 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 del proceso.
 - b. Las condiciones de presión y temperatura se tomaron de los diagramas de flujo de proceso de cada equipo y/o del Sistema de Control Distribuido (SCD).



- c. Se contempló un tiempo de duración de la fuga de 10 minutos, 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. Se consideró una temperatura ambiental media del área de 27° C y una humedad relativa media anual de 78%.
 - e. Los radios que se presentan en caso de un evento de antorcha o chorro de fuego, se determinaron a partir de la evaluación de diferentes flujos térmicos y de los diferentes niveles de sobre presión los cuales se indican más adelante.
2. Se consideran tres condiciones ambientales para el análisis:
 - a. 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);
 - b. En la segunda se utilizó la velocidad del viento promedio de la región de 2.77 m/s, con estabilidad ambiental clase A por ser las características promedio del sitio más favorables para generar eventos de riesgo.
 - c. Como tercera condición se utilizó la velocidad de 4.0 m/s con estabilidad ambiental clase D, por ser las características promedio menos favorables para generar eventos de riesgo.
 3. Para el análisis se utilizan los parámetros descritos en la tabla 26, donde se presentan los niveles de radiación para determinar las zonas de afectación.
 4. Para el análisis se utilizan los parámetros descritos en la tabla 27, donde se observan los niveles de sobrepresión para determinar las zonas de afectación.
-

Tabla 26. Niveles de Radiación. ^(3,9)

Radiación	Descripción
1.4 kW/m ² (443 BTU/h/ft ²)	Es el flujo térmico equivalente al del sol en verano y al medio día. Este límite se considera como zona de amortiguamiento .
5.0 kW/m ² (1 585 BTU/h/ft ²)	Nivel de radiación térmica suficiente para causar daños al personal si no se protege adecuadamente en 20 segundos, sufriendo quemaduras hasta de 2° grado sin la protección adecuada. Esta radiación será considerada como límite de zona de alto riesgo .
12.5 kW/m ² (3 963 BTU/h/ft ²)	Es la energía mínima requerida para la ignición pilotada de la madera y fundición de tubería de plástico. Con 1% de letalidad en 1 minuto. Esta radiación se considerará para el personal y las instalaciones como zona de muy alto riesgo .

Tabla 27. Niveles de Sobrepresión. ^(3,9)

Presión	Descripción
0.5 lb/pulg ² (0.034 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 del 95% de que no ocurran daños serios. Esta área se considerará como límite de la zona de amortiguamiento .
1 lb/pulg ² (0.068 bar)	Es la presión en la que se presenta destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios; provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles. De 0.5 a 1 lb/pulg ² se considerará como la zona de alto riesgo .
2 lb/pulg ² (0.136 bar)	A esta presión se presenta el colapso parcial de techos y paredes de casas. De 1 a 2 lb/pulg ² se considera como la zona de muy alto riesgo .



III.7.5 DATOS REQUERIDOS PARA LA FUGA POR LOS SELLOS DEL COMPRESOR GB-701.

En la tabla 28 se describen los datos requeridos para la simulación de la fuga por los sellos del compresor.

Tabla 28. Datos Iniciales.

Escenario	Datos Iniciales													
	Parámetros de Operación	Composición de las Mezclas												
1. Fuga por los sellos del compresor GB-701.	Inventario = 2500 Kg $T_s = 74.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $P_s = 49.9\text{ Kg/cm}^2$ Diámetro del orificio = 12.7mm Elevación = 0.5 m	Gas Hidrógeno (comp. principales) En base mol:												
		<table><thead><tr><th>Componente</th><th>% mol</th></tr></thead><tbody><tr><td>H₂</td><td>86.0</td></tr><tr><td>C₁</td><td>5.8</td></tr><tr><td>C₂</td><td>3.5</td></tr><tr><td>C₃</td><td>1.2</td></tr><tr><td>IC₄</td><td>0.6</td></tr><tr><td>NC₄</td><td>0.3</td></tr></tbody></table>	Componente	% mol	H ₂	86.0	C ₁	5.8	C ₂	3.5	C ₃	1.2	IC ₄	0.6
Componente	% mol													
H ₂	86.0													
C ₁	5.8													
C ₂	3.5													
C ₃	1.2													
IC ₄	0.6													
NC ₄	0.3													

III.8 RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.

De las técnicas utilizadas se desprenden los siguientes resultados y recomendaciones:

III.8.1 RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS HAZOP.

Las recomendaciones emanadas del análisis HazOp, se presentan a en la tabla 29.

Tabla 29. Recomendaciones emanadas del análisis HazOp para el circuito de compresión.

Medida No.	Síntesis Descriptiva	Grado de Riesgo
1	Realizar estudio técnico para instalar sistema de lubricación por niebla a todo el equipo dinámico de la U700-2, a excepción del compresor GB-701.	C
2	Solicitar modernización del sistema de medición de vibración radial y desplazamiento axial del compresor GB-701.	C
3	Realizar un estudio técnico para instalar un sistema cerrado de recolección de purgas.	C



III.8.2 RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS.

Los resultados y recomendaciones para el árbol de fallas para el escenario "Paro del compresor GB-701", se muestra a continuación. Se tiene una probabilidad de 2.66×10^{-1} y una frecuencia de 2.7×10^{-1} al año. Si se expresa la frecuencia de este evento en un lapso de tiempo, se presentaría 0.27 fallas por año.

Tabla 30. Probabilidad y Frecuencia para el escenario "Paro del compresor GB-701".

Escenario	Probabilidad y Frecuencia	Recomendaciones
Paro del compresor GB-701.	Probabilidad: 2.66×10^{-1} Frecuencia: 2.7×10^{-1} (0.27 fallas por año)	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar el estado y la calidad de los servicios auxiliares así como realizar el diagnóstico operacional del compresor de la planta, cuando menos una vez por semana.2. Suministrar las refacciones originales a tiempo y en cantidad suficiente del compresor, para realizar las reparaciones o mantenimientos programados sin contratiempos.3. Instalar detector de mezclas explosivas en la cercanía del compresor GB-701.4. Rotular en campo los TAG's de los instrumentos y equipos del compresor.



III.8.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los escenarios anteriormente descritos. Los radios de afectación más importantes (más probables debido a las condiciones ambientales de la planta) son presentados en la tabla 31 y 33 con las condiciones de 2.77 m/s, D.

III.8.3.1 FUGA POR LA DESCARGA DEL COMPRESOR GB-701.

La fuga por la descarga del compresor GB-701 se presenta con un flujo de 4.17 Kg/s, esta fuga es ocasionada por la presencia de un orificio de ½" de diámetro. Considerando un tiempo máximo promedio de control de 600 s se espera que ocurran los siguientes eventos, como eventos máximos probables, dardo de fuego (Jet Fire)/fuego instantáneo (Flash FIRE,) e ignición tardía, como evento máximo catastrófico, con efectos de sobrepresión con los radios de afectación presentados en la tabla 31.

Tabla 31. Dardo de Fuego.

Nivel de radiación		<i>Dardo de Fuego (Jet Fire)</i>		
		1.4 kw/m ²	5 kw/m ²	12.5 kw/m ²
		Amortiguamiento	Alto riesgo	Muy alto riesgo
		Distancia (m)	Distancia (m)	Distancia (m)
Categorías	1.5 m/s, F	79.17	61.01	53.02
	2.77 m/s, D	73.76	55.56	47.58
	4.0 m/s C	70.72	52.40	44.37

Nota: Los radios de afectación más importantes de esta tabla se muestran en el diagrama AC-01.



Tabla 32. Fuego Instantáneo.

Concentración(ppm)	Tiempo promedio	Distancia (m)		
		Categoría 1.5/F	Categoría 2.77/A	Categoría 4.0/D
LFL (480099)	18.75 s	26.76	27.91	29.73
LFL Frac (19450.3)	18.75 s	32.55	38.13	39.97

Nota: LFL Lower Flammable limit (límite inferior de inflamabilidad)

Tabla 33. Ignición Tardía o Exposición de una Nube no Confinada.

Ignición Tardía		Sobrepresión		
		0.5 lb/pulg ² Amortiguamiento	1 lb/pulg ² Alto riesgo	2 lb/pulg ² Muy alto riesgo
		Radio (m)	Radio (m)	Radio (m)
Condiciones Ambientales	1.5 m/s, F	86.83	64.60	51.80
	2.77 m/s, A	83.32	62.46	50.45
	4.0 m/s, D	82.83	62.16	50.27

Los radios de afectación más importantes de esta tabla se muestran en el diagrama AC-02.

En el Anexo D, se muestran los planos con los resultados del análisis de consecuencias, en los cuales se encuentran plasmadas las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, en la tabla 34 se presenta una relación de los planos.

Tabla 34. Diagramas de Análisis de Consecuencias.

Diagrama	Nombre
AC-01	Diagrama de efectos por radiación debido a un dardo de fuego por fuga de gas en el GB-701.
AC-02	Diagrama de efectos por sobrepresión debido a una ignición tardía por fuga de gas en el GB-701.



III.9 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO.

La planta cuenta con un Diseño de Ingeniería, Ingeniería de Detalle, Especificaciones, Normatividad tanto nacional como internacional que le permiten contar con una Ingeniería de Seguridad; lo cual minimiza condiciones de riesgo derivadas de las desviaciones de los parámetros de proceso; no obstante se encontró lo siguiente:

En conjunto se analizaron 4 desviaciones para el circuito de compresión de las cuales ninguna se pondero con un índice global de riesgo catastrófico tipo A, ni tampoco con un índice global de riesgo alto tipo B y no aceptable, el 100% con un índice global de riesgo medio tipo C y ninguna con un índice global de riesgo bajo tipo D, dando por resultado 3 recomendaciones que se listan en la tabla 29. Estas recomendaciones se entregan en un listado para que el encargado de la planta de el seguimiento adecuado con el fin de establecer un compromiso expreso en tiempo y forma por el personal de la refinería cuyas iniciales aparecen en la columna de responsables para el cumplimiento de cada una de ellas. El plan de trabajo se encuentra en el Anexo E.

Los riesgos se jerarquizaron con la matriz de riesgos y se encontró que el nivel de riesgos en general de la Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios es aceptable para el circuito de compresión, si se cumplen las recomendaciones emitidas.

Los radios de afectación de los incidentes encontrados son una estimación basada en las condiciones actuales de operación de la planta, por lo que deben ser tomados en cuenta como información adicional para desarrollar planes de emergencia y definir zonas seguras. Por lo anterior, se recomienda continuar en forma exhaustiva con la campaña para dar a conocer a todo el personal de la planta, planes y programas de seguridad, y específicamente el Programa de Prevención de Accidentes, las rutas de evacuación, la localización de las zonas de conteo, y los albergues. Se deberá continuar con mayor frecuencia con los cursos y programas de seguridad al personal de las áreas de proceso, para que el personal actúe de forma casi automática al presentarse un riesgo.



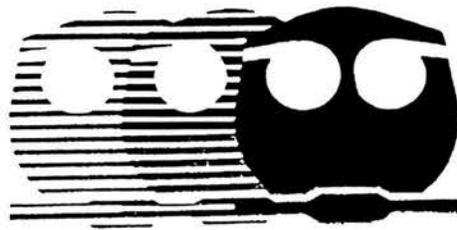
De lo anterior se pudo observar que dentro de las instalaciones de la Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios; se cuenta con procedimientos seguros de operación los cuales se encuentran en el Manual de Procedimientos de Aseguramiento de Calidad; dichos procedimientos están basados en el Manual de Operación de la Planta.

Además continuamente se están monitoreando los valores de las variables a través del sistema de control de laboratorios (SICOLAB). En forma oportuna se pueden activar los sistemas de paro y a través del sistema de desfogue en un evento extraordinario es posible desviar el flujo de gases al quemador de campo.

Así, todas las funciones de control y variables de operación, monitoreo de fugas o eventos de fuego son realizadas por medio de procedimientos debidamente elaborados y actualizados, con lo cual es posible iniciar paro en las unidades donde se detecten desviaciones de funcionamiento normal del proceso.

*...Nunca ahorres pensando en los males que puedes
evitarte en un futuro, mejor hazlo pensando en las
oportunidades que se pueden presentar
y poder tomarlas...*

CAPÍTULO IV



CONCLUSIONES



IV CONCLUSIONES.

Una de las características irónicas de la Ingeniería de Seguridad, es que nunca se sabe a ciencia cierta si se han descubierto todos los riesgos; el hecho mismo de que una planta haya funcionado por años sin accidentes, no indica absoluta certeza de que nunca puedan ocurrir o que no se considere algún riesgo identificado como insignificante y que a lo largo del tiempo pueda ocasionar una falla que sea origen de una catástrofe.

Una manera para que el ingeniero se sienta mas seguro es examinando los informes de accidentes/catástrofes que se publican en las revistas técnicas y otras fuentes (NFPA´S, Incident Reports, etc.), de esta forma se aprende de la experiencia ajena previendo en los diseños nuevos con la esperanza de que no nos suceda a nosotros, por naturaleza el hombre no se conforma con solo una esperanza por lo cual ha creado diversas metodologías para tratar de identificar el riesgo antes de que suceda e incluso si ya ha sucedido también evalúa las causas para tratar de evitar que suceda nuevamente, en las Industrias Químicas consideradas de bajo riesgo la preocupación por la parte administrativa es menor que en la industria de Alto riesgo es lógico pues las pérdidas tanto económicas como sociales son más grandes, por ello esta tesis trata de concientizar al hacer una descripción de lo que son los riesgos, peligros, las causas que provocan un accidente y posteriormente describe las metodologías que nos ayudan a identificarlos, posteriormente cuantificar el evento no deseado, para finalmente realizar una simulación de los eventos más catastróficos, para sensibilizar y aplicar las medidas de prevención.

Se presentó también un ejemplo de la implementación en la cual se establecen mecanismos para el seguimiento y cumplimiento de las estrategias de prevención y control de riesgos, en una empresa que se considera de alto riesgo, sin embargo, debido a todos los programas de mantenimiento con que cuenta la planta, con los programas de capacitación en seguridad a sus trabajadores, con los programas de seguridad de choque como el programa **STOP**, que se imparten a todo el personal (sindicalizado, administrativo, de confianza y contratistas), con los sistemas y equipos de



contraincendio con que cuentan en operación, con una brigada de bomberos, con un departamento médico interno, y sobre todo con la actitud de calidad y seguridad que se ha implementado desde los niveles ejecutivos más altos, podemos decir que se considera como **UNA EMPRESA SEGURA** actualmente y que se puede mejorar si se llevan a cabo las recomendaciones emitidas en el estudio de riesgo. Es importante destacar que no solo su preocupación es por la gente que labora dentro de sus instalaciones sino también por la gente que vive a los alrededores ya que realiza simulacros donde participa la población que vive cerca de las instalaciones de la Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios.

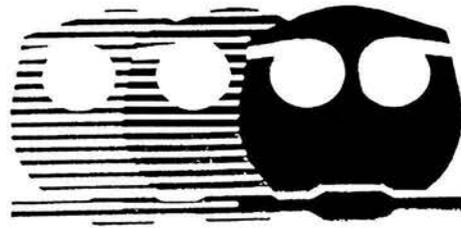
Por lo anterior, podemos concluir que la importancia de implementar el elemento de análisis de riesgos como una práctica común dentro de las instalaciones de la industria química de alto riesgo ya que nos ayuda a reducir la probabilidad de una catástrofe, nos permite corregir y modificar las malas conductas en el desarrollo de las actividades, también nos ayuda a verificar que los equipos cuenten con los dispositivos de control adecuados y de esta manera los únicos paros que la planta tenga sea para mantenimiento preventivo, evitando los mantenimientos correctivos.

La implementación del elemento de análisis de riesgos en una industria química es importante por varias razones todas de vital importancia, una de ellas es proporcionar condiciones seguras para los trabajadores que laboran en ella, también es importante por los riesgos ocasionados al ambiente, y económicamente hablando por las pérdidas que se tendrían en caso de una catástrofe, también por que nos ayuda a cumplir con las normatividades vigentes y nos evita el pago de multas por infringir la ley.

El conocimiento es la mas poderosa fuente de autoestima

*Alejandro Ariza Z.
Conferenciante y escritor mexicano*

CAPÍTULO V



BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA.

Libros

- (1) Oficina Internacional del Trabajo. 1995. "Control de Riesgos de Accidentes Mayores". Alfaomega, D.F., México.
- (2) Adolfo Rodellar Lisa. 1988. "Seguridad e Higiene en el Trabajo". Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V., Barcelona, España.
- (3) Santamaría Ramiro. 1998. "Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química ". Mapfre, S.A. de C.V.
- (4) Kolluru, R. 1996. "Manual de Evaluación y Administración de Riesgos". Mc Graw Hill. New York, USA.
- (5) Crowl/Louvar. 1990. "Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications". Prentice Hall.

Otras Publicaciones

- (6) Dr. M. Javier Cruz Gómez. 1988. "Manual del Sistema Integral a la Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental". Petróleos Mexicanos". México.
- (7) Bufete de Profesionales en Seguridad Industrial, S.A. de C.V. "Taller de Análisis de Riesgos."
- (8) Dr. Jesús Arturo Buitrón Silva. 1993. "Principios Generales de la Ingeniería de Seguridad". Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad.
- (9) Sekurelt, Consultores de Seguridad Informática. 2001. "Identificación de Riesgos a la Salud". México.
- (10) Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas. 2002. "Guía para la Elaboración del Estudio de Riesgo a la Salud". Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.

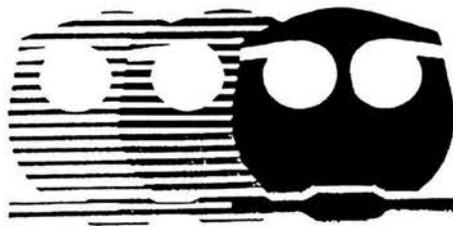


-
- (11) John Evans. 2003 "Introducción al Análisis de Riesgos Ambientales". Instituto Nacional de Ecología, (INE-SEMARNAT).
 - (12) Cornelio de la Cruz, Ramón García Pineda, Sonia Monrroy Caudillo, Fausto de la Cruz Guerra, Julio Vázquez López y M. Javier Cruz Gómez. 2002. "Análisis de Riesgos de Proceso (ARP): Un Esquema de Mejora de la Técnica HazOp". Ciencia Ed. (IMI) Vol.15 No.2.
 - (13) Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología. 1990. "Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas".
 - (14) Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología. 1992. "Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas".
 - (15) Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental.
 - (16) Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente en el Trabajo.
 - (17) Manual de la Planta Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios

Paginas Web visitadas

- (18) INE (Instituto Nacional de Ecología). www.ine.gob.mx
- (19) INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). www.inegi.gob.mx
- (20) SEMARNAT (Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales) www.semarnat.gob.mx
- (21) IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) www.imp.mx
- (22) STPS (Secretaria del Trabajo y Previsión Social) www.stps.gob.mx
- (23) Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México <http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx>

ANEXO A



HOJAS DE REGISTRO
HAZOP



Planta: Unidad Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios No. 3 (U700-2)

Circuito: de Compresión

Fecha: Octubre de 2003

Nodo: 5. Tanque de succión FA-702, compresor de recirculación GB-701 y retorno de hidrógeno de recirculación a EA-701A/H.

Diagramas: 1240-00022

Producto: Hidrógeno de recirculación

Desviación: 1. Alto Nivel en el tanque de succión FA-702.

LOI:

LOS:

LSI:

LSS:

Causa	Consecuencias	Protecciones	Recomendaciones	F	G	R	Clase
44 1. Por falla del control de nivel del FA-704 (Alto Nivel).	1. Daños de los internos del compresor GB-701. 2. Compresor GB-701 en surge. 3. Paro de planta.	1. Alarma por alto nivel en el FA-702. 2. Disparo del compresor GB-701 por alto nivel en el FA-702. 3. Recorridos operacionales y Aplicación de técnica VOTO (Ver, Oír, Tocar, Oler) mediante la visualización del nivel en campo y purgado del hidrocarburo acumulado. 4. Disparo del compresor GB-701 por alta vibración, desplazamiento y alta temperatura en la descarga. 5. Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos. 6. Programa de simulacros operacionales. 7. Interlock de disparo del calentador BA-701 por bajo flujo de hidrógeno de recirculación. 8. Procedimiento de paro de planta.	1. Realizar estudio técnico para instalar un sistema cerrado de recolección de purgas en la U700-2. 2. Modernizar el sistema de medición de vibración radial y desplazamiento axial del compresor GB-701. BPO: Contar con el refaccionamiento estratégico para cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de instrumentos. BPO: Seguir realizando purga de pierna de nivel y de nivel óptico del FA-704.	1 (2)	1 (3)	1 (6)	C



Planta: Unidad Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios No. 3 (U700-2)

Circuito: de Compresión

Fecha: Octubre de 2003

Nodo: 5. Tanque de succión FA-702, compresor de recirculación GB-701 y retorno de hidrógeno de recirculación a EA-701A/H.

Diagramas: 1240-00022

Producto: Hidrógeno de recirculación

Desviación: 2. Baja Presión de descarga del compresor GB-701.

LOI:

LOS:

LSI:

LSS:

Causa	Consecuencias	Protecciones	Recomendaciones	F	G	R	Clase
15 1. Obstrucción de pichanca de succión.	1. Compresor GB-701 en surge. 2. Alta temperatura en la descarga del compresor GB-701. 3. Daños de los internos del compresor GB-701. 4. Bajo flujo de hidrógeno de recirculación a zona de reacción. 5. Paro de planta.	1. Recorridos operacionales y toma de lectura en campo de presión de succión del compresor GB-701. 2. Disparo del compresor GB-701 por alta vibración, desplazamiento y alta temperatura en la descarga. 3. Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos. 4. Programa de simulacros operacionales. 5. Interlock de disparo del calentador BA-701 por bajo flujo de hidrógeno de recirculación. 6. Limpieza de pichanca durante la reparación general de la planta. 7. Procedimiento de paro de planta.	1. Modernizar el sistema de medición de vibración radial y desplazamiento axial del compresor GB-701.	1 (2)	1 (3)	1 (6)	C



Planta: Unidad Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios No. 3 (U700-2)

Circuito: de Compresión

Fecha: Octubre de 2003

Nodo: 5. Tanque de succión FA-702, compresor de recirculación GB-701 y retorno de hidrógeno de recirculación a EA-701A/H.

Diagramas: 1240-00022

Producto: Hidrógeno de recirculación

Desviación: 3. Bajo Flujo de succión del compresor GB-701.

LOI:

LOS:

LSI:

LSS:

Causa	Consecuencias	Protecciones	Recomendaciones	F	G	R	Clase
46 1.Falla del PIC-781 con automática abierta.	1. Envío excesivo de gas combustible e planta de endulzamiento (U-600). 2. Compresor GB-701 en surge. 3. Alta temperatura en la descarga del compresor GB-701. 4. Daños de los internos del compresor GB-701. 5. Bajo flujo de hidrógeno de recirculación a zona de reacción. 6. Paro de planta.	1. Alarma por baja presión en el PIC-781. 2. Indicador de flujo de gas combustible amargo a U600, FR-719. 3. Paso de control automático a manual, bloqueo de automática y control de presión por directo. 4. Programa de simulacros operacionales. 5. Aplicación de procedimiento operacional para el control de presión de la zona de reacción. 6. Programa de mantenimiento preventivo de instrumentos. 7. Disparo del compresor GB-701 por alta vibración, desplazamiento y alta temperatura en la descarga. 8. Interlock de disparo del calentador BA-701 por bajo flujo de hidrógeno de recirculación.	1. Modernizar el sistema de medición de vibración radial y desplazamiento axial del compresor GB-701.	1 (2)	1 (4)	1 (7)	D



Planta: Unidad Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios No. 3 (U700-2)

Circuito: de Compresión

Fecha: Octubre de 2003

Nodo: 5. Tanque de succión FA-702, compresor de recirculación GB-701 y retorno de hidrógeno de recirculación a EA-701A/H.

Diagramas: 1240-00022

Producto: Hidrógeno de recirculación

Desviación: 3. Bajo Flujo de succión del compresor GB-701.

LOI:

LOS:

LSI:

LSS:

Causa

Consecuencias

Protecciones

Recomendaciones

F G R Clase

9. Procedimiento de paro de planta.



Planta: Unidad Hidrodesulfuradora de Destilados Intermedios No. 3 (U700-2)

Circuito: de Compresión

Fecha: Octubre de 2003

Nodo: 5. Tanque de succión FA-702, compresor de recirculación GB-701 y retorno de hidrógeno de recirculación a EA-701AVH.

Diagramas: 1240-00022

Producto: Hidrógeno de recirculación

Desviación: 4. Alta Temperatura de descarga del compresor GB-701.

LOS:

LSI:

LSS:

Causa	Consecuencias	Protecciones	Recomendaciones	F	G	R	Clase
47 1. Baja eficiencia del enfriador EA-702 A/B (Por tubos cancelados, ensuciamiento ó baja presión de agua de enfriamiento)	1. Arrastre de líquidos hacia el tanque de succión, FA-702, del compresor GB-701. 2. Alta temperatura en la succión del compresor GB-701. 3. Presionamiento del separador de alta, FA-704. 4. Posible pérdida de producto por relevo al quemador del la PSV-705.	1. Indicador de temperatura de salida de hidrocarburo del FA-704, TI-700-13. 2. Alarma y disparo del compresor por alta temperatura, TAH/TSH-X. 3. Control de presión PIC-181, con envío de gas amargo a la U600. 4. Válvula de seguridad PSV-705. 5. Programa de simulacros operacionales. 6. Recorridos operacionales y aplicación de la técnica VOTO. 7. Programa de mantenimiento preventivo a equipos de intercambio (durante la reparación general de la planta). 8. Inyección de condensado para evitar la incrustación de sales de amonio.	BPO: Continuar cumpliendo con el programa de mantenimiento preventivo de equipos de intercambio.	1	1	1	D

ANEXO B

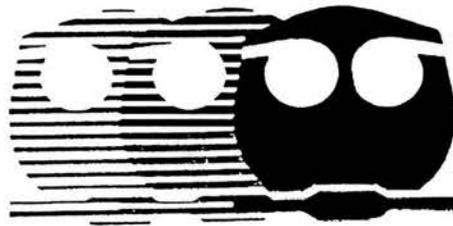
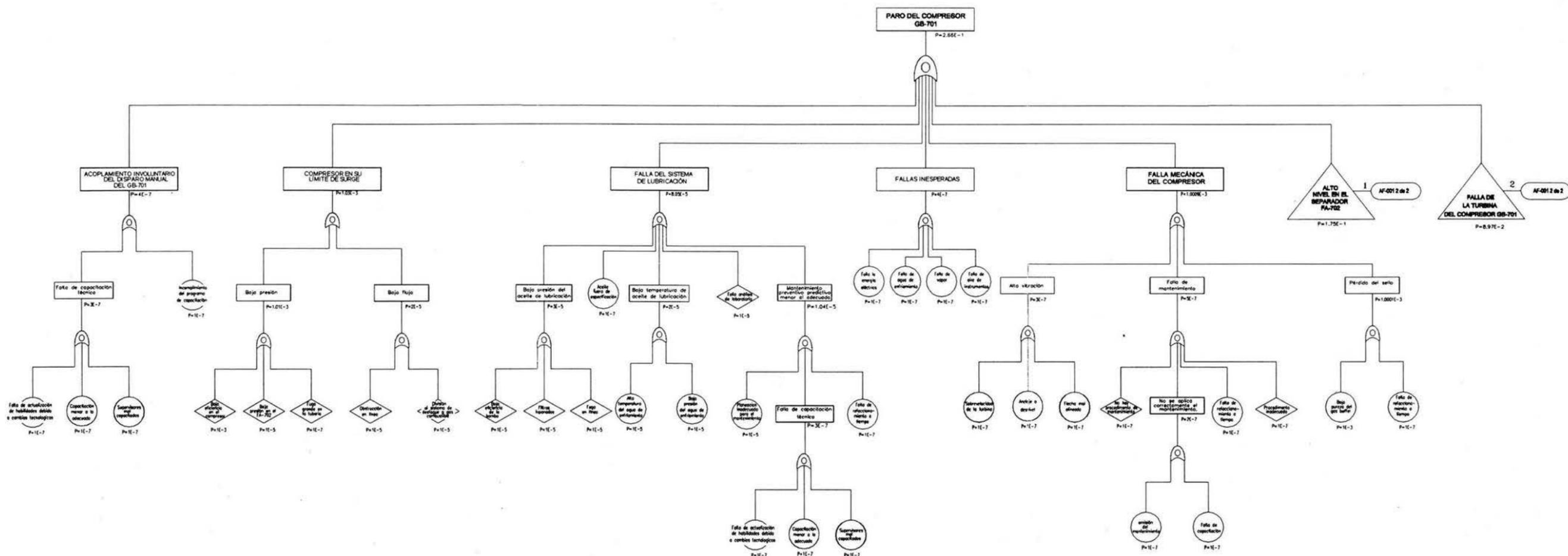


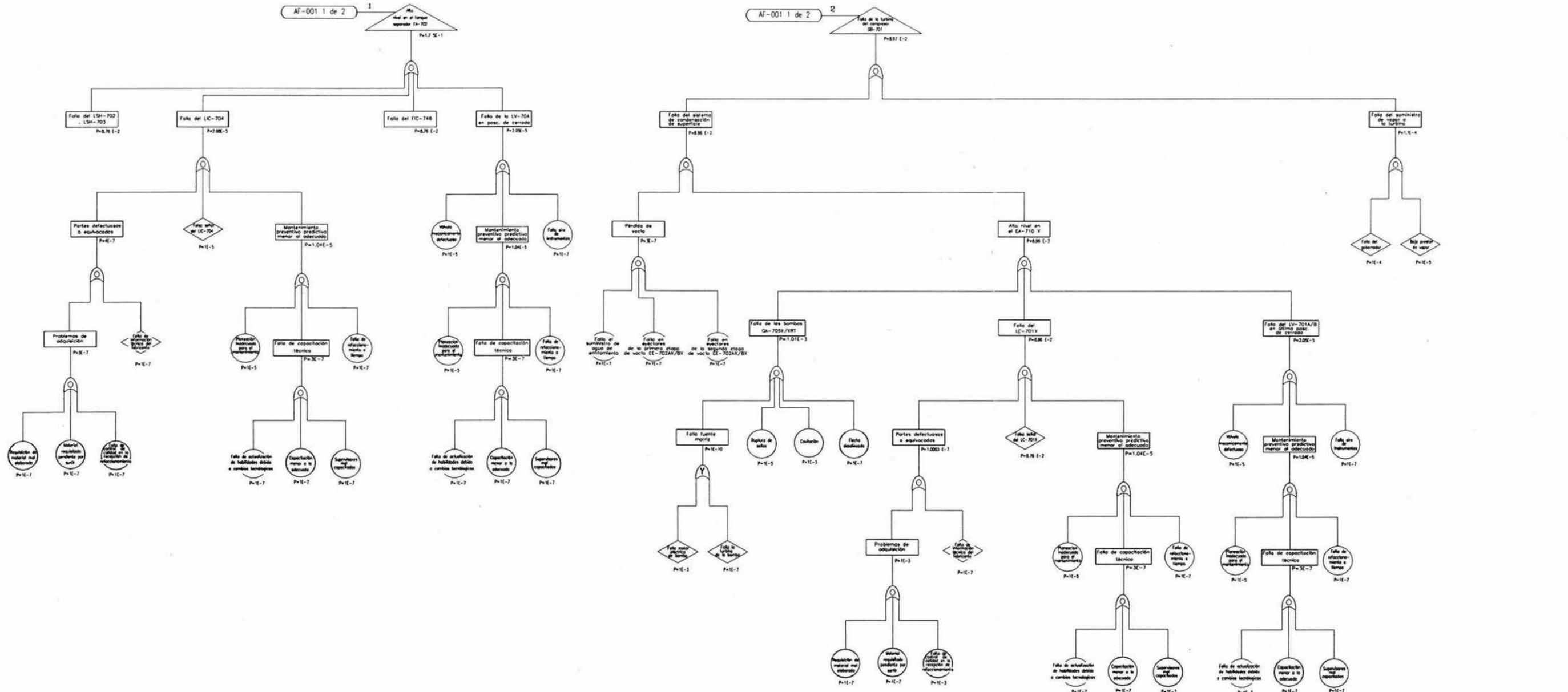
DIAGRAMA DE ÁRBOL DE FALLAS

TABLA DE RESULTADOS		
EVENTO CULMINANTE	PROBABILIDAD	FRECUENCIA
PARO DEL COMPRESOR GB-701	2.66E-1	Muy Probable (ha ocurrido o puede ocurrir varias veces al año)



AF-001 1 de 2

AF-001 1 de 2



ANEXO C

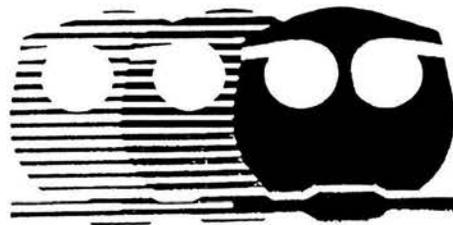
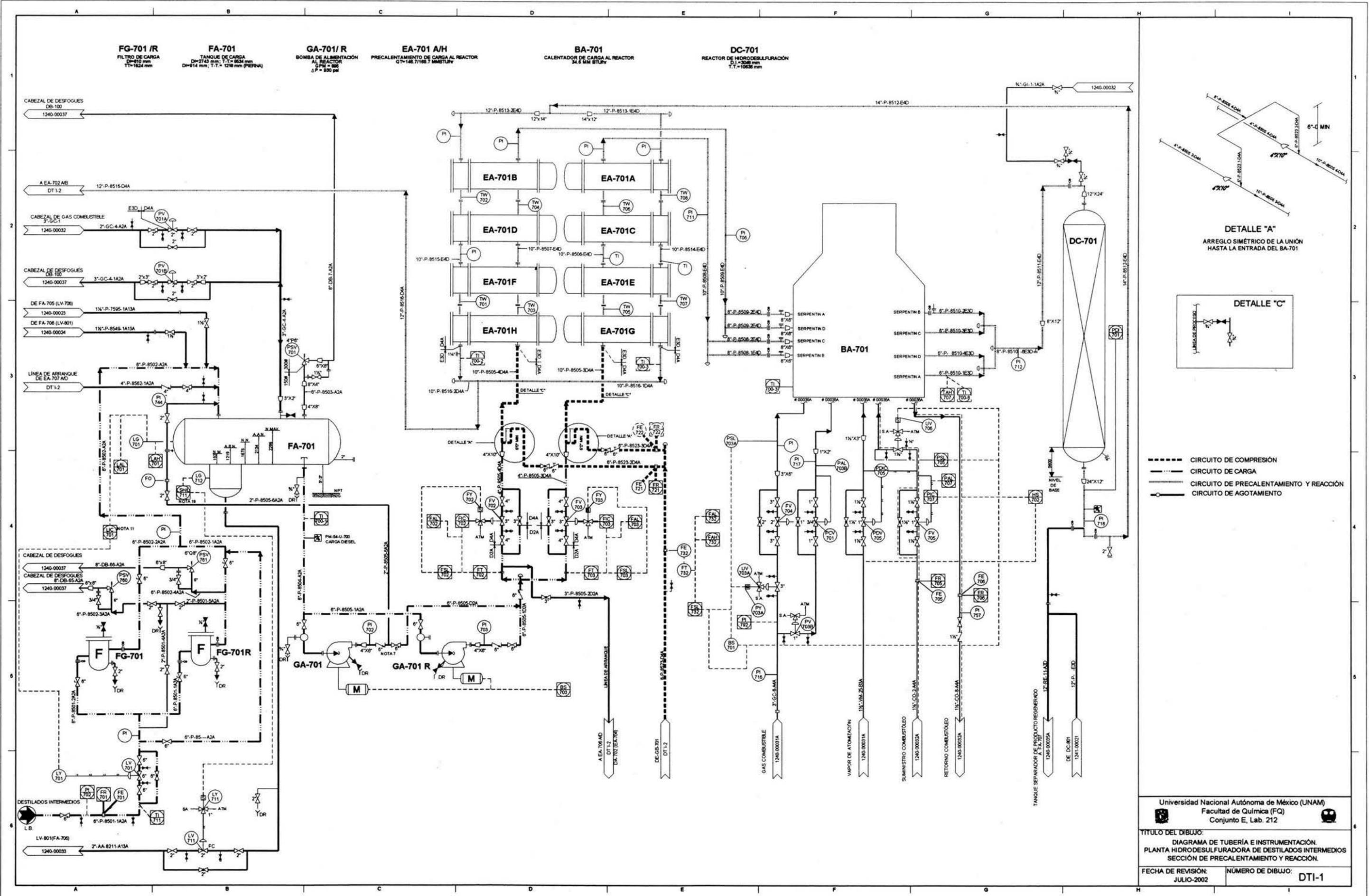


DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN

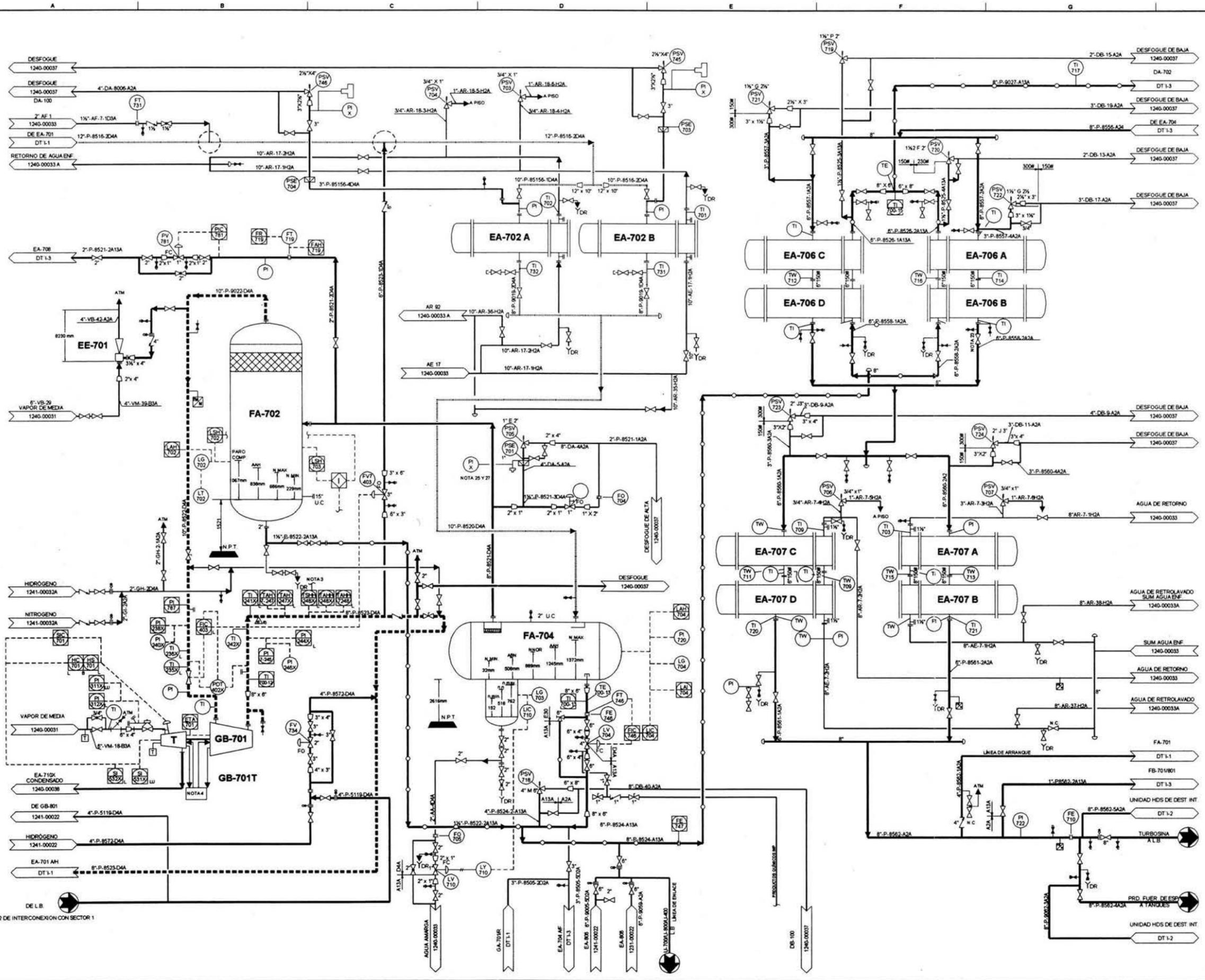


Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
 Facultad de Química (FQ)
 Conjunto E, Lab. 212

TÍTULO DEL DIBUJO:
 DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN.
 PLANTA HIDRODESULFURADORA DE DESTILADOS INTERMEDIOS
 SECCIÓN DE PRECALENTAMIENTO Y REACCIÓN.

FECHA DE REVISIÓN:
 JULIO-2002

NÚMERO DE DIBUJO:
 DTI-1



- EE-701**
EYECTOR DE PURGA
- FA-702**
TANQUE DE BUCCION DEL COMPRESOR
L.D=1067mm, T.T=3200mm
- EA-706 A/D**
PRECALENTADOR DE CARGA DE LA TORRE AGOTADORA
Q.T= 2.2 MMKCAL/hv (26.8MMBTU/hv)
- EA-702 A/B**
ENFRIADOR DEL EFLENTE DEL REACTOR
- FA-704**
TANQUE SEPARADOR DE ALTA PRESION
D.I= 1628 mm, T.T= 7280mm
D.N= 610 mm, T.T= 914mm (PIERNA)
- EA-707 A/D**
ENFRIADOR DE FONDOS DE LA TORRE FRACCIONADORA (DA-701)
Q.T= 3.9 MMKCAL/hv (46.8MMBTU/hv)
- GB-701**
COMPRESOR DE RECIRCULACION

- CIRCUITO DE COMPRESION
- CIRCUITO DE CARGA
- CIRCUITO DE PRECALENTAMIENTO Y REACCION
- CIRCUITO DE AGOTAMIENTO

ANEXO D

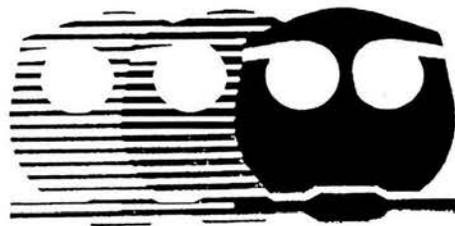


DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

C.L. CALLE No. 15 DE 10.00 M. DE ANCHO N-1433.00
 LÍMITE N-1429.00 CALLE No. 15

C.L. CALLE No. 10 DE 10.00 M. DE ANCHO E-2516.00

C.L. CALLE No. 8 DE 10.00 M. DE ANCHO E - 2282.00

C.L. CALLE No. 17 DE 10.00 M. DE ANCHO N-1188.00



DISTANCIA DE AFECTACIÓN CAT. 5.5 m/s/c	NIVEL DE RADIACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
73.76 m	1.4 KW/m ²	FLUJO TÉRMICO EQUIVALENTE AL SOL EN VERANO Y AL MEDIO DÍA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO
55.56 m	5.0 KW/m ²	CAUSA DAÑOS AL PERSONAL SI NO SE PROTEGE ADECUADAMENTE EN 20 SEG SUFRIENDO QUEMADURAS DE 2º GRADO ZONA DE ALTO RIESGO
47.58 m	12.5 KW/m ²	ENERGÍA MÍNIMA PARA LA IGNICIÓN PILOTEADA DE LA MADERA Y FUNDICIÓN DE TUBERÍA DE PLÁSTICO. CON 1% DE LETALIDAD EN 1 MIN. ZONA DE MUY ALTO RIESGO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 CONJUNTO E, LAB. 212

TÍTULO DEL DIBUJO:
 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS
 EFECTOS POR RADIACIÓN DEBIDO A UN DARDO DE
 FUEGO POR FUGA DE DIESEL EN EL GB-701.

FECHA DE REVISIÓN: NOVIEMBRE-2003
 DIBUJO NÚM.: AC-01

C.L. CALLE No. 10 DE 10.00 M. DE ANCHO E-2516.00

C.L. CALLE No. 15 DE 10.00 M. DE ANCHO N-1433.00

LÍMITE N-1429.00 CALLE No. 15

LÍMITE DE BATERÍA N-1404.00

C.L. CALLE No. 8 DE 10.00 M. DE ANCHO E - 2282.00

C.L. CALLE No. 17 DE 10.00 M. DE ANCHO N-1188.00



DISTANCIA DE AFECTACIÓN CAT. 5.5 m/s/C	NIVEL DE SOBREPRESIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
83.32 m	0.05 psi	RUPTURAS DEL 10 % DE VENTANAS DE VIDRIO Y ALGUNOS DAÑOS A TECHOS. CON PROBABILIDAD DEL 95 % QUE NO OCURRA. ZONA DE AMORTIGUAMIENTO
62.46 m	1.0 psi	DESTRUCCIÓN PARCIAL DE CASAS Y DAÑOS REPARABLES A EDIFICIOS, 1% RUPTURA DE TIMPANOS, 1% DE HERIDAS POR PROYECTILES. ZONA DE ALTO RIESGO
50.45 m	2.0 psi	COLAPSO PARCIAL DE TECHOS Y PAREDES DE CASAS ZONA DE MUY ALTO RIESGO

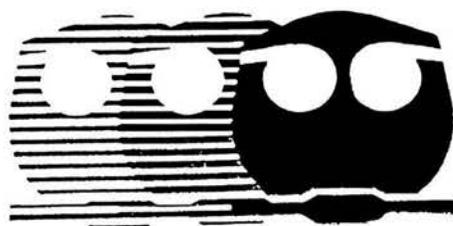
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 CONJUNTO E, LAB. 212

TÍTULO DEL DIBUJO:
 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS
 EFECTOS POR SOBREPRESIÓN DEBIDO A UNA IGNIÓN
 TARDÍA POR FUGA DE GAS EN EL GB-701.

FECHA DE REVISIÓN:
 NOVIEMBRE-2003

DIBUJO NUM.:
 AC-02

ANEXO E



PLAN DE TRABAJO



**PLAN DE TRABAJO RESULTANTE DEL ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESO PARA EL CIRCUITO DE COMPRESIÓN EN UNA PLANTA
HIDRODESULFURADORA DE DESTILADOS INTERMEDIOS**

Medida No.	Síntesis Descriptiva	Grado de Riesgo	Fecha de Compromiso	Departamento Responsable de la Ejecución	Recurso Humano	Recurso Material	% Avance
1	Realizar estudio técnico para instalar sistema de detección de humo y mezclas explosivas en la planta U700-2.	C		SITSIPA	Ing. de Inspección	No aplica	0%
2	Solicitar modernización del sistema de medición de vibración radial y desplazamiento axial del compresor GB-701.	C		MICA	Ing. de instrumentos.	No aplica.	0%
3	Realizar un estudio técnico para instalar un sistema cerrado de recolección de purgas.	C		SITSIPA	Ing. de Inspección	No aplica	0%



PLAN DE TRABAJO RESULTANTE DEL ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESO DE LA PLANTA.

ATENTAMENTE

GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE ANÁLISIS DE RIESGOS

JEFE DE SECTOR HIDROS

ING. DE OPERACIÓN

ING. DE OPERACIÓN

COORDINADOR DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO MECÁNICO

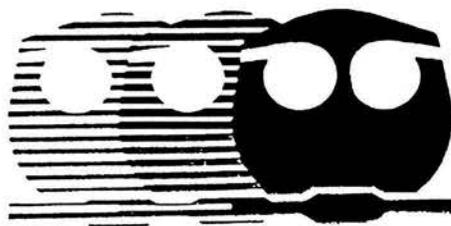
MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTOS

MANTENIMIENTO DE PLANTAS

MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

INSPECCIÓN Y SEGURIDAD

ANEXO F



HOJAS DE SEGURIDAD (MSDS)



PEMEX-REFINACION
REFINERÍA "ING. ANTONIO DOVALI JAIME"
UNIDAD DE PRODUCCION

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUBSTANCIAS QUIMICAS

Nombre producto: DIESEL PRIMARIO

Fecha de Elaboración	FEBRERO DEL 2003	Fecha Revisión:	FEBRERO DEL 2005
----------------------	------------------	-----------------	------------------

Nota: Leer y Comprender esta hoja de datos antes de manipular o disponer del producto

SECCION I. DATOS GENERALES

FABRICANTE: PEMEX REFINACIÓN PEMEX- Refinación	EN CASO DE EMERGENCIA LLAMARA A SETIQ: (971) 4-9000 ext. 50364
---	---

SECCION II. DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

Nombre químico	GASOLEO LIGERO PRIMARIO	Fórmula química	NO DISPONIBLE
Nombre común		Estado físico	LIQUIDO
Sinónimos	GOL PRIMARIO	Clasificación DOT ²	
		Respuesta inicial SETIQ	

Descripción general del producto:

SECCION III. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES

COMPONENTE	%. PESO	NUMERO CAS ³	NUMERO ONU ⁴	CPT ⁵ /CCT ⁶ (ppm)	IPVS ⁷	GRADO DE RIESGO				
						S ⁸	I ⁹	R ¹⁰	E ¹¹	
Fe		No disponible	No disponible	0,15 ppm						
V				0,1 ppm						
Ni				0,05 ppm						
Cu				0,01 ppm						
Na				0,04 ppm						
N ₂				469						
CARBÓN RAMS BOTTOM	0,15 % peso									
S	1,17 % peso									
AROMATICOS	36,9 % vol.									

1 Sistema de Energía en el transporte para la industria química	7 Inmediatamente Peligrosa para la Vida o la Salud
2 Clasificación del departamento de transporte de U. S.	8 Grado de Riesgo a la Salud
3 Chemical Abstract Service Number	9 Grado de Riesgo de Inflamabilidad
4 Numero asignado por la Organización de las Naciones Unidas	10 Grado de Riesgo de Reactividad
5 Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (TWA)	11 Grado de Riesgo Especial
6 Concentración... para Corto Tiempo (STEL)	

SECCION IV. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Peso molecular	225 g/gmol	% de Volatilidad	No disponible
Temperatura de ebullición(°C)	481,15 K	Color	Amarillo
Temperatura de fusion (°C)	268,15 K	Olor	
Densidad de vapor(aire = 1)	4,5	Solubilidad en agua(g/100 cc)	Insoluble
Densidad relativa(H ₂ O = 1) ²⁰ / ₄ (°C)	0,85 @ 288,15 K	PH	
Presión de vapor (mmHg 37.8 °C)	No disponible	Estado físico	Líquido
Vel. Evaporación(Butil-Acetato = 1)	No disponible		

SECCION V. RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION

Temperatura de inflamación (°C)		Límites de inflamabilidad o explosividad	Inferior	6,00 %
Temperatura de auto ignición (°C)	610,92 K		Superior	13,5 %

<p>Medio de extinción.- Polvo químico seco, CO₂, espuma.</p> <p>Equipo de protección personal.- Utilizar mangueras, boquillas, cascos pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillos, hachas, palas, garzas para la inyección de espuma, camiones o unidades bombero, cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, red contra incendio perimetral, etc.</p> <p>Procedimiento y precauciones especiales en el combate de incendios.- Mantener la calma. Identificar el sitio del siniestro. Evaluar de ser posible la magnitud. Identificar la sustancia, gas o aceite. Avisar a la central contraincendio. Avisar a la jefatura o personal de guardia del área Si las condiciones lo permiten arraque la bomba de agua contraincendio y aplique cortina de agua al área afectada a través de los monitores de la red contraincendio. Efectuar los movimientos operacionales necesarios para aislar el sitio del siniestro para su control o eliminación. Si la magnitud del siniestro es tal que no sea posible su control, retírese a una distancia prudente mientras ayuda.</p> <p>Condiciones que conducen a otros riesgos especiales.- Evite el sobrecalentamiento de los contenedores, estos pueden agrietarse violentamente al ser expuestos al calor. Derrames que alcancen una flama. Los vapores no controlados que alcanzan una fuente de ignición pueden conducir a una explosión. Evitar contacto con agentes.</p> <p>Productos de la combustión nocivos para la salud.- Dato no disponible.</p>

SECCION VI. RIESGOS DE REACTIVIDAD

<p>Estabilidad.- Sustancia estable.</p>	<p>Incompatibilidad (sustancia a evitar).- Evitar el contacto con fuertes agentes oxidantes, con ácido nítrico.</p>
<p>Descomposición en componentes o productos peligrosos.- Dato no disponible.</p>	
<p>Polimerización espontánea/condiciones a evitar.- No ocurre polimerización peligrosa.</p>	

SECCION VII. RIESGOS A LA SALUD

<p>Ingestión.-Llevar de ser posible al afectado a una zona libre contaminación; evite el vómito, ya que al hacerlo puede aspirar los vapores de gasóleo y llenar de estos los pulmones. Si la cantidad es considerable se debe practicar el lavado estomacal. Colocar al paciente acostado de lado para disminuir la posibilidad de aspirar gasóleo. El gasóleo es irritante a exposiciones agudas y causa quemaduras al tracto intestinal, seguido de náuseas, vómito, diarrea y depresión. Si al ingerir gasóleo se aspiró vapores y causa paro respiratorio, proceder a una respiración artificial, dar atención médica inmediatamente. Utilizar en todo momento el quipo de protección personal.</p> <p>Contacto con los ojos.-La protección a los ojos se puede proporcionar mediante monogafas o pantallas faciales y en algunos casos cuando las concentraciones son altas se debe complementar la protección respiratoria usando máscara con bote químico o suministro de aire. El gasóleo es irritante a exposiciones agudas; causando dolor, punzadas, ceguera. Lavar con grandes cantidades de agua por varios minutos o con suero fisiológico; si la lesión es severa aplicar vendaje sin ejercer presión sobre los ojos y no intentar sacar los cuerpos extraños de los ojos, esto lo hará el médico. Dar atención médica inmediatamente.</p> <p>Contacto con la piel.-Evitar el contacto con la sustancia, en caso de que exista el riesgo de mojarse con gasóleo utilizar un equipo impermeable (botas, pantalón chamarra, guantes, pantalla facial y protección respiración). Para trabajos rutinarios bastarán guantes de cuero y ropa de trabajo de algodón. El contacto puede causar irritación. Lavar inmediatamente con agua y jabón en abundancia</p> <p>Inhalación. Evitese ya que ocasiona irritación a la membrana mucosa, es agente asfixiante y narcótico; causando depresión del sistema nervioso, dolor de cabeza, dificultad al respirar. A altas concentraciones causa disnea. Una intoxicación severa puede ocasionar delirio, ataques de nervios, ataxia, inconciencia, coma y convulsiones. Utilizar el equipo de protección personal.</p>
<p>EFFECTOS POR EXPOSICIÓN CRÓNICA No disponible.</p>
<p>COSIDERACIONES ESPECIALES.</p> <p>Cancerigeno <input type="checkbox"/> *Indicar _____</p>

Mutagénico	<input type="checkbox"/>	Instituciones que clasifican (NIOSH, OSHA, ACGIH, Incluir NOM-010-STPS)
Teratogénico	<input type="checkbox"/>	
Otros*	<input type="checkbox"/>	
Información complementaria.-		
No disponible.		

<p>PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco. Llamar a los servicios médicos de emergencia. Aplicar respiración artificial si la víctima no respira. ¡PRECAUCIÓN! La persona que de la respiración artificial deberá tener cuidado de no ingerir la sustancia química que haya ingerido la víctima. Suministrar oxígeno si respira con dificultad. Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados. En caso de contacto con la sustancia, enjuagar inmediatamente la piel o los ojos con agua corriente por lo menos durante 20 minutos. Lave la piel con agua y jabón. Mantener a la víctima de exposición a la sustancia por (inhalación, ingestión o contacto con la piel) se pueden presentar en forma retardada. Asegúrese que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados y tomar las precauciones para proteger a sí mismos.</p>

SECCION VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

<p>Generales.-</p> <p>Llamar primeramente al número telefónico de respuesta en caso de emergencia.</p> <p>Eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o flamas en el área de peligro) Todo el equipo que se use durante el manejo del producto, deberá estar conectado eléctricamente a tierra. No tocar ni caminar sobre el material derramado. Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo. Prevenga la entrada hacia vías navegables alcantarillas, sótanos o áreas confinadas. Se puede usar una espuma supresora de vapor para reducir vapores. Absorbe con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores. Use herramientas limpias a prueba de chispas para recoger el material absorbido. El producto residual y material contaminado, debe considerarse residuo peligroso si su temperatura de inflamación es menor que 60°C y por tanto requerirá su disposición en una instalación aprobada para residuo peligroso. Derrames Grandes. Construir un dique más adelante del derrame líquido para su desecho posterior El rocío de agua puede reducir el vapor; pero puede no prevenir la ignición en espacios cerrados.</p> <p>Recomendaciones para evacuación.-</p> <p>No disponible</p>

SECCION IX. PROTECCIÓN PERSONAL

<p>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.-</p> <p>Utilizar mangueras, boquillas, cascos, pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillos, hachas, palas, garzas, para la inyección de espuma, camiones o unidades bombero, cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, red contra incendio perimetral.</p> <p>VENTILACIÓN.-</p> <p>Debe trabajarse en áreas bien ventiladas. Debe proveerse ventilación mecánica cuando se trate de espacios confinados. Debe emplearse equipo de ventilación mecánica a prueba de explosión. Las muestras de laboratorio deben manejarse en una campana de extracción.</p>

SECCION X. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN

No disponible

SECCION XI INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA

No disponible

SECCION XII. INFORMACIÓN SOBRE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Dispositivos de seguridad para el almacenamiento: Cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, red perimetral contraincendio, drenajes pluvial y aceitosos, diques de contención y conexiones a tierra.

Equipo de seguridad adicional para el almacenamiento: Alarmas por alto y bajo nivel, sistema remoto de medición, válvulas de venteo de emergencia, sistema de muestreo cerrado, válvulas de presión y vacío, techo interno flotante transmisor e indicador de nivel.

Recomendación para el manejo y almacenamiento: Utilizar el quipo de seguridad. Evitar el almacenamiento cerca de sustancias incompatibles.



AUDITORÍA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL
GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL
HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUBSTANCIAS

PEMEX DIESEL

Número de HDSS:	PR - 301/97	Revisión:	2	Fecha:	30/10/98
-----------------	--------------------	-----------	---	--------	----------

Nota: Leer y comprender esta hoja de datos antes de manipular o disponer del producto.

SECCIÓN I. DATOS GENERALES

<p>FABRICANTE:</p> <p>PEMEX REFINACIÓN Subdirección de Producción</p> <p>Av. Marina Nacional No. 329. Colonia Huasteca Delegación Cuauhtémoc, México, D. F., C.P. 11311 Teléfonos: 254-46-92 y 531-60-23</p> <p>CONSULTAS A HOJAS DE DATOS:</p> <p>Gerencia de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Teléfono: (015)-250-66-64 (015)-627-76-70</p>	<p>EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A SETIQ¹:</p> <p>Interior de la República: 01-800-00-214 (las 24 hrs.)</p> <p>En el Distrito Federal: 559-15-88 (las 24 hrs.)</p> <p>ASISTENCIA TÉCNICA:</p> <p>Gerencia de Control de Producción. Teléfono: (015)-254-47-35</p>
---	---

SECCIÓN II. DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

Nombre químico	Diesel altamente hidrodesulfurado	Fórmula química	No disponible
Nombre común	Diesel automotriz de bajo Azufre	Estado físico	Líquido
Sinónimos	Aceite combustible automotriz	Clasificación DOT ²	Clase 3 líquidos inflamables. División 3.3
	Aceite combustible de bajo Azufre	Respuesta inicial SETIQ	Guía 13

Descripción general del producto: Mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos, derivados del procesamiento del petróleo crudo. Se emplea como combustible automotriz.

SECCIÓN III. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES

COMPONENTE	%(VOL. PESO)	NÚMERO CAS ³	NÚMERO ONU ⁴	CPT ⁵ /CCT ⁶ (ppm)	IPVS ⁷	GRADO DE RIESGO			
						S ⁸	I ⁹	R ¹⁰	E ¹¹
Diesel sin	100 p.		1202	100		1	2	0	
Aromáticos	30 v. máx.								
Azufre	0.05 p. máx.	7704-34-9	2448	No disponible		2	1	0	

1 Sistema de Emergencias en el Transporte para la Industria Química.
 2 Clasificación del Departamento de Transporte de U.S.
 3 Chemical Abstract Service Number.
 4 Número asignado por la Organización de las Naciones Unidas.
 5 Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (TWA).
 6 Concentración para Corto Tiempo (STEL).

7 Inmediatamente Peligrosa para la Vida o la Salud.
 8 Grado de Riesgo a la Salud.
 9 Grado de Riesgo de Inflamabilidad.
 10 Grado de Riesgo de Reactividad.
 11 Grado de Riesgo Especial.

SECCIÓN IV. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Peso Molecular	Variable	% de volatilidad	No disponible
Temperatura de ebullición (°C)	175 - 375 (aprox.)	Color	Amarillo claro
Temperatura de fusión (°C)	No disponible	Olor	Característico a petróleo
Densidad de vapor (aire = 1)	4	Solubilidad en agua	Insoluble
Densidad relativa (H ₂ O = 1) ²⁰ / ₄ °C	0.815 - 0.840 (aprox.)	pH	No aplica
Presión de vapor (mmHg 20°C)	0.1 a 0.6 lb/pulg ²	Índice de Cetano	48 mínimo
Vel.evaporación (Butil-Acetato = 1)	Menor que 1.0		

SECCIÓN V. RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Temperatura de inflamación (°C)	45 mínimo	Límites de inflamabilidad o explosividad	Inferior:	0.7
Temperatura de autoignición (°C)	No disponible		Superior:	5

Medio de extinción.-

En incendios pequeños: emplear polvo químico seco, agua en forma de rocío, espuma o Bióxido de Carbono.

En incendios mayores: emplear agua en forma de rocío o espuma regular: no utilizar chorro de agua.

Equipo de protección personal.-

Utilizar equipo de respiración autónomo y traje de protección completo.

El personal que efectúa labores de combate de incendio en edificios o en áreas confinadas donde se almacena este producto, debe emplear equipo de respiración autónomo y traje de protección completo.

Procedimiento y precauciones especiales en el combate de incendios.-

Utilizar agua en forma de rocío para enfriar contenedores y estructuras expuestas, y para proteger al personal que intenta eliminar la fuga. Enfríe los contenedores con agua, aún después de que el fuego haya sido extinguido.

Eliminar la fuente de fuga si es posible hacerlo sin riesgo, y eliminar las fuentes de ignición cercanas.

Si la fuga o derrame no se ha incendiado, utilice agua en forma de rocío para dispersar los vapores.

Permitir que el fuego arda bajo condiciones controladas, o extinguir empleando polvo químico seco o espuma.

Tratar de cubrir el líquido derramado con espuma, evitando introducir agua directamente dentro del contenedor.

En caso de incendio masivo, utilice soportes fijos para las mangueras o los chiflones reguladores; si no es posible, retírese del área y deje que arda.

Aislar el área de peligro, mantener alejadas a las personas innecesarias y evitar situarse en las zonas bajas.

Retírese de inmediato en caso de que aumente el sonido de los dispositivos de alivio de presión, o cuando el contenedor empiece a decolorarse. Manténgase siempre alejado de los extremos de los tanques.

Condiciones que conducen a otros riesgos especiales.-

Esta sustancia puede almacenar cargas electrostáticas debidas al flujo o movimiento.

Los recipientes que hayan almacenado este producto pueden contener residuos de él, por lo que no deben presurizarse, calentarse, cortarse, soldarse o exponerse a flamas u otras fuentes de ignición.

Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.

Los vapores pueden viajar a una fuente de ignición y regresar con flama.

Productos de la combustión nocivos para la salud.-

La combustión de esta sustancia genera Monóxido de Carbono y Bióxido de Carbono

SECCIÓN VI. RIESGOS DE REACTIVIDAD

Estabilidad.- Esta sustancia es estable.	Incompatibilidad (sustancia a evitar).- Evitar las fuentes de calor, chispas y flamas abiertas. Evitar el contacto con materiales oxidantes fuertes, tales como el ácido nítrico.
Descomposición en componentes o productos peligrosos.- La combustión de esta sustancia genera Monóxido de Carbono y Bióxido de Carbono.	
Polimerización espontánea/condiciones a evitar.- Esta sustancia no presenta polimerización.	

SECCIÓN VII. RIESGOS A LA SALUD

EFFECTOS POR EXPOSICIÓN AGUDA.

Ingestión.-

La ingestión de esta sustancia provoca vómito, depresión del sistema nervioso central y dolor de cabeza. Si espontáneamente se presenta el vómito, no permita que éste se aspire hacia los pulmones, ya que una pequeña cantidad aspirada puede resultar en neumonitis química y edema o hemorragia pulmonar.

Inhalación.-

La aspiración de vapores puede irritar nariz y garganta; y causar tos y malestar en el pecho. Esta sustancia tiene efectos anestésicos.

Piel (contacto y absorción).-

Exposiciones breves pueden reseca la piel. Exposiciones repetidas o prolongadas pueden irritar la piel y causar dermatitis.

Contacto con los ojos.-

La exposición a líquido y vapores de esta sustancia puede causar irritación a los ojos.

EFFECTOS POR EXPOSICIÓN CRÓNICA.

No se tiene información.

CONSIDERACIONES ESPECIALES.

Cancerígeno

Mutagénico

Teratogénico

Otros*

*Indicar: _____

Instituciones que clasifican (NIOSH, OSHA, ACGIH. Incluir NOM-010-STPS):

Información complementaria.- La OSHA "Occupational Safety and Health Administration", la ACGIH "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" y la NOM 010-STPS-1994 "Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral", no consideran cancerígena a esta sustancia.

PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos.-

Verificar y retirar lentes de contacto.

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con agua limpia corriente por lo menos durante 15 minutos, o hasta que la irritación disminuya.

Si la irritación persiste aún después del lavado, solicitar atención médica inmediata.

Contacto con la piel.-

Retirar inmediatamente y confinar la ropa y el calzado contaminados.

Lavar la parte afectada con abundante agua, empleando jabón si se encuentra disponible.

Lavar ropa y calzado antes de reusarlos.

Mantener a la víctima abrigada y en reposo.

En caso de que la víctima presente algún síntoma anormal o si la irritación persiste después del lavado, obtener atención médica inmediata.

Ingestión.-

Mantener a la víctima abrigada y en reposo.

Mantener a la víctima acostada de lado, de esta manera disminuirá la posibilidad de aspiración de la sustancia ingerida hacia los pulmones en caso de vómito.

No provocar vómito por ser peligrosa la aspiración del líquido hacia los pulmones.

Si espontáneamente se presenta el vómito, observar si existe dificultad para respirar.

Solicitar atención médica inmediatamente.

Inhalación.-

Retirar a la víctima a un lugar bien ventilado y donde se respire aire fresco.

Si la víctima respira con dificultad, administrar Oxígeno.

Si la víctima no respira, aplicar respiración artificial.

¡CUIDADO! el método de respiración artificial de boca a boca puede ser peligroso para la persona que lo aplica, ya que ésta puede inhalar materiales tóxicos, infecciosos o corrosivos.

Mantenga a la víctima abrigada y en reposo.

Solicitar atención médica inmediata.

Otros riesgos o efectos a la salud.-

No se tiene información.

Datos para el Médico.-

El personal médico debe tener conocimiento de la identidad y características de esta sustancia.

Antídoto (dosis, en caso de existir).-

No se tiene información.

SECCIÓN VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

Generales.

Llamar primeramente al número telefónico de respuesta en caso de emergencia.

Eliminar las fuentes de ignición cercanas.

No tocar ni caminar sobre el producto derramado.

Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.

De ser posible, los recipientes que lleguen a fugar deben ser trasladados a una área bien ventilada y alejada del resto de las instalaciones y de fuentes de ignición, el producto deberá trasegarse a otros recipientes que se encuentren en buenas condiciones, observando los procedimientos establecidos para esta actividad.

Mantener alejado al personal que no participa directamente en las acciones de control; aislar el área de riesgo y prohibir el acceso.

Permanecer fuera de las zonas bajas y en un sitio donde el viento sople a favor.

Debe evitarse la introducción de este producto a vías pluviales, alcantarillas, sótanos o espacios confinados.

En caso de fugas o derrames pequeños, cubrir con arena u otro material absorbente no combustible.

Aislar inmediatamente el área de fuga o derrame a por lo menos 50 metros a la redonda.

Cuando se trate de derrames mayores, tratar de confinarlo, recoger el producto y colocarlo en tambores para su disposición posterior.

En caso de emplear equipos de bombeo para recuperar el producto derramado, éste debe ser a prueba de explosión.

Utilice herramientas antichispas para recoger el material derramado.

Ventile los espacios cerrados antes de entrar.

El agua en forma de rocío puede reducir los vapores, pero no puede prevenir su ignición en espacios cerrados.

Todo el equipo que se use para el manejo de esta sustancia, debe estar conectado eléctricamente a tierra.

Recomendaciones para evacuación.

En caso de un derrame grande, considere la evacuación inicial de por lo menos 300 metros a favor del viento.

En caso de que un tanque, carrotanque o autotanque que contenga este producto esté involucrado en un incendio, debe aislarse 800 metros a la redonda.

Considerar también la evacuación inicial de 800 metros a la redonda.

SECCIÓN IX. PROTECCIÓN PERSONAL

Equipo de protección personal.-

La selección del equipo de protección personal varía dependiendo de las condiciones de uso.

En caso de fuga o derrame, emplear equipo de protección personal incluyendo botas, guantes y delantal de hule.

Cuando la fuga o derrame genera vapores o neblinas de esta sustancia, debe emplearse equipo de respiración autocontenido. En derrames pequeños puede substituirse el equipo de respiración autocontenido por otro equipo de respiración aprobado.

Deben emplearse anteojos de seguridad o careta facial cuando se efectúen labores de atención a fugas o derrames.

No deben usarse lentes de contacto cuando se maneja esta sustancia.

En las instalaciones donde se maneja esta sustancia, deben colocarse estaciones de regadera-lavaojos en sitios estratégicos, las estaciones deben estar accesibles, operables en todo momento y bien identificadas.

Ventilación.-

Debe trabajarse en áreas bien ventiladas.

Debe proveerse ventilación mecánica cuando se maneje esta sustancia en espacios confinados.

Debe emplearse equipo de ventilación mecánica a prueba de explosión.

Las muestras de laboratorio deben manejarse en una campana de extracción.

SECCIÓN X. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN

1.-Las unidades de arrastre de autotransporte y ferroviarias empleadas en el transporte de sustancias peligrosas, deben cumplir lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, emitidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

2.-Las unidades de autotransporte y ferroviarias empleadas en el transporte de sustancias peligrosas, deben usar carteles de identificación; y deben portar el número con el que las Naciones Unidas clasifica al producto que se transporta. Estas indicaciones deben apegarse a los modelos que se indican en la NOM-003-SCT2-1994.

3.-Antes de iniciar las operaciones de llenado, debe verificarse que el contenedor esté limpio, seco y en condiciones apropiadas para la recepción del producto.

4.-Todos los envases y embalajes; así como las unidades destinadas al transporte terrestre de productos peligrosos, deben inspeccionarse periódicamente para garantizar sus condiciones óptimas. Para fines de esta inspección, deben emplearse como referencia las Normas Oficiales Mexicanas aplicables de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, entre las que se pueden citar las siguientes: NOM-006-SCT2-1994; NOM-020-SCT2-1995; NOM-032-SCT2-1995; y NOM-045-SCT2-1996.

5.-Esta Hoja de Datos de Seguridad de Sustancias, debe portarse siempre en la unidad de arrastre.

SECCIÓN XI. INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA

Disponer apropiadamente de los productos y materiales contaminados usados en las maniobras de limpieza de fugas o derrames.

Consultar a las agencias locales reguladoras en materia ambiental, para determinar los procedimientos de disposición apropiados.

SECCIÓN XII. INFORMACIÓN SOBRE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

El personal no debe ingerir alimentos, beber o fumar durante el manejo de esta sustancia.

El personal no debe emplear lentes de contacto cuando maneja este producto, ya que pueden contribuir a la severidad de daño a los ojos.

Deben evitarse temperaturas extremas en el almacenamiento de esta sustancia; almacenar en contenedores cerrados, fríos, secos, aislados, en áreas bien ventiladas y alejados del calor, fuentes de ignición y productos incompatibles.

No almacenar en contenedores sin etiquetas; los recipientes que contengan esta sustancia deben almacenarse separados de los vacíos y de los parcialmente vacíos.

No debe emplearse este producto para limpiar equipos, ropa o la piel.

El almacenamiento de pequeñas cantidades de este producto, debe hacerse en contenedores de seguridad.

La ropa y trapos contaminados, deben estar libres de este producto antes de almacenarlos o reusarlos.

Trabajar a favor del viento durante la limpieza de derrames.

Los equipos empleados para el manejo de esta sustancia, deben estar debidamente aterrizados.

No utilice presión para vaciar los contenedores.

Los recipientes que hayan almacenado este producto pueden contener residuos de él, por lo que no deben presurizarse, calentarse, cortarse, soldarse o exponerse a flamas u otras fuentes de ignición.



PEMEX-REFINACION
REFINERÍA "ING. ANTONIO DOVALI JAIME"
UNIDAD DE PRODUCCION

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUBSTANCIAS QUIMICAS

Nombre producto: Gas amargo. (TH-501, TH-502,
 INCONDENSABLES T-201)

Fecha de Elaboración	FEBRERO DEL 2003	Fecha Revisión:	FEBRERO DEL 2005
----------------------	------------------	-----------------	------------------

Nota: Leer y Comprender esta hoja de datos antes de manipular o disponer del producto

SECCION I. DATOS GENERALES

FABRICANTE: PEMEX - Refinación	EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A SETIQ: (971) 4-9000 ext. 5-0364
-----------------------------------	---

SECCION II. DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

Nombre químico	Gas amargo	Fórmula química	H2S
Nombre común		Estado físico	Gas
Sinónimos	Sulfuro de hidrógeno	Clasificación DOT ²	
		Respuesta inicial SETIQ	

Descripción general del producto:

SECCION III. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES

COMPONENTE	%(VOL. PESO)	NUMERO CAS ¹	NUMERO ONU ⁴	CPT ⁵ /CCT ⁶ (ppm)	IPVS ⁷	GRADO DE RIESGO			
						S ⁸	I ⁹	R ¹⁰	E ¹¹
H2S	11.6% MOL	7783-06-4	1050						
Inertes	3.7% MOL								
C1	13.3% MOL								
C2=	1.3% MOL								
C2	16.8% MOL								
C3=	1.3% MOL								
C3	28.1% MOL								
iC4	4.1% MOL								
nC4	11.1% MOL								
iC5	1.3% MOL								
nC5	4.9% MOL								
C6+	1.6% MOL								
CO2	0.9% MOL								

1 Sistema de Energía en el transporte para la industria química	7 Inmediatamente Peligrosa para la Vida o la Salud
2 Clasificación del departamento de transporte de U. S.	8 Grado de Riesgo a la Salud
3 Chemical Abstract Service Number	9 Grado de Riesgo de Inflamabilidad
4 Numero asignado por la Organización de las Naciones Unidas	10 Grado de Riesgo de Reactividad
5 Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (TWA)	11 Grado de Riesgo Especial
6 Concentración... para Corto Tiempo (STEL)	

SECCION IV. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Peso molecular	41,50 g/gmol	% de Volatilidad	No disponible
Temperatura de ebullición(°C)	212,15 K	Color	Incoloro
Temperatura de fusion (°C)	187,15 K	Olor	olor penetrante
Densidad de vapor(aire = 1)	1,43	Solubilidad en agua(g/100 cc)	Soluble
Densidad relativa(H ₂ O = 1) ²⁰ / ₄ (°C)	0,549	PH	
Presión de vapor (mmHg 37.8 °C)	206 831,72 kg/m2		
Vel. Evaporación(Butil-Acetato = 1)	No disponible		

SECCION V. RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION

Temperatura de inflamación (°C) ⁰		Límites de inflamabilidad o explosividad	Inferior	46%
Temperatura de auto ignición (°C)	533,15 K		Superior	4.3%

<p>Medio de extinción.- Espuma, Vapor de agua, Polvo químico seco, CO2.</p> <p>Equipo de protección personal.- Utilizar mangueras, boquillas, camiones, cascos, pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillos, hachas, palas, garzas para la inyección de espuma, camiones o unidades bombero, cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, red contra incendio perimetral, etc.</p> <p>Procedimiento y precauciones especiales en el combate de incendios.- Mantener la calma. Identificar el sitio del siniestro. Evaluar de ser posible la magnitud. Identificar la sustancia, gas o aceite. Avisar a la central contraincendio. Avisar a la jefatura o personal de guardia del área. Si las condiciones lo permiten arranque la bomba de agua contraincendio y aplique cortina de agua al área afectada a través de los monitores de la red contraincendio. Efectuar los movimientos operacionales necesarios para aislar el sitio del siniestro para su control o eliminación. Si la magnitud del siniestro es tal que no sea posible su control, retirese a una distancia prudente mientras llega ayuda.</p> <p>Condiciones que conducen a otros riesgos especiales.- Evite exponerlo a calor, flama u oxidación.</p> <p>Productos de la combustión nocivos para la salud.- CO y H2O</p>

SECCION VI. RIESGOS DE REACTIVIDAD

<p>Estabilidad.- Sustancia estable.</p> <p>Descomposición en componentes o productos peligrosos.- Óxidos de azufre y vapores altamente tóxicos</p> <p>Polimerización espontánea/condiciones a evitar.- Óxidos de azufre y vapores altamente tóxicos.</p>	<p>Incompatibilidad (sustancia a evitar).- Evitar contacto con fuertes agentes oxidantes.</p>
---	--

SECCION VII. RIESGOS A LA SALUD

<p>EFFECTOS POR EXPOSICIÓN AGUDA.</p> <p>Ingestión.- Llevar de ser posible al afectado a una zona libre contaminación; colocar al paciente acostado de lado para disminuir la posibilidad de aspirar el gas ácido. Evite el vómito, ya que al hacerlo puede aspirar los vapores del gas ácido y llenar de estos los pulmones. Si se aspiró el gas ácido puede causar paro respiratorio, proceder a una respiración artificial. Utilizar en todo momento el equipo de protección personal.</p> <p>Inhalación.- Llevar de ser posible al afectado a una zona libre contaminación; colocar al paciente acostado de lado para disminuir la posibilidad de aspirar el gas ácido, ya que ocasiona irritación a la membrana mucosa, es agente asfíxica y narcótico; causando depresión del sistema nervioso, dolor de cabeza, dificultad al respirar. Una intoxicación severa puede ocasionar delirio, ataques de nervios, inconciencia, coma y convulsiones. Utilizar el equipo de protección personal.</p> <p>Piel (contacto y absorción).- Evitar salpicaduras, ya que produce dermatitis, en caso de que exista el riesgo de mojarse con gasóleo utilizar un equipo impermeable (botas, pantalón, chamarra, guantes, pantalla facial y protección respiratoria). Para trabajos rutinarios bastarán guantes de cuero y ropa de trabajo de algodón. El contacto puede causar irritación con eritemas y dolor; un contacto prolongado puede causar ampollas y en casos extremos necrólisis epidérmica. Lavar inmediatamente con agua en abundancia.</p> <p>Contacto con los ojos.- Ocurre irritación en los ojos en cantidades mas bajas de 0.1 ppm, y concentraciones mayores de 10 ppm provoca irritación, dolor, y sensibilidad en el área ocular. La protección a los ojos se puede proporcionar mediante monogafas o pantallas faciales. Lavar los ojos con agua en abundancia, o suero fisiológico de ser posible, durante varios minutos. Si las lesiones son mas serias o dolorosas se vendarán los ojos sin ejercer presión sobre los globos oculares. Las heridas se pueden presentar en los párpados, conjutivas o globos oculares. No se debe intentar sacar los cuerpos extraños, esto lo hará el médico. Dar atención medica inmediatamente.</p> <p>EFFECTOS POR EXPOSICIÓN CRÓNICA No dispone</p>
<p>COSIDERACIONES ESPECIALES.</p> <p>Cancerígeno <input type="checkbox"/> *Indicar _____</p> <p>Mutagénico <input type="checkbox"/> Instituciones que clasifican (NIOSH, OSHA, ACGIH, Incluir NOM-010-STPS)</p>

Teratogénico

Otros*

Información complementaria.-

No dispone

PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos.-

La protección a los ojos se puede proporcionar mediante monogafas o pantallas faciales y en algunos casos cuando las concentraciones son altas se debe complementar la protección respiratoria usando máscara con bote químico o suministro de aire. El gasóleo es irritante a exposiciones agudas ; causando dolor, punzadas, ceguera. Una exposición prolongada puede causar conjuntivitis y pérdida de la vista. Lavar con grandes cantidades de agua por varios minutos o con suero fisiológico; si la lesión es severa aplicar vendaje sin ejercer presión sobre los ojos. Dar atención médica inmediatamente.

Contacto con la piel.-

Evitar salpicaduras, ya que produce dermatitis, en caso de que exista el riesgo de mojarse con gasóleo utilizar un equipo impermeable (botas, pantalón, chamarra, guantes, pantalla facial y protección respiratoria). Para trabajos rutinarios bastarán guantes de cuero y ropa de trabajo de algodón. El contacto puede causar irritación con eritemas y dolor; un contacto prolongado puede causar ampollas y en casos extremos necrólisis epidérmica. Lavar inmediatamente con agua en abundancia. **Ingestión**
No disponible.

Inhalación

Llevar de ser posible al afectado a una zona libre contaminación; colocar al paciente acostado de lado para disminuir la posibilidad de aspirar el gas ácido, ya que ocasiona irritación a la membrana mucosa, es agente asfixiante y narcótico; causando depresión del sistema nervioso, dolor de cabeza, dificultad al respirar. Una intoxicación severa puede ocasionar delirio, ataques de nervios, inconciencia, coma y convulsiones. Utilizar el equipo de protección personal..

Otros riesgos

No disponible.

Datos para el medico

No disponible.

Antídoto (datos, en caso de existir

No disponible.

SECCION VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

No disponible.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.-

Controles de Ingeniería:

Respiratorio:

No disponible.

Ojos:

No disponible.

Manos

No disponible.

Ventilación:

No disponible.

SECCION X. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN

SECCION XI INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA

No disponible.

SECCION XII. INFORMACIÓN SOBRE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Dispositivos de seguridad para el almacenamiento:

Cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, inyección sub-superficial, red perimetral contraincendio, drenajes pluvial y aceitoso, diques de contención y conexiones a tierra.

Equipo de seguridad adicional para el almacenamiento:

Alarmas por alto y bajo nivel, sistema remoto de medición, válvulas de venteo de emergencia, sistema de muestreo cerrado, válvulas de presión y vacío, techo interno flotante, transmisor e indicador de nivel y temperatura

Recomendación para el manejo y almacenamiento:

Utilizar el equipo de seguridad.

Evitar el almacenamiento cerca de sustancias incompatibles.

Otras precauciones:

Para el transporte y almacenamiento la gasolina se clasifica de acuerdo al Diario Oficial de la Federación como clase 3 (Líquido Inflamable)

HOJA DE SEGURIDAD		CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES, S.A. DE C.V.	
PROYECTO: ANÁLISIS DETALLADO DE RIESGO (ADR) REFINERÍA "ING. ANTONIO DOVALÍ JAIME"		LUGAR: Salina Cruz, Oaxaca.	FECHA: DIC/15/1996
COMPONENTE RIESGOSO			
NOMBRE: Hidrógeno			
COMPOSICIÓN DE LA SUSTANCIA			
Elemento puro			
CLASIFICACIÓN	Número de CAS: 1333-74-0 Número de UN: 1049	DATOS GENERALES	Nombre del fabricante o importador: PEMEX - Refinación En caso de emergencia comunicarse al teléfono o fax número: (971) 4-9000 ext. 5-0364
PRECAUCIONES ESPECIALES			
Precauciones que deben ser tomadas para el almacenamiento y manejo:			
<u>Dispositivos de seguridad para el almacenamiento:</u> Cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, red perimetral contraincendio, drenajes pluvial y aceitoso, diques de contención y conexiones a tierra.	<u>Equipo de seguridad adicional para el almacenamiento:</u> Alarmas por alto y bajo nivel, sistema remoto de medición, válvulas de venteo de emergencia, sistema de muestreo cerrado, válvulas de presión y vacío, techo interno flotante, transmisor e indicador de nivel y temperatura.	<u>Recomendación para el manejo y almacenamiento:</u> Utilizar el equipo de seguridad. Evitar el almacenamiento cerca de sustancias incompatibles.	<u>Otras precauciones:</u> Para el transporte y almacenamiento, el aceite se clasifica de acuerdo al Diario Oficial de la Federación como clase 2 (Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión).
PROPIEDADES FÍSICAS			
Nombre comercial y nombre químico	Hidrógeno	Densidad de vapor (aire=1)	0,07
Sinónimos	Gas hidrógeno	Reactividad en agua	No disponible
Fórmula química	H ₂	Velocidad de evaporación (butil-acetato=1)	No disponible
Peso molecular	20 g/gmol	Temperatura de autoignición	773,15 K
Densidad a temperatura inicial (li)	No disponible	Temperatura de fusión	14,15 K
Temperatura de ebullición	20,15 K	Densidad relativa	No disponible
Calor de vaporización (l₂)	No disponible	Solubilidad en agua	1,82 % @ 293,15 K
Calor de combustión (como líquido)	No disponible	Estado físico	Gas
Calor de combustión (como gas)	No disponible	Color y olor	Incoloro
Temperatura del líquido en proceso	No disponible	Punto de inflamación	No disponible
Volumen a condiciones normales	No disponible	Volatilidad (%)	No disponible
Volumen del proceso	No disponible	Gravedad específica (H₂O=1)	0,09 kg/m ₃
Presión de vapor	No disponible		
RIESGOS PARA LA SALUD			
Ingestión accidental. Llevar de ser posible al afectado a una zona libre contaminación. La ingestión de un gas es imposible. En caso de ingerirse en estado líquido, pueden existir quemaduras por congelamiento en labios, boca, membrana mucosa. es casi improbable dar tratamiento por la ingestión de hidrógeno, en caso de ocurrir efectos adversos dar tratamiento sintomático. Dar atención médica. Utilizar en todo momento el equipo de protección personal.			
Contacto con los ojos. La protección a los ojos se puede proporcionar mediante monogafas o pantallas faciales y en algunos casos se debe complementar la protección respiratoria usando máscara con bote químico o suministro de aire. A exposiciones agudas, no existen casos reportados, sin embargo, debido a la rápida evaporación, el líquido provoca quemaduras por congelamiento con enrojecimiento, dolor, visión borrosa. Es improbable dar tratamiento por el contacto con el gas; en caso de ocurrir el contacto con el gas licuado lavar con grandes cantidades de agua por varios minutos o con suero fisiológico; si la lesión es severa aplicar vendaje sin ejercer presión sobre los ojos. Dar atención médica inmediatamente.			
Contacto con la piel. A exposiciones agudas no existen casos reportados. Debido a la rápida evaporación, el líquido causa quemaduras por congelamiento con enrojecimiento de la piel, escalofríos, dolor o entumecimiento, en casos mas severos el área afectada puede llegar a quedar blanca y endurecida y con ampollas. En caso de quemaduras por congelamiento, lavar el área afectada con agua caliente, de no ser posible, cubrir la piel sin ejercer presión al cubrir; permita la circulación de la sangre y ejercite la piel dando masaje el aceite. Utilizar en todo momento equipo de protección personal (botas, pantalón, chamarra, guantes, pantalla facial y protección respiratoria). Para trabajos rutinarios bastarán guantes de cuero y ropa de trabajo de algodón. Lavar inmediatamente con grandes cantidades de jabón y agua en abundancia por al menos durante 15 minutos.			

HOJA DE SEGURIDAD		CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES, S.A. DE C.V.	
PROYECTO: ANÁLISIS DETALLADO DE RIESGO (ADR) REFINERÍA "ING. ANTONIO DOVALÍ JAIME"		LUGAR: Salina Cruz, Oaxaca.	FECHA: DIC/15/1996
COMPONENTE RIESGOSO			
NOMBRE: Hidrógeno			
RIESGOS PARA LA SALUD			
Inhalación. Si el afectado inhaló grandes cantidades, llevarlo de ser posible a una zona libre de contaminación. Atúa como asfixiante simple. Los síntomas de asfixia dependerán de la rapidez en la cual disminuya la cantidad de oxígeno y del tiempo de exposición. A exposiciones súbitas la inconciencia puede ser inmediata. En una exposición a bajas concentraciones provoca rapidez en la respiración y pulso, necesidad de aire, disnea, dolor de cabeza, sensaciones de escalofríos, incoordinación, inestabilidad emocional y fatiga. Conforme la asfixia progresa causa náuseas, vómito, colapso, inconciencia, convulsiones, coma y muerte en ocasiones. Si ha dejado de respirar dar respiración artificial. Mantener suministro de oxígeno de ser posible. Mantener al afectado caliente y descansando. Dar tratamiento sintomático. Dar atención médica inmediatamente. Utilizar el equipo de protección personal en todo momento.			
Daño genético. Sustancia clasificada no carcinogénica.	TOXICIDAD	TLV <small>Instantáneo</small> TLV <small>8 h</small> TLV <small>60 min</small>	Dato no disponible Dato no disponible Dato no disponible
RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN			
Medio de extinción.	() Niebla de agua (X) Espuma	() Vapor de agua (X) Polvo químico seco	(X) CO ₂
Equipo especial de protección (general) para combate de incendio. Utilizar mangueras, boquillas, camiones, cascos, pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillos, hachas, palas, garzas para la inyección de espuma, camiones o unidades bombero, cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, red contra incendio perimetral.	Procedimiento especial de combate de incendio. Mantener la calma. Identificar el sitio del siniestro. Evaluar de ser posible la magnitud. Identificar la sustancia, gas o aceite. Avisar a la central contraincendio. Avisar a la jefatura o personal de guardia del área.		
Condiciones que conducen a un peligro de fuego y/o explosión no usuales. Evite el calentamiento moderado de los recipientes o exponerlo a flamas, a temperaturas ambiente relativamente altas. Debido a la baja electronegatividad del H ₂ el flujo o agitación pueden generar cargas electrostáticas generando chispas con una fuente de ignición posible.	Si las condiciones lo permiten arranque la bomba de agua contraincendio y aplique cortina de agua al área afectada a través de los monitores de la red contraincendio. Efectuar los movimientos operacionales necesarios para aislar el sitio del siniestro para su control o eliminación. Si la magnitud del siniestro es tal que no sea posible su control, retirese a una distancia prudente mientras llega la ayuda.		
Inflamabilidad: Límite Superior de Inflamabilidad: 75,00% Límite Inferior de Inflamabilidad: 4,00%	Productos de la combustión. No disponible.		
DATOS DE REACTIVIDAD			
Clasificación de sustancias por su actividad química. reactividad con el agua y potencial de oxidación			
Sustancia estable o inestable. Sustancia estable.	Condiciones a evitar. Evitar contacto con calor, chispas, flamas o alguna fuente de ignición posible. Evite mezclas con aire, evite daño físico de los recipientes de almacenamiento		
Incompatibilidad, sustancias a evitar. Metales alcalinos, carbonato de calcio, dióxido de cloro, difluoruro diazono, óxido dinitrógeno, tetraóxido de dinitrógeno, fluor, copuestos halogenados, alcohol isopropílico, compuestos nitrogenados, agentes oxidantes, oxígeno, difluoruro de oxígeno, paladio, trifluoruro de paladio, 1-pentol, monofluoruro de carbón, hidrocarburos saturados, hexafluoruro de carbón	Polimerización peligrosa. No ocurre polimerización peligrosa.		
	Descomposición de componentes peligrosos. Ninguno peligroso.		
CORROSIVIDAD			
Clasificación de la sustancia por su grado de corrosividad: Sustancia clasificada no corrosiva.			
RADIOACTIVIDAD			
Clasificación de la sustancia radioactiva: Sustancia clasificada no radioactiva.			



PEMEX-REFINACION
REFINERÍA "ING. ANTONIO DOVALI JAIME"
UNIDAD DE PRODUCCION

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUBSTANCIAS QUIMICAS

Nombre producto **TURBOSINA PRIMARIA**

Fecha de Elaboración	FEBRERO DEL 2003	Fecha Revisión:	FEBRERO DEL 2005
----------------------	------------------	-----------------	------------------

Nota: Leer y Comprender esta hoja de datos antes de manipular o disponer del producto

SECCION I. DATOS GENERALES

FABRICANTE: PEMEX - REFINACION	EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A SETIQ: (971) 4-90-00 Ext: 50364
---	---

SECCION II. DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

Nombre químico	Turbosina	Fórmula química	No disponible
Nombre común	Turbosina primaria	Estado físico	Líquido
Sinónimos	Turbosina amarga	Clasificación DOT ²	
		Respuesta inicial SETIQ	

Descripción general del producto:

SECCION III. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES

COMPONENTE	%(VOL. PESO)	NUMERO CAS ³	NUMERO ONU ⁴	CPT ⁵ /CCT ⁶ (ppm)	IPVS ⁷	GRADO DE RIESGO			
						S ⁸	I ⁹	R ¹⁰	E ¹¹
N2				9.7 ppm					
S	0.3 % Peso								
AROMÁTICOS	16.7 % Vol								
ACIDEZ				0.023 mg KOH/g					

1 Sistema de Energía en el transporte para la industria química	7 Inmediatamente Peligrosa para la Vida o la Salud
2 Clasificación del departamento de transporte de U. S.	8 Grado de Riesgo a la Salud
3 Chemical Abstract Service Number	9 Grado de Riesgo de Inflamabilidad
4 Numero asignado por la Organización de las Naciones Unidas	10 Grado de Riesgo de Reactividad
5 Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (TWA)	11 Grado de Riesgo Especial
6 Concentración.. para Corto Tiempo (STEL)	

SECCION IV. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Peso molecular	157 g/gmol	Volumen a condiciones normales	No disponible
Temperatura de ebullición(°C)	437.15 K	Volumen del proceso	0.01 m ³ /s
Temperatura de fusion (°C)	No disponible	Presión de vapor	No aplica
Densidad de vapor(aire = 1)	No disponible	Reactividad en agua	No hay reactividad
Densidad relativa(H ₂ O = 1) ²⁰ / ₄ (°C)	0.80 @ 293.15 K	Punto de Inflamación	325.15 K
Presión de vapor (mmHg 37.8 °C)	No disponible	% de Volatilidad	No disponible
Vel. Evaporación(Butil-Acetato = 1)	No disponible	Color y Olor	Incoloro
Calor de vaporizacion	251.04 KJ/kg	Volatilizad (%)	No disponible
Calor de combustión (como liquido)	46.03 KJ/kg	Solubilidad en agua(g/100 cc)	Insoluble
Calor de combustión (como gas)	No aplica	PH	
Temperatura del liquido en proceso	428.15 K		
Temperatura de Autoignición	502.15 K		
Temperatura de fusión	No disponible		

SECCION V. RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION

Temperatura de inflamación (°C)	No disponible	Limites de inflamabilidad o explosividad	Inferior	0.70%
Temperatura de auto ignición (°C)	502,15 K		Superior	5.00%

<p>Medio de extinción.- Polvo químico seco, espumas de dióxido de carbón (CO₂).</p> <p>Equipo de protección personal.- Usar el equipo de protección el contacto de esta sustancia con la piel, se ser necesario utilizar equipo de protección respiratorio autónomo aprobado por NIOSH.</p> <p>Procedimiento y precauciones especiales en el combate de incendios.- Mantener la calma Identificar el sitio del siniestro. Evaluar de ser posible la magnitud. Identificar la sustancia, gas o aceite. Avisar a la central contraincendio. Avisar a la jefatura o personal de guardia del área. Si las condiciones lo permiten arranque la bomba de agua contraincendio y aplique cortina de agua al área afectada a través de los monitores de la red contraincendio. Efectuar los movimientos operacionales necesarios para aislar el sitio del siniestro para su control o eliminación. Si la magnitud del siniestro es tal que no sea posible su control, retírese a una distancia prudente mientras llega ayuda.</p> <p>Condiciones que conducen a otros riesgos especiales.- Evite el sobre calentamiento de los contenedores, estos pueden agrietarse violentamente el ser expuestos al calor. Derrames que alcancen una flama. Los vapores no controlados que alcanzan una fuente de ignición pueden conducir a una explosión evitar.</p> <p>Productos de la combustión nocivos para la salud.- CO₂ y H₂O</p>

SECCION VI. RIESGOS DE REACTIVIDAD

<p>Estabilidad.- Sustancia estable a presión</p>	<p>Incompatibilidad (sustancia a evitar).- Evitar contacto con fuertes agentes oxidantes, con ácido nítrico.</p>
<p>Descomposición en componentes o productos peligrosos.- Dato no disponible</p>	
<p>Polimerización espontánea/ condiciones a evitar.- No ocurre polimerización peligrosa.</p>	

SECCION VII. RIESGOS A LA SALUD

<p>EFFECTOS POR EXPOSICIÓN AGUDA.</p> <p>Ingestión accidental.- Llevar de ser posible al afectado a una zona libre de contaminación. Evite el vómito, ya que al hacerlo puede . Si la cantidad es considerable se debe practicar el lavado estomacal. La turbosina causa quemaduras al tracto intestinal, seguido de náuseas, vómito, depresión del sistema nervioso central, dolor de cabeza, coma e irritación pulmonar. Si al ingerir turbosina se aspiró vapores y causa paro respiratorio, proceder a una respiración artificial, dar atención médica inmediatamente. Utilizar en todo momento el equipo de protección personal.</p> <p>Inhalación. Evitese y en caso de existir la inhalación llevar de ser posible al afectado a una zona libre contaminación, de ser posible suministrar oxígeno al afectado, ya que ocasiona irritación a la membrana mucosa, es agente asfixiante causando depresión del sistema nervioso, dolor de cabeza, dificultad al respirar. Y si se inhala en grandes cantidades puede ocasionar paro respiratorio. Utilizar el equipo de protección personal.</p> <p>Piel (contacto y absorción).- Evitar el contacto con la sustancia, en caso de que exista el riesgo de mojarse con tyrosine, utilizar un equipo impermeable (botas, pantalón, chamarra, guantes, pantalla facial y protección respiratoria). Para trabajos rutinarios bastarán guantes de cuero y ropa de trabajo de algodón con la camisa totalmente abotonada. El contacto puede causar irritación. Lavar inmediatamente con agua y jabón en abundancia. Y despojar de la ropa contaminada al afectado.</p> <p>Contacto con los ojos.- La protección a los ojos se puede proporcionar mediante monogafas o pantallas faciales y en algunos casos cuando las concentraciones son altas se debe complementar la protección respiratoria usando máscara con bote químico o suministro de aire. El contacto causa dolor, punzadas, ceguera. Lavar con grandes cantidades de agua por varios minutos o con suero fisiológico; si la lesión es severa aplicar vendaje sin ejercer presión sobre los ojos u no intentar sacar los cuerpos extraños de los ojos, esto lo hará el médico. Dar atención médica inmediatamente.</p>
<p>EFFECTOS POR EXPOSICIÓN CRÓNICA No existe información disponible.</p>
<p>COSIDERACIONES ESPECIALES.</p> <p>Cancerígeno <input type="checkbox"/> *Indicar _____</p> <p>Mutagénico <input type="checkbox"/> Instituciones que clasifican (NIOSH, OSHA, ACGIH, Incluir NOM-010-STPS)</p>

Teratogénico

Otros*

Información complementaria.-

La ACGIH y la NOM-010-STPS-1994 no clasifican a esta sustancia como cancerígena.

PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos.- La protección a los ojos se puede proporcionar mediante monogafas o pantallas faciales y en algunos casos cuando la concentraciones son altas se debe complementar la protección respiratoria usando máscara con bote químico o suministro de aire. El contacto causa dolor, punzadas, ceguera. Lavar con grandes cantidades de agua por varios minutos o con suero fisiológico; si la lesión es severa aplicar vendaje sin ejercer presión sobre los ojos y no intentar sacar los cuerpos extraños de los ojos, esto lo hará el médico. Dar atención médica inmediatamente.

Contacto con la piel.- Evitar el contacto con la sustancia, en caso de que exista el riesgo de mojarse con tyrosine utilizar un equipo de impermeable (botas, pantalón, chamarra, guantes, pantalla facial y protección respiratoria). Para trabajos rutinarios bastarán guantes de cuero y ropa de trabajo de algodón con la camisa totalmente abotonada. El contacto puede causar irritación. Lavar inmediatamente con agua y jabón en abundancia. Y despojar de la contaminada al afectado.

Ingestión.- Solicite inmediatamente atención médica.

Inhalación.- Evitese, y en caso desistir la inhalación llevar de ser posible al afectado a una zona libre contaminación, de ser suministrar oxígeno al afectado, ya que ocasiona irritación a la membrana asfixiante causando depresión del sistema nervioso, dolor de cabeza, dificultad al respirar. Y si se inhala en grandes cantidades puede ocasionar paro respiratorio. Utilizar el equipo de protección personal.

Otros riesgos.- No disponible

Datos para el medico.- No disponible.

Antídoto (datos, en caso de existir).- No disponible.

SECCION VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

Generales.- Llamar primeramente al numero telefónico de respuestas en casos de emergencia.

Elimine todas las fuentes de ignición, cigarras, cerillos, flamas, etc.

No tocar ni caminar sobre el producto derramado

Detener fugas si esto es posible hacerlo sin riesgo

Use agua en forma de rocío para reducir los vapores

Aíse el área, hasta que el gas se haya dispersado.

En caso de fuego no extinguirlo, si la fuente dela fuga no ha sido detenida primeramente.

No dirija agua a la fuente dela fuga o a las válvulas de relevo de presión, puede haber congelamiento.

Recomendaciones para evacuación.- Aíse de inmediato el área de la fuga, por lo menos 100 mts. a la redonda. Considere una evacuación inicial de por lo menos 800 mts., en dirección del viento.

En caso de un tanque, carro tanque o autotanque este involucrado en un incendio, considere una evacuación inicial de 1600 mts.

SECCION IX. PROTECCIÓN PERSONAL

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.-

Controles de Ingeniería:

Proveer ventilación que aseguren mantener la exposición por debajo de su TLV.

Instalar estaciones de regaderas-lavaojos en sitios estratégicos.

Respiratorio:

Si se excede de los límites de exposición o si se experimentan irritación, deben emplearse equipo de protección respiratoria aprobado por NIOSH.

La protección respiratoria puede ser necesaria para situaciones de emergencia o no rutinarias.

Ojos: Utilizar gafas de seguridad contra productos químicos y a prueba de salpicaduras, de ser necesario utilice pantalla facial.

Manos: Use guantes apropiados para el manejo de sustancias químicas, dependiendo de las condiciones de uso, puede ser necesario el empleo del equipo de protección adicional tal como delantal, protección a los brazos, botas, overoles, etc. Que eviten el contacto dela sustancia con la piel.

Ventilación:

Debe trabajarse en áreas bien ventiladas.

Debe proveerse ventilación mecánica cuando se trate de espacios confinado, que garantice que el limite de exposición se encuentra dentro de lo permitido. Para mayor información vea el documento de la ACGIH: "Ventilación Industrial, un manual de practicas recomendadas".

SECCION X. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN

NO DISPONIBLE

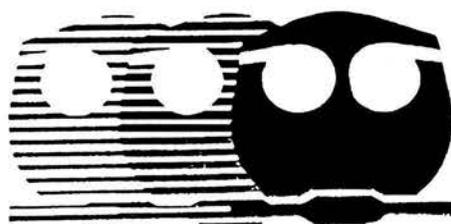
SECCION XI INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA

Si la instalación cuenta con un "Plan de contingencia por sustancias químicas" active este plan.
Tome acciones inmediatamente para contener y eliminar la fuga.
Llame al departamento contraincendio local o en su caso al "Sistema de Emergencia en el Transporte para la Industria Química " SETIQ.

SECCION XII. INFORMACIÓN SOBRE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Dispositivos de seguridad para el almacenamiento: Cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, red perimetral contraincendio, drenajes pluvial y aceitosos, diques de contención y conexiones .
Equipos de seguridad para el almacenamiento: Alarmas por alto y bajo nivel, sistema remoto de medición, válvulas de venteo de emergencia, sistema de muestreo cerrado, válvulas de presión y vacío, techo interno.
Recomendación para el manejo y almacenamiento: Utilizar el quipo de seguridad. Evitar el almacenamiento cerca.
Otras preocupaciones: para el transporte u almacenamiento la gasolina se clasifica de acuerdo al diario oficial de la Federación como clase 3 (Líquido inflamable).

ANEXO G



GLOSARIO



Glosario

Antítesis

Oposición o contrariedad de dos juicios o afirmaciones.

Barril (bbl)

Una medida estándar para el aceite y para los productos del aceite. Un barril = 35 galones imperiales, 42 galones US, ó 159 litros.

Barriles por día (bpd o b/d)

En términos de producción, el número de barriles de aceite que produce un pozo en un período de 24 horas, normalmente se toma una cifra promedio de un período de tiempo largo. (En términos de refinación, el número de barriles recibidos o la producción de una refinería durante un año, divididos por trescientos sesenta y cinco días menos el tiempo muerto utilizado para mantenimiento).

BLEVE

Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición ó "BLEVE", ocurre cuando en forma repentina se pierde el confinamiento de un recipiente que contiene un líquido sobrecalentado o un licuado a presión. La causa inicial de una BLEVE es usualmente un fuego externo impactando sobre las paredes del recipiente sobre el nivel del líquido, esto hace fallar el material y permite la repentina ruptura de las paredes del tanque. Una BLEVE puede ocurrir como resultado de cualquier mecanismo que cause la falla repentina de un recipiente y permita que el líquido sobrecalentado se vaporice. Si el material líquido/vapor descargado es inflamable, la ignición de la mezcla puede resultar en una bola de fuego ó "fireball".

Bola de fuego

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

Carbono

Un elemento sólido que existe de muchas formas incluyendo diamantes, grafito, coque y carbón vegetal. Las combinaciones de carbono con hidrógeno son conocidas como hidrocarburos y



pueden consistir de moléculas muy grandes (tales como polipropilenos) o muy cortas (como metano).

Catalizador

Una sustancia que ayuda o promueve una reacción química sin formar parte del producto final. Hace que la reacción tenga lugar más rápidamente o condiciones de operación menos severas y permanece sin cambio al final de la reacción. (En procesos industriales, sin embargo, el catalizador debe ser cambiado o regenerado periódicamente para mantener una producción económica)

Cetano

Hydrocarburo parafínico de 16 átomos de carbono. (Forma $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$).

Combustible

Es todo aquel material susceptible de arder al mezclarse con un comburente y ser sometido a una fuente de calor.

Combustóleo

Aceites pesados provenientes del proceso de refinación; utilizados como combustibles en plantas de generación de energía, en la industria, en barcos, etc. Futuros (aceites): La venta y compra de aceite a un precio acorde con una fecha de entrega a futuro. El vendedor puede no tener aún el aceite, y ambos comprador y vendedor están especulando sobre como cambiarán los precios en el futuro.

Condensado

Este puede referirse a cualquier mezcla de hidrocarburos relativamente ligeros que permanecen líquidos a temperatura y presión normales. Tendrán alguna cantidad de propano y butano disueltos en el condensado. A diferencia del aceite crudo, tienen poca o ninguna cantidad de hidrocarburos pesados de los que constituyen el combustible pesado. Hay tres fuentes principales de condensado. a).- Los hidrocarburos líquidos que se separan cuando el gas crudo es tratado. Este condensado típicamente consiste de C_5 a C_8 . b).- Los hidrocarburos líquidos provenientes del gas no asociado que son recuperados en la superficie. c).- Los hidrocarburos líquidos que provienen de los yacimientos de gas/condensado. Estos pueden ser apenas distinguibles de un crudo ligero estabilizado.



Combustión

Es la reacción química de un combustible con un oxidante llamado comburente; este fenómeno viene acompañado generalmente por una emisión lumínica y exotérmica (liberación de energía) en forma de llamas o incandescencias, con desprendimiento de productos volátiles o humos, y que puede dejar un residuo de cenizas.

Combustión en lecho Fluidizado

Procedimiento de combustión no contaminante en el que el lecho de combustible asociado a partículas no combustibles se mantiene en estado de suspensión por medio de un flujo ascendente, a través del lecho, del aire para la combustión. Las partículas no combustibles son generalmente cenizas de carbón y un absorbente del azufre, como puede ser la caliza. Según el combustible que se utilice, el lecho fluidizado puede ser estático o móvil y presentar una o varias fases.

Combustión espontánea

Es la combustión que comienza sin aporte externo de calor.

Dardo de fuego

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 ambiente. Si el material entrara en contacto con una fuente de ignición, entonces ocurre un fuego de chorro ó "Jet Fire".

Desfogue

Un método de producción de gas/condensado del yacimiento permitiendo la depresión del mismo sin reinyectar gas. Con este método de producción algunos condensados pueden condensarse dentro del yacimiento donde su recuperación deja de ser operación práctica.

Destilación Fraccionada

Proceso basado en la diferencia de puntos de ebullición de los líquidos en la mezcla de la que van a separarse. Mediante vaporización y condensación sucesiva del aceite crudo en una columna de fraccionamiento, se separarán los productos ligeros dejando un residuo de aceite combustible. La destilación se lleva a cabo en forma tal que se evite cualquier desintegración. Es el proceso básico que tiene lugar en una refinería.



Diagrama de Flujo de Proceso (DFP)

Este diagrama solo muestra las líneas principales de proceso, se indican los valores de temperatura, presión y flujo en varios puntos significativos del diagrama. También se presentan los datos de diseño más importantes, como la carga de calor de un intercambiador, dimensiones de un tanque, etc. Es decir, debe tener una tabla de balance de materia y energía (valores de diseño). Sólo se muestra la instrumentación para el control esencial y sin detalle.

Diagrama de Tubería en Instrumentación (DTI)

Es la representación gráfica de la secuencia de equipos, tuberías y accesorios que conforman una sección de la planta. Debe contener información exacta, clara y completa, con la mínima complejidad, mostrando todos los componentes que forman el sistema que representa. También pueden ser nombrados como Diagrama Mecánico de Flujo o Diagrama de Flujo de Ingeniería.

Diagrama de Localización general

También conocido como PLG (siglas de Plano de Localización General), Plot Plan, etc. Es un diagrama que muestra a escala todos los equipos, instalaciones, edificios y demás objetos de una planta. Es indispensable para la construcción de la planta.

Diesel

Es un combustible hidrocarburo, derivado de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Se consume principalmente en máquinas de combustión interna de alto aprovechamiento de energía, con elevado rendimiento y eficiencia mecánica.

Ergonomía

Estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina.

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 explosión de un líquido en ebullición. 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.



Explosivos

Son los componentes químicos que en estado líquido o sólido reaccionan con calor, golpe o fricción, provocándose un cambio inmediato a gas el cual se desplaza uniformemente en todas direcciones, que provoca un aumento de presión y desarrolla altas temperaturas.

Fuego

Es la oxidación rápida de los materiales combustibles con desprendimiento de luz y calor, y que se clasifican como fuegos clase: A, B, C, y D.

Fuego clase A

Es aquél que se presenta en material combustible sólido, generalmente de naturaleza orgánica, y que su combustión se realiza normalmente con formación de brasas.

Fuego clase B

Es aquél que se presenta en líquidos y gases combustibles e inflamables.

Fuego clase C:

Es aquél que involucra aparatos y equipos eléctricos energizados.

Fuego clase D:

Es aquél en el que intervienen metales combustibles.

Fuego instantáneo:

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 fuego instantáneo ó "Flash fire". Las consecuencias primarias de un fuego instantáneo 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.

Gas amargo

Gas natural que contiene cantidades significativas de ácido sulfhídrico. El gas amargo se trata usualmente con trietanolamina para remover los elementos indeseables.

Gases inflamables o combustibles

Son todos aquellos materiales que en condiciones normales de presión y temperatura no tienen volumen ni forma definida, adoptando la forma del recipiente que los contenga, desprenden



vapores antes de los 37.8 °C, alcanzan fácilmente su temperatura de ignición y tienen una gran velocidad de propagación de llama.

Gasóleo

El aceite intermedio procedente del proceso de refinación; utilizado como combustible en motores diesel, quemado en sistemas de calefacción central y como carga de alimentación para la industria química.

Hidrocarburo.

Cualquier compuesto o mezcla de compuestos, sólido, líquido o gas que contiene carbono e hidrógeno (por ej: carbón, aceite crudo y gas natural).

Hidrosulfuración (HDS)

Proceso para remover azufre de las moléculas, utilizando hidrógeno bajo presión y un catalizador.

Hidrógeno

El más ligero de todos los gases, presente principalmente, combinado con oxígeno y en el agua. El hidrógeno se combina con el carbono para formar una enorme variedad de hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos.

Ignífugo

Es todo aquel material que tiene la característica de inhibir la combustión.

Incendio

Es el fuego que se desarrolla sin control en el tiempo y el espacio.

Incendio de Charco

Cuando un líquido inflamable es descargado 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; si los vapores se encuentran sobre su límite inferior de inflamabilidad y con una fuente de ignición mientras se encuentran los vapores, se forma un incendio del charco o "Pool Fire".

Ingeniería de Proyecto

Son las actividades necesarias para la planeación, ejecución y control de cualquier proyecto. Abarca todos los tipos de servicios de ingeniería, administración, financiero, etc., que se conjuntan para lograr el propósito del proyecto.



Ingeniería Básica

Es la aplicación de las investigaciones en el ámbito de la tecnología para la producción de un producto. En la ingeniería básica se sientan los fundamentos técnicos de un proceso.

Isopletas

Curvas de concentración constante.

Líquido inflamable

Es el líquido que tiene una temperatura de inflamación menor de 37.8 °C.

Líquido combustible

Es el líquido que tiene una temperatura de inflamación igual o mayor de 37.8 °C.

Límite inferior de inflamabilidad

Es la mínima concentración de un gas o vapor inflamable (% por volumen en aire) que se inflama si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.

Límite superior de inflamabilidad

Es la máxima concentración de un gas o vapor inflamable (% por volumen en aire) que se inflama si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.

Mercaptanos

Compuestos fuertemente olorosos de carbono, hidrógeno y azufre que se encuentran en el gas y en el aceite. Algunas veces se agregan al gas natural por razones de seguridad.

Nafta

Un rango de destilados más ligeros que la Kerosina utilizada como carga para la producción de gasolina para motores y para la industria química (Ej.: para elaboración de etileno).

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 tóxico 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.

Peligro

Fuente de riesgo químico, biológico o físico; características de un sistema que representa el potencial para un accidente.



Sociología

Ciencia que trata de la estructura y funcionamiento de las sociedades humanas.

Sólidos combustibles

Son aquellos materiales que arden en estado sólido al combinarse con un comburente y entrar en contacto con una fuente de calor.

Sólidos inflamables

Son aquellos materiales que desprenden vapores antes de los 37.8 °C, alcanzan fácilmente su temperatura de ignición y tienen una gran velocidad de propagación de llama.

Temperatura de inflamación

Es la temperatura mínima a la cual un material combustible o inflamable empieza a desprender vapores sin que éstos sean suficientes para sostener una combustión.

Temperatura de ignición

Es la temperatura mínima a la cual un material combustible desprende suficientes vapores para iniciar y sostener una combustión.

VCE

Explosión por una Nube de Vapor ó "VCE", puede definirse simplemente como una explosión que ocurre en el aire ambiente y causa daños de sobre presión. 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 sobre presiones por la explosión. Este evento se puede generar tanto en lugares confinados como en no confinados.

Volátil

Término que describe sustancias de bajo peso molecular que se evaporan a temperaturas y presiones atmosféricas normales.