

49



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

DETERMINACION DE LOS RIESGOS OPERATIVOS
EN LA BATERIA CENTRAL DE SEN, APLICANDO
EL METODO DE HAZOP

T E S I S

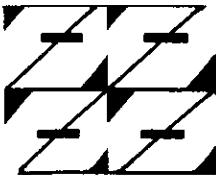
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

RAFAEL ALBERTO GORDILLO CRUZ

DIRECTOR: M.I. MARTHA ELENA ALCANTARA GARDUÑO



MÉXICO, D.F.

285460

NOVIEMBRE DEL 2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/0029/00

ASUNTO: Asignación de Jurado

**ALUMNO: GORDILLO CRUZ RAFAEL ALBERTO
P R E S E N T E.**

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

Presidente:	I.Q. René de la Mora Medina
Vocal:	M. en I. Martha Elena Alcántara Garduño
Secretario:	I.Q. Gabriel Cruz Zepeda
Suplente:	I.Q. Cuauhtémoc Lagos Chávez
Suplente:	Q. Martha Ortiz Rojas

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”
México, D. F., 27 de Junio del 2000.

EL JEFE DE LA CARRERA

I.Q. ARTURO MENDEZ GUTIERREZ

SECRETARIA TECNICA

DEDICATORIA

***Con cariño y admiración a mis padres
Alberto Gordillo Montesinos y Josefa Cruz Márquez
por impulsarme a seguir adelante durante todas las
etapas de mi vida y por mostrarme que el estudio es
la mejor herencia que puede existir.***

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincera gratitud a todos aquellos que colaboraron en la realización de esta tesis, en especial a:

A la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente a la FES "Zaragoza" por aportarme los conocimientos necesarios durante mi formación profesional.

Al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y al Instituto de Ingeniería de la UNAM por su respaldo económico para la realización de este trabajo.

Al personal que labora en el CENAPRED, en especial a la Dra. Georgina Fernández, M.I. Cecilia Izcapa, M.I. María Esther Arcos y al M.I. Rubén Rivera por sus consejos y amistad.

A mi Directora de Tesis M.I. Martha Alcántara por su asesoría, consejos y amistad que me permitieron culminar con éxito la tesis.

Al Ing. Arturo Romero por su ayuda incondicional para elaborar este trabajo.

Al Ing. René de la Mora Medina por darme la oportunidad de realizar la parte fundamental de mi trabajo en las instalaciones del IMP.

Al Ing. Javier Gómez Torralba por sus consejos y ayuda que me impulsaron a seguir adelante.

A los miembros del jurado por el tiempo dedicado para la revisión de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros de la escuela, en especial a Lorena, Adalid, Laura, Jaime, y Gustavo.

ÍNDICE

Página

Índice.....	ii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	v
Lista de Acrónimos.....	vi
Resumen.....	viii

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.....	2
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Alcances.....	5
1.4 Limitaciones.....	5

CAPÍTULO 2 GENERALIDADES

2.1 Seguridad en la Industria de Proceso.....	8
2.2 Seguridad y prevención de pérdidas.....	13
2.3 Las causas de los accidentes.....	14
2.4 Concepto de riesgo.....	18
2.5 Análisis de riesgo.....	21
2.6 Administración de riesgo.....	23
2.7 El desarrollo de los riesgos potenciales.....	24
2.7.1 El inventario de materiales.....	25
2.7.2 La cantidad de energía producida y/o liberada.....	25
2.7.3 El tiempo de liberación y duración del evento.....	26
2.7.4 La relación intensidad - distancia.....	26
2.7.5 El factor de exposición a la que esta sujeta la población y los bienes materiales.....	27
2.8 El riesgo tecnológico.....	27
2.8.1 Magnitud de las consecuencias de un evento.....	28
2.9 Aceptabilidad del riesgo.....	29
2.10 Monitoreo de riesgos.....	30

CAPÍTULO 3 LEGISLACIÓN

3.1 Legislación Mexicana.....	34
3.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	35
3.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	35

3.1.3 Proyecto de Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Actividades Altamente Riesgosas.....	37
3.1.4 Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.....	37
3.1.5 Ley General de Salud.....	38
3.1.6 Ley del Seguro Social.....	39
3.1.7 Ley Federal del Trabajo.....	40
3.1.8 Normas Oficiales Mexicanas.....	40
3.1.9 Programa de Prevención de Accidentes.....	42
3.2 Acuerdos Internacionales.....	43
3.2.1 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.....	43
3.2.2 Tratado de Libre Comercio de América del Norte.....	43
3.2.3 Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte.....	44
3.2.4 Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.....	45
3.2.5 Acuerdo de Cooperación México - Unión Europea.....	46

CAPÍTULO 4 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE RIESGO

4.1 Descripción de los métodos de análisis de riesgo.....	50
4.1.1 Lista de Verificación (Check List).....	51
4.1.2 ¿Que pasa sí? (What if?).....	53
4.1.3 Inspección de Seguridad (Safety Review).....	55
4.1.4 Análisis del Arbol de Fallas (FTA).....	56
4.1.5 Análisis del Arbol de Eventos (ETA).....	58
4.1.6 Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP).....	60
4.1.7 Análisis de Efectos y Modos de Falla (FMEA).....	62
4.1.8 Análisis Preliminar de Riesgo (PHA).....	64
4.1.9 Análisis de Causa - Consecuencia.....	66
4.1.10 Índices Dow y Mond.....	67
4.1.11 Análisis del Error Humano.....	69
4.2 Interrelación de los métodos de análisis de riesgo.....	70
4.3 Criterios de selección.....	72

CAPÍTULO 5 APLICACIÓN DEL METODO DE ANÁLISIS DE RIESGO

5.1 Descripción del proceso.....	79
5.2 Metodología del análisis de riesgo del proceso.....	84
5.3 Metodología del HAZOP.....	85
5.4 Interpretación de las hojas de trabajo de HAZOP.....	86
5.5 Hojas de trabajo HAZOP.....	86

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1 Conclusiones y Recomendaciones.....	116
ANEXOS	
A.1 Lista de Equipo.....	122
A.2 Plano de Localización General de Equipo.....	126
A.3 Hojas de Seguridad del Gas Natural.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	138

INDICE DE TABLAS

Página

CAPÍTULO 2

- 2.1 Lista de accidentes más relevantes que involucran sustancias peligrosas durante el periodo 1970-1997..... 9

CAPÍTULO 3

- 3.1 Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la STPS en materia de generación, manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas..... 41

CAPÍTULO 4

- 4.1 Lista de palabras guía necesarias para llevar a cabo el análisis de riesgo utilizando la técnica HAZOP..... 60
- 4.2 Criterios para la selección de los métodos de evaluación de riesgos..... 74

INDICE DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 2

- 2.1 Etapas en la evaluación predictiva del riesgo 11

CAPÍTULO 4

- 4.1 Interrelación de los métodos de análisis de riesgo..... 71

LISTA DE ACRONIMOS

API= American Petroleum Institute
ASME= American Society of Mechanical Engineers
ASTM= American Society of Testing and Materials
BARPI= Análisis de Riesgos y Contaminación Industrial
CENAPRED= Centro Nacional de Prevención de Desastres
CMA= Chemical Manufactures Association
CPEUM= Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
DFP= Diagrama de Flujo de Proceso
DOF= Diario Oficial de la Federación
DTI= Diagrama de Tubería e Instrumentación
ETA= Event Tree Analysis
FMEA= Failure Mode and Effects Analysis
FTA= Failure Tree Analysis
HAZOP= Hazard and Operability Studies
IMP= Instituto Mexicano del Petróleo
IMSS= Instituto Mexicano del Seguro Social
INE= Instituto Nacional de Ecología
ISA= Instrumentists Society of America
ITSEMAP= Instituto Tecnológico de Seguridad MAPFRE
LFT= Ley Federal del Trabajo
LGEEPA= Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LGS= Ley General de Salud
LSS= Ley del Seguro Social
MHIDAS= The Major Hazard Incident Data Service
NOM= Norma Oficial Mexicana
OECD= Organisation for Economic Co-Operation and Development
ONU= Organización de las Naciones Unidas

PHA= Preliminary Hazard Analysis

PLG= Plano de Localización General de equipo

PNUMA= Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PPA= Programa de Prevención de Accidentes

SECOFI= Secretaría de Comercio y Fomento Industrial

SEMARNAP= Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca

STPS= Secretaría del Trabajo y Previsión Social

TLC= Tratado de Libre Comercio de América del Norte

UNEP= United Nations Environment Programme

RESUMEN

El acelerado crecimiento urbano e industrial que ha experimentado México en las últimas décadas no ha venido acompañado de las suficientes medidas para eliminar el deterioro ambiental y su repercusión sobre la calidad de vida de la población. Es por ello necesario realizar una adecuada planificación para minimizar la ocurrencia de un accidente donde estén involucradas sustancias peligrosas, especialmente en un país como el nuestro donde el desarrollo petrolero y el desenfrenado crecimiento de las ciudades ha propiciado que actualmente se ubiquen centros de distribución de energéticos y áreas industriales en zonas altamente pobladas. De acuerdo a lo anterior, reconocer la necesidad de detectar y prevenir riesgos es una obligación de cualquier entidad productiva que sea consciente de su responsabilidad social.

Por lo tanto, el propósito fundamental de este trabajo es aplicar el método de análisis de riesgos HAZOP al proceso de estabilización de crudo que se lleva a cabo actualmente en la Batería Central Sen, con el fin de determinar los riesgos potenciales más importantes a los que la instalación está sujeta. Así mismo, se presenta la base teórica y legal que obliga a todas aquellas empresas que llevan a cabo actividades consideradas como altamente riesgosas a realizar periódicamente un análisis de riesgo a sus instalaciones.



CAPITULO 1

INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION

Todas las actividades humanas involucran un cierto grado de riesgo y las industrias de proceso no son la excepción. Los accidentes industriales se han presentado en los últimos años de diferentes maneras y magnitudes, destacando por sus efectos los acontecimientos ocurridos en San Juan Ixhuatepec, México (19 de noviembre de 1984); Bophal, India (3 de diciembre de 1984) y Guadalajara, México (22 abril de 1992).

Desde 1962 en que las industrias aeroespaciales y nucleares americanas comenzaron a realizar análisis de riesgos, su uso además de perfeccionarse se ha extendido a multitud de industrias; en la industria química la compañía pionera fue ICI (Imperial Chemical Industries).

Normalmente el concepto de instalación de proceso va asociado a un sistema productivo o a una parte del mismo, en el que intervienen sustancias químicas, que, a través de determinadas operaciones básicas son sometidas a procesos físicos y/o químicos para obtener productos intermedios o acabados.

Tales procesos deben desarrollarse bajo determinadas condiciones de operación, siendo la composición de las sustancias químicas, la cantidad de las mismas en procesos discontinuos o el flujo másico en procesos continuos, la presión y la temperatura, algunas de las variables del sistema que exigen ser perfectamente controladas. Evidentemente, las instalaciones son diseñadas para adecuarse a las condiciones normales de trabajo pero deben ser capaces de soportar alteraciones de operación, aún cuando sean ocasionales, sin generar daños a personas y bienes.

Precisamente el análisis de riesgos requiere considerar todas las variables que condicionan el proceso físico o químico en cuestión, planteándose

alteraciones de las mismas ante posibles fallas o deficiencias, y consecuentemente la capacidad de respuesta de la instalación en base a sus características y a los elementos de seguridad de que están constituidas, muchas de las cuales deben garantizar una respuesta activa e inmediata. Lo anterior no es tarea fácil ya que las posibles alteraciones son diversas y tanto las causas que las originan como sus consecuencias son múltiples e integradas en complejos esquemas secuenciales.

A raíz de la presentación de los eventos accidentales, se inició el desarrollo de tecnologías que permitieran prevenir este tipo de eventos, y en el caso de llegarse a presentar, tomar las medidas correctivas y de atención necesarias; todo lo anterior queda integrado en el concepto de **Análisis de Riesgos**.

El presente trabajo se forma por seis capítulos de los cuales se describe en forma breve su contenido:

El capítulo primero proporciona la introducción sobre la importancia de la elaboración de los análisis de riesgo, así como los objetivos general y particulares de este trabajo, el alcance y limitaciones.

El segundo capítulo proporciona, a manera de antecedente histórico, los accidentes más importantes ocurridos en México y en el extranjero, en el período de 1970 a 1997, en el que se involucraron procesos industriales y sustancias químicas; también se presentan algunos conceptos básicos acerca del análisis de riesgo.

El tercer capítulo presenta la legislación vigente en México y los tratados de cooperación internacional que nuestro país ha firmado para prevenir los posibles accidentes y sus consecuencias debido a la generación y manejo de sustancias químicas peligrosas en actividades consideradas como altamente riesgosas.

El cuarto capítulo muestra los distintos métodos y procedimientos de análisis de riesgos que actualmente se utilizan en aquellas empresas donde se llevan a cabo actividades altamente riesgosas; también se mencionan las ventajas y desventajas de cada una de ellas para que el analista, de acuerdo a las características del proceso a evaluar y de la información disponible, seleccione la más adecuada.

El quinto capítulo presenta las distintas causas, consecuencias y acciones derivadas de la aplicación del método de Análisis de Peligros y Operabilidad (HAZOP) para el proceso de estabilización de crudo de la Bateria Central Sen.

El sexto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis de riesgo aplicado al proceso de estabilización de crudo de la Bateria Central Sen. Dichas recomendaciones están encaminadas a minimizar la probabilidad de ocurrencia de los eventos que pudieran presentarse y poner en riesgo al personal que ahí labora, a la población, al medio ambiente, a las instalaciones y a empresas vecinas.

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar los riesgos operativos involucrados en el proceso de estabilización de crudo en la Bateria Central Sen, aplicando el método HAZOP.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar las distintas leyes, reglamentos y normas vigentes en materia de actividades consideradas altamente riesgosas que existen en México.
- Describir los distintos métodos de análisis de riesgos usados para prevenir la ocurrencia de accidentes en instalaciones industriales.
- Analizar el proceso de estabilización de crudo determinando las zonas de alto riesgo y los puntos débiles del proceso.
- Identificar las sustancias químicas peligrosas generadas y utilizadas, así como los riesgos potenciales de su almacenamiento y disposición.
- Proponer las medidas de seguridad (recomendaciones) para minimizar la probabilidad de que ocurra un accidente.

1.3 ALCANCE

Actualmente la industria petrolera en México tiene gran importancia debido a que genera ingresos por muchos millones de dólares anualmente.

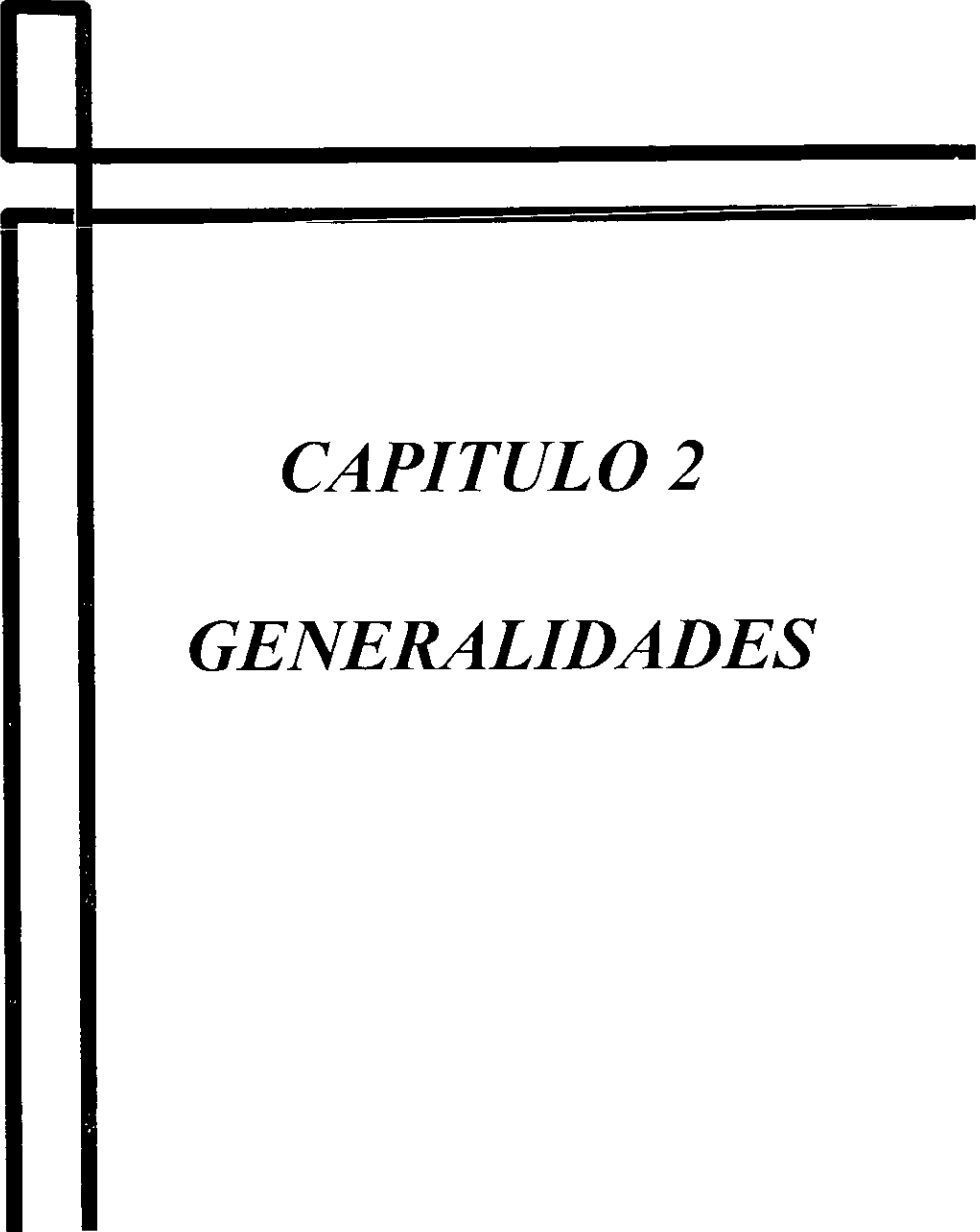
Por esta razón y por el interés de ofrecer protección y seguridad a las comunidades cercanas a las instalaciones industriales y la conservación del medio ambiente, es importante someter a un estudio de riesgo a todos los procesos de considerados de alto riesgo para detectar a tiempo a aquellos eventos que pudieran presentarse y ocasionar accidentes.

El presente trabajo pretende realizar un análisis de riesgo del proceso de estabilización de crudo de la Batería Central Sen, ubicada en Villahermosa, Tab.; dicho análisis se enfoca en determinar las causas, consecuencias y acciones concretas (recomendaciones) que ayudarán a reforzar las precauciones con que cuenta el sistema en estudio.

1.4 LIMITACIONES

Es preciso mencionar que para la elaboración del análisis de riesgo presentado en este trabajo se utilizaron los siguientes documentos referentes al proceso de estabilización de crudo de la Batería Central Sen: Bases de Diseño, Diagrama de Flujo de Proceso, Diagramas de Tubería e Instrumentación, Plano de Localización General de Equipo y Balances de Masa y Energía.

Sin embargo, es importante señalar que no se logró tener contacto visual con las instalaciones de la Batería Central Sen, lo que limitará el análisis y la obtención de resultados más precisos.



CAPITULO 2

GENERALIDADES

CAPITULO 2

GENERALIDADES

2.1 Seguridad en la Industria de Proceso

El creciente interés mundial por los problemas ambientales y los graves accidentes ocurridos han sido paralelos al empleo de la tecnología moderna, es decir, si la industrialización ha dado lugar a un aumento de la esperanza de mejores modos de vida en todos los países, también ha tenido efectos perjudiciales sobre el entorno humano y agrava los riesgos industriales y sociales. En los inicios de la revolución industrial se reflexionó poco acerca de los efectos de la industrialización sobre las personas y el medio ambiente, incluida la salud, el bienestar de los trabajadores y la comunidad. Los efectos ambientales fueron los últimos en despertar el interés, sobre todo en la segunda mitad del siglo XX (Carranza 1995).

En los últimos años el sector químico industrial ha introducido los conceptos y los métodos de la fiabilidad tecnológica en el análisis de la seguridad de las instalaciones. Estos son un conjunto de disciplinas que aún no han sido codificadas claramente y que incluyen el cálculo de probabilidades, estadísticas, lógica matemática, análisis de sistemas, análisis de datos históricos, etc., y han sido aplicadas en la aeronáutica, en la electrónica industrial y en general en la manufactura de productos y sirven de guía en el diseño, construcción y operación de plantas nucleares.

Después de los graves accidentes ocurridos en las últimas décadas en plantas químicas, es una necesidad el aplicar estos conceptos y métodos al análisis de la seguridad. A manera de antecedentes, a continuación se presenta en la tabla 2.1 una selección de accidentes relevantes (que involucraron sustancias químicas) ocurridos en la industria química mundial en el período 1970–1997.

Tabla 2.1 Lista de accidentes más relevantes que involucran sustancias peligrosas durante el periodo 1970-1997

Fecha			País	Origen del accidente	Productos Involucrados
Año	Día	Mes			
1970	24	1	Indonesia, Java	Incendio en un tanque	Keroseno
	17	12	Irán, Agha Jari	Explosión	Gas natural
1972	30	3	Brasil, Duque de Caxias	Falla en el proceso	Gas L P
1974	26	4	EUA, Chicago	Fuga (almacenamiento)	Tetracloruro de silicio
	1	6	RU, Flixborough	Explosión	Ciclohexano
	27	12	España, Málaga	Fuga	Cloro
1975	16	6	Alemania, Heimstetten	Incendio en almacén	Oxido de nitrógeno
	14	12	EUA, Niagara Falls	Explosión	Cloro
1976	13	4	Finlandia, Lapua	Explosión	Pólvora
	10	7	Italia, Seveso	Fuga	TCCD (Dioxina)
	10	12	EUA, Baton Rouge	Explosión (planta)	Cloro
1977	7	3	México, Cuernavaca	Fuga	Amoniaco
	19	6	México, Puebla	Fuga	Cloruro de vinilo
1978	16	6	Japón, Sendai	Almacén	Aceite crudo
	3	8	Italia, Manfredonia	Planta	Amoniaco
1979	28	3	EUA, Three Mile Island	Falla en el reactor	Nuclear
	3	6	México, Golfo de México	Explosión en plataforma	Aceite
1980	5	6	Malasia, Port Kelang	Incendio	Sustancias químicas
	16	8	Japón, Shizuoka	Explosión	Metano
	29	11	España, Ortuella	Explosión	Propano
1981	13	2	EUA, Louisville	Fuga y explosión	Hexano
	1	6	EUA, Geismar	Fuga	Cloro
1982	19	12	Venezuela, Tocoa	Explosión en un tanque	Aceite combustible
1983	10	10	Nicaragua, Corinto	Explosión en un tanque	Aceite combustible
1984	22	1	EUA, Suaget	Industria	Tricloruro de fósforo
	25	2	Brasil, Cubatao	Explosión en tubería	Gasolina
	16	8	Brasil, Río de Janeiro	Fuga e incendio en plataforma	Gas
	3	9	EUA, Omaha	Fuga (almacenamiento)	Acido nítrico
	6	10	EUA, Linden	Tanque sobre calentado	Malatión
	19	11	México, San Juan Ixhuatepec	Explosión (tanque de almacenamiento)	Gas LP
	3	12	India, Bhopal	Fuga	Metil isocianato
1985	4	12	India, Nueva Delhi	Derrame	Acido sulfúrico
	26	4	URSS, Chernobyl	Explosión del reactor	Nuclear
1986	25	12	México, Cárdenas	Fuga (tubería)	Gas
	30	10	EUA, Texas	Falla en el proceso	Acido hidrofúorico
1987	15	12	México, Minatitlán	Falla en el proceso	Acrilonitrilo
	15	6	Italia, Genova	Explosión	Hidrógeno
1988	23	6	México, Monterrey	Explosión	Gasolina
	6	7	RU, Mar del Norte	Explosión e incendio (plataforma)	Aceite, gas

	3	9	EUA, Los Angeles	Falla en el proceso, derrame	Hipoclorito de sodio
	22	10	China, Shanghai	Explosión en refinería	Petroquímicos
1989	4	6	URSS, Acha Ufa	Explosión en tubería	Gas
1990	9	4	EUA, Warren	Explosión e incendio	Butano
	5	7	EUA, Channelview	Explosión	Sustancias químicas
	25	7	RU, Birmingham	Incendio, nube de gas	Fosfeno, hidrógeno cloro, metanol
1991	3	11	EUA, Chalmette	Explosión en refinería	Nube de gas inflamable
	12	1	EUA, Port Arthur	Incendio en refinería	Petróleo
	14	2	Corea, Dacsan	Explosión	Hidrógeno gas
	12	3	EUA, Seadrift	Explosión (planta química)	Oxido de etileno
	3	11	EUA, Beaumont	Incendio en refinería	Hidrocarburos
	29	12	México, San Luis Potosí	Fuga	Butano
1992	22	4	México, Guadalajara	Explosión en el drenaje de la ciudad	Hidrocarburos
	16	10	Japón, Sodegaura	Fuga, explosión	Hidrógeno
	9	11	Francia, Chateaufneuf. L.	Fuga (refinería)	Propano, butano, nafta
1993	22	2	Alemania, Frankfurt	Fuga	o - Nitroanisol
	11	10	China, Baohe	Explosión	Gas natural
	1	11	Vietnam, Nam Khe	Derrame, explosión	Petróleo
1994	26	7	Corea, Inchon	Explosión	1 - hydroxi benzo triazol
	13	11	India, Nueva Delhi	Incendio en almacén de sustancias químicas	Nube tóxica (sustancias químicas)
1995	15	7	Irán, Astará	Fuga	Cloro
	24	10	EUA, Bogalusa	Nube de gas	Tetraóxido de nitrógeno
1996	11	1	Rusia, Toyatti	Explosión en planta química	Sustancias químicas
	20	2	México, Cd. de México	Explosión (planta química)	Mercaptanos
1997	26	1	EUA, Martínez	Incendio y explosión	Hidrocarburos
	19	2	Rusia, Khabarovsk	Explosión (planta química)	Cloro
	1	4	El Salvador, Acajutla	Fábrica de jabón en polvo	Cloro

Fuente: OECD, MHIDAS, UNEP, BARPI.

Nota: Criterios de inclusión de la tabla 2.1

- 25 muertes o más; o
- 125 lesionados o más;
- 10 mil evacuados o más; o 10 mil personas o más privadas de agua;
- 10 millones de US\$ o más en daños a terceros.

En la tabla 2.1 se observa que una de las sustancias con mayor incidencia en los accidentes son los hidrocarburos, seguidos por el amoníaco, el cloro y los solventes.

Las zonas habitacionales construidas cerca de complejos industriales tienen una probabilidad mayor de sufrir daños debido a accidentes que sucedan en el interior de la planta y tener pérdidas tanto humanas como materiales.

El interés y la atención en este tipo de problemas ya no sólo entra en el campo técnico-científico de la protección industrial, sino que concierne a los intereses de la comunidad entera; por este motivo México tiene leyes aprobadas para obligar a los administradores de las plantas químicas a que presenten ante las autoridades correspondientes un estudio de riesgo (Piccinini, 1998).

El estudio de riesgo lo solicita el INE a través de la SEMARNAP con el propósito de evaluar la seguridad con que cuentan las industrias que realizan actividades consideradas altamente riesgosas. El estudio de riesgo debe contener, por lo menos, las fases indicadas en la figura 2.1. Este estudio inicia teniendo en cuenta el proceso y sus puntos críticos, las características de los productos manejados (toxicidad, inflamabilidad, corrosividad, reactividad, materiales incompatibles, etc.) y el comportamiento humano, así como los factores externos a la planta, tanto naturales como intencionales.

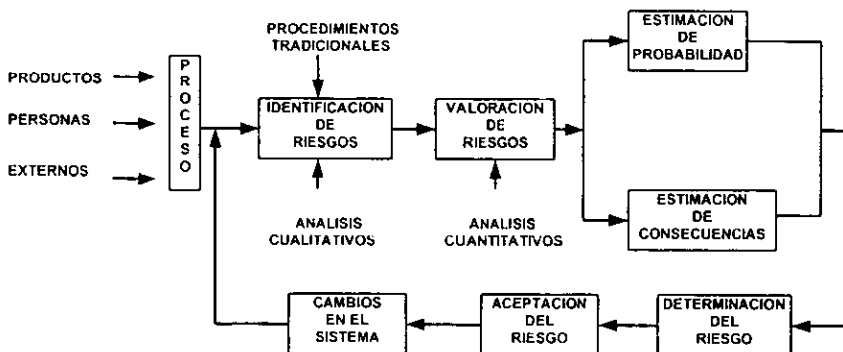


Figura 2.1 Etapas en la evaluación predictiva del riesgo (Piccinini, op.cit)

- Identificación de riesgos: Estos componentes del sistema en estudio aportan información sobre los riesgos que deben ubicarse utilizando los medios tradicionales, como son las listas de verificación, inspecciones de seguridad, manual de operaciones, bases de datos de accidentes, revisión de códigos (ASME, API, ISA, NEC, CMA, ASTM, etc.) y con los actuales procedimientos de análisis cualitativos (HAZOP, PHA, FMEA, etc.).

- Valoración de riesgos: Para determinar la probabilidad de ocurrencia de riesgos, se utiliza el *análisis probabilístico* que emplea normalmente las bases de datos de fiabilidad de componentes, estructuras y equipos, algoritmos para el cálculo de la probabilidad compuesta de los sucesos o conjunto de sucesos, así como el comportamiento humano, teniendo en cuenta su experiencia, formación técnica, información sobre la actividad, horario, procedimiento de trabajo, factores ambientales o ergonómicos, etc (Piccinini, *op.cit*).
- Estimación de consecuencias: Finalmente se realiza la estimación de las consecuencias del posible accidente, teniendo en cuenta a la población e industrias circundantes, topografía, meteorología, vías y sistemas de comunicación, etc. Esta información se utiliza en modelos de simulación que pueden ser de dos tipos: el que investiga los efectos resultantes del correspondiente fenómeno físico (emisión de gases y vapores, nubes formadas por la evaporación de líquidos en tierra/agua así como su dispersión y transporte, emisión de radiación por fuentes de calor, etc.) y el que estudia los efectos y daños resultantes sobre el entorno y propiedades (mediante modelos de vulnerabilidad y de toxicidad).
- Determinación del riesgo: Con estos modelos se determina el *riesgo global*, que puede compararse con el de otras instalaciones similares al realizar una evaluación aproximada del riesgo residual no analizado; queda únicamente la decisión de si es o no aceptable el valor del riesgo o procede realizar alguna modificación en el sistema para reducirlo (Piccinini, *op.cit*).
- Aceptación del riesgo: Una vez identificado el riesgo, la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias, se procede a aceptar o no el nivel del riesgo. El nivel de riesgo permitido se establece comúnmente en términos de mortalidad y pérdidas económicas y cada empresa define los límites. Si estos límites previamente establecidos se sobrepasan, la administración de la planta debe realizar cambios en el sistema para mejorar la seguridad.
- Cambios en el sistema: Si el riesgo identificado no es aceptable, es decir las consecuencias en caso de ocurrir son grandes, deben llevarse a cabo un conjunto

de acciones que permitan mantener bajo control el riesgo, aumentando así la seguridad de la planta.

2.2 Seguridad y prevención de pérdidas

El control de cada uno de los riesgos identificados es posible sólo a través de un manejo eficaz por parte de la dirección de la empresa, ya que debe procurar y administrar las técnicas necesarias y al personal calificado para detectar y minimizar los riesgos. El primer interés en la prevención de pérdidas debe estar enfocado al manejo formal de la organización, la elaboración de procedimientos, el empleo de estándares, códigos y personal técnico bien capacitado (Lees, 1991).

Cuando los sistemas son de una escala pequeña, relativamente de bajo riesgo y cambian lentamente a través de los años, son capaces de ajustar sus medidas de seguridad por prueba y error. Esto no es simple con los sistemas de mayor tamaño, porque los cambios tecnológicos son rápidos y las consecuencias de los errores cometidos son grandes (Lees, *op.cit*).

De esta manera la prevención de pérdidas debe tomar en cuenta que:

1. Los avances tecnológicos están asociados con los grandes riesgos en las plantas de proceso, y
2. El manejo directivo debe estar a la vanguardia en relación a la prevención de riesgos.

Las características para la prevención de pérdidas son:

1. El uso de técnicas confiables de ingeniería.
2. El desarrollo de planes de emergencia.
3. El desarrollo de técnicas para la identificación de riesgos.
4. El desarrollo de técnicas para la cuantificación de riesgos.
5. El principio de independencia en evaluaciones e inspecciones críticas.

6. Realización de críticas hacia las prácticas tradicionales, códigos existentes, estándares o regulaciones donde estos parecen obsoletos frente al cambio tecnológico.

La identificación de riesgos es importante ya que una gran parte del trabajo está hecho si el riesgo es identificado. Nuevas y confiables tecnologías se han desarrollado para identificar los riesgos en las diferentes etapas de un proyecto. Esto incluye, entre otros elementos, determinar los índices de riesgo, estudios de análisis de riesgo y operabilidad y auditorías de seguridad a plantas.

Ciertos aspectos de un sistema pueden ser en especial críticos y requerir de una inspección independiente como son la evaluación de los sistemas de protección, las auditorías de seguridad de plantas y la inspección de recipientes sujetos a presión (Lees, *op.cit*).

En la prevención de pérdidas, se requiere hacer continuamente una inspección crítica de las prácticas tradicionales o reglas existentes, estándares o regulaciones donde estos van quedando obsoletos debido al continuo cambio tecnológico.

Los problemas que reciben un tratamiento especial en la prevención de pérdidas son observados de alguna manera con más atención, en especial los accidentes personales, los cuales son analizados tradicionalmente en la seguridad de las industrias de proceso.

2.3 Las causas de los accidentes

Son muchas las causas de los accidentes (unas menos y otras más determinantes), por lo que la persona que realizará el estudio de riesgo debe saber como detectarlas y corregirlas. La finalidad de investigar un accidente es descubrir las causas del mismo, así como las circunstancias y prácticas peligrosas que lo ocasionaron, con el propósito de tomar las medidas necesarias para evitar que se repita. Para lograr este objetivo se necesita contar con una amplia y completa información acerca de lo que originó el accidente, o sea de todas las

causas susceptibles de corrección y no sólo de la causa principal (Carranza, *op.cit*).

Los accidentes se originan de una combinación particular de eventos y circunstancias indeseables. Un accidente puede ser definido como *una secuencia de eventos indeseables, con consecuencias de daño a la población, a los bienes materiales y al medio ambiente*. El primer elemento de la secuencia se denomina "*evento iniciador*"; este podría ser el único elemento de la secuencia, pero comúnmente, entre el evento inicial y las consecuencias se desarrollan uno o más eventos intermedios (Piccinini, *op.cit*).

Los "*eventos intermedios*" son la respuesta del sistema y de los operadores al evento iniciador. Diferentes respuestas al mismo evento iniciador originan distintas consecuencias accidentales e inclusive cuando las consecuencias fueran del mismo tipo, se tendrán magnitudes diferentes.

El considerar un accidente como una *secuencia de eventos* es importante en cuanto que cada uno representa una oportunidad para disminuir la probabilidad de ocurrencia o la gravedad de las consecuencias.

La respuesta del sistema y de los operadores al evento iniciador pueden ser de dos tipos (Piccinini, *op.cit*):

1. *Correctivas*, cuando el sistema o los procedimientos especiales entran en juego para disminuir el nivel de las consecuencias.
2. *Propagantes*, cuando el evento iniciador continúa desarrollándose a través del sistema, produciendo consecuencias cada vez más graves (efecto dominó).

Las consecuencias de un accidente pueden ser influenciadas por:

1. La cantidad de sustancias involucradas;
2. Sus características fisico-químicas;
3. Las condiciones particulares del proceso;
4. La disposición y tipo de los equipos y la instrumentación utilizada;
5. Los procedimientos operativos y preparación de los operadores;
6. Los planes de emergencia internos y externos que se tengan implementados.

Una característica de los accidentes es que, cuando los eventos críticos han ocurrido, son diversas las variaciones que se detectan en las consecuencias. En un accidente puede suceder que no existan daños, pero existe la posibilidad de que en otros accidentes similares existan circunstancias clave donde los resultados puedan ser severos en cuanto a pérdida de vidas humanas o daño a las propiedades.

Esto es útil, por tanto, para modelar el desarrollo de los accidentes y así comprender más claramente los factores que contribuyen a su aparición, las diversas etapas por las cuales atraviesan y los elementos que deben ser evitados para que sucedan.

La experiencia de los accidentes sucedidos en instalaciones industriales muestra que las causas de los mismos pueden clasificarse sin tomar en cuenta a agentes externos al proceso y fuerzas naturales (proximidad a instalaciones peligrosas, viento, heladas, incendios, etc.), en los siguientes tres grupos, para cada uno de los cuales se indica una de las fallas más frecuentes (Piccinini, *op.cit*):

a) Fallas de componentes

- Diseño inapropiado frente a presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio y temperatura.
- Fallas de los elementos tales como bombas, compresores, ventiladores, agitadores, etc.
- Fallas en el sistema de control (sensores de presión, temperatura, controles de nivel, reguladores de flujos, unidades de control, etc.).
- Fallas de sistemas específicos de seguridad (válvulas, discos de ruptura, sistema de alivio de presión, sistemas de neutralización, alarmas, etc.).
- Fallas de juntas y conexiones.

b) Desviación de las condiciones normales de operación

- Alteraciones incontroladas de los parámetros fundamentales del proceso (presión, temperatura, flujo y/o concentración).
- Fallas en los servicios, tales como:

- Insuficiente enfriamiento para las reacciones exotérmicas.
- Insuficiente aporte del medio de calentamiento.
- Corte del suministro eléctrico.
- Ausencia del agente inertizante.
- Ausencia de aire comprimido (de instrumentación o de agitación)
- Fallas en los procedimientos de paro y arranque.
- Formación de subproductos, residuos o impurezas, causantes de reacciones colaterales no deseadas.

c) Errores humanos y de organización

- Errores de operación.
- Desconexión de sistemas de seguridad a causa de frecuentes falsas alarmas.
- Confusión de sustancias peligrosas.
- Falla en la adición manual de componentes químicos.
- Errores de comunicación.
- Incorrecta reparación o trabajo de mantenimiento.
- Realización de trabajos no autorizados (soldadura, entrada en espacios confinados).

Cabe destacar que los errores humanos suelen suceder por alguno de los siguientes motivos.

- No conocer suficientemente los riesgos y su prevención.
- Insuficiente capacitación para el trabajo a desempeñar.
- Carga psíquica excesiva.

De acuerdo a lo anterior es evidente que la seguridad de una instalación industrial debe iniciar en la fase de diseño, seleccionando los adecuados componentes e instalándolos bajo normas y códigos vigentes con rigurosos controles de calidad.

A pesar de ello, las fallas como las indicadas anteriormente siempre son previsibles y por ello todo estudio de seguridad para un proyecto y la revisión de una unidad en funcionamiento, deben considerar su existencia y así determinar la probabilidad de que ocurran. De esta forma, todos los componentes de una

instalación, tales como los elementos de seguridad, en especial si están en funcionamiento, deben someterse regularmente a un programa de mantenimiento preventivo para garantizar su correcto funcionamiento y además un mantenimiento predictivo que garantice la renovación antes de haber agotado la vida media establecida por el fabricante. Por otra parte, los errores humanos deben ser analizados detalladamente en términos de probabilidad para su debido control, ya que si dichos errores se llevaran a cabo se pueden generar graves consecuencias (Piccinini, *op.cit*)

Las instalaciones de proceso, aún cuando tengan un alto nivel de automatización, requieren también la intervención humana, tanto en operaciones normales (carga de aditivos, envasado, control y vigilancia de procesos, entre otros) como ocasionales por alteraciones en las condiciones de trabajo, algunas de las cuales originan situaciones de emergencia que requieren de procedimientos correctos y rápidos para evitar que salgan de control. Es por ello que en este tipo de instalaciones se debe asegurar un comportamiento correcto para minimizar errores y es indispensable la selección del personal adecuadamente capacitado sobre los procedimientos de trabajo, tanto en circunstancias normales como en situaciones anormales o accidentales.

2.4 Concepto de riesgo

La palabra riesgo no es un término que se define con facilidad en el campo técnico. En algunos casos el riesgo se mide como la probabilidad de sufrir un daño; por ejemplo en el campo nuclear, se define el riesgo como la probabilidad que un determinado individuo sufra un efecto dañino después de ser expuesto a una dosis radioactiva. En otros casos, la medida del riesgo la da el daño mismo, por ejemplo el número de víctimas que puede provocar un posible accidente.

El no cuantificar el riesgo tiene diversas consecuencias negativas:

- Los juicios sobre la identidad del riesgo son fuertemente subjetivos, ya que no derivan de un serio análisis científico.

- Las decisiones tomadas por las autoridades políticas o la dirección de las empresas en cuanto a la aceptación de los riesgos en las actividades industriales no son basadas considerando elementos concretos, por lo tanto pueden no ser las mejores.

Las intervenciones operativas tomadas en planta para mejorar la seguridad (o para disminuir los riesgos) son producto muchas veces de la intuición o de la experiencia de los técnicos, y no de una evaluación técnica objetiva.

Los accidentes ocurridos en la industria de proceso, muestran como la aplicación de las normas y códigos técnicos, aun si ésta es detallada, no garantiza alcanzar niveles de seguridad adecuados y sobre todo mantenerlos en el tiempo. Estos, en cambio, sólo pueden ser garantizados controlando de forma constante los equipos y su modalidad de gestión, y llevando a la práctica todas las modificaciones que sean necesarias. Tales acciones de verificación pueden ser benéficas sólo si los objetivos a alcanzar son bien definidos (Piccinini, *op.cit*)

Para que los riesgos se mantengan dentro de límites tolerables al diseñar u operar una planta es necesario:

- Decidir que se entiende por límite tolerable del riesgo (de aquí la necesidad de cuantificar su identidad);
- Comparar continuamente el estado y la evolución del sistema con los objetivos establecidos en un principio.

En síntesis, el resultado de un análisis de riesgo es la posibilidad de decidir como operar con la finalidad de mantener el sistema dentro de los límites previamente establecidos. Por otro lado la decisión no puede desligarse del tipo de consecuencia (magnitud) que se puede derivar de dicho evento.

De aquí se puede concluir que el riesgo es una función de las variables probabilidad y consecuencia, por lo que puede expresarse como (Piccinini, *op.cit*):

$$R = f(P, M) \quad (2.1)$$

donde:

R= riesgo de que ocurra el evento.

P = probabilidad que se verifique un evento.

M = gravedad de las consecuencias, o simplemente, magnitud de las consecuencias del evento.

Para evaluar el riesgo usando la función anterior es necesario desarrollar tres actividades de investigación. La primera de ellas, de tipo cualitativo (Check List, HAZOP, FMEA, etc.) identifica los errores de funcionamiento que causan consecuencias indeseables. En la segunda actividad, usando los errores de funcionamiento o las consecuencias indeseables se estima, mediante árboles lógicos (árbol de eventos y árbol de fallas), la probabilidad de ocurrencia. La última actividad determina, para la misma serie de consecuencias, su probabilidad (Piccinini, *op.cit*)

Se debe, por tanto, usar métodos capaces de describir el desarrollo de fenómenos físicos, tanto simples como complejos. De estos análisis se obtienen pares de datos probabilidad-consecuencia que representan la mejor estimación del riesgo asociado a un evento determinado.

El riesgo esperado del evento es el producto de la probabilidad de ocurrencia por la consecuencia esperada:

$$\text{(probabilidad de ocurrencia) X (consecuencia del evento) (2.2)}$$

Para una acción que puede generar diversos resultados, el valor esperado de la consecuencia se determina de la suma algebraica de los productos de cada resultado posible por su probabilidad.

Ya que en la mayor parte de los casos la probabilidad de que se verifique un evento debe ser estimada dentro de un intervalo de tiempo determinado, la ecuación 2.1 se puede expresar de la siguiente forma (Piccinini, *op.cit*):

$$\mathbf{R = f (F, M)} \quad (2.3)$$

donde:

F = probabilidad de que ocurra un evento dentro de un intervalo de tiempo prefijado.

2.5 Análisis de riesgo

Es importante que en todas las industrias donde se manejen sustancias peligrosas se analicen los riesgos que puedan afectar la seguridad, salud y el medio ambiente de los peligros operacionales y sus consecuencias para que estos se mantengan dentro del límite establecido por la empresa (Reyes, 1995).

Al presentar los resultados es muy importante recordar que la finalidad de un análisis de riesgo es entregar la información objetiva para tomar decisiones bien documentadas y justificables. Esto significa que al realizar un análisis de riesgo, el propósito es llevar a cabo una evaluación objetiva del riesgo que pudiera ocurrir por cualquier evento indeseable y que no tome en cuenta los factores subjetivos que puedan ser introducidos por el analista y dar como resultado una decisión personal, es decir el análisis de riesgo debe estimar sólo las variables de probabilidad y consecuencia.

Para que la empresa que fue sometida a un análisis de riesgo tome decisiones responsables y conscientes, el analista siempre debe entregar el resultado del estudio que mostrará la probabilidad de ocurrencia asociada a la consecuencia esperada.

Es conveniente señalar que el riesgo nulo es un concepto idealista que generalmente significa completa inactividad: por ello, no es posible prácticamente reducir el riesgo sino hasta un cierto nivel, el cual depende de los recursos disponibles; probar su reducción posterior significaría seguramente aumentar el número de puntos críticos impredecibles.

La palabra riesgo es a menudo especificada según la consecuencia a la que se refiere, por ejemplo:

- **El riesgo de grupo:** es la probabilidad de que un cierto grupo de personas externas a un sitio sujeto a riesgo pueda sufrir daños por efecto de un incidente.
- **El riesgo de área:** hace referencia al riesgo de ocurrencia de un accidente en un área industrial con una alta concentración de establecimientos a su alrededor.

- **El riesgo ambiental:** es la probabilidad de que un ecosistema sufra efectos nocivos como consecuencia de la exposición a un agente de riesgo.
- **El riesgo operativo:** se refiere a la posibilidad de que ocurran problemas en la operación normal de un proceso debido a fallas en los equipos e instrumentos de control, desviación en las condiciones normales de operación o errores humanos, las cuales pueden originar fugas, derrames, incendios o explosiones.
- **Riesgo en el negocio:** los riesgos en el negocio por eventos adversos se refieren a daños en propiedad y costos por interrupción de servicio. En el caso de accidentes durante la operación, las consecuencias incluyen por lo general pérdidas de producción, costo de reparación, revalidación del diseño u operaciones y mala imagen de la compañía.
- **El riesgo económico** es la probabilidad de sufrir daños económicos (producto fuera de la norma de calidad, paro de la planta, etc.) causado por eventos anómalos, que ocurren dentro del tiempo de operación del sistema.

En los últimos años se ha visto cómo el riesgo es un parámetro para cuantificar y evaluar las alternativas de cualquier decisión; de aquí que el riesgo este presente en todos los campos donde es necesario tomar decisiones.

En la estimación del riesgo asociado a una actividad en particular se deben evaluar la magnitud de las consecuencias y la probabilidad de ocurrencia. Para tales estimaciones, los factores que asumen un papel importante son el grado de exposición (concentración de la sustancia), el tiempo de exposición, las características del agente de riesgo, las dimensiones de la superficie interesada, la presencia de personas, animales, propiedades y la naturaleza del efecto nocivo; en algunas exposiciones se consideran áreas limitadas, como en el caso de fugas accidentales de gases venenosos.

Si se refiere a la carencia de seguridad externa, el riesgo de mortalidad se calcula para breves exposiciones. El riesgo de exposición a agentes producidos continuamente, por ejemplo las chimeneas, depende de un cierto número de factores, dentro de los cuales se encuentran la dirección del viento y la altura de la fuente contaminante. En tales casos, el grado de exposición (concentración) tiene una importancia crítica (Piccinini, *op.cit*)

La probabilidad y el grado de incertidumbre varían en función del agente de riesgo en cuestión. En la mayor parte de los casos las consecuencias no pueden ser estimadas inmediatamente, por lo que a menudo se usan modelos de previsión y pruebas en animales. Otro factor importante para determinar la gravedad de las consecuencias es la presencia de los grupos expuestos a riesgo. Un grupo expuesto a riesgo es una fracción de la población que vive en los alrededores de un establecimiento industrial en el cual pueden ocurrir accidentes relevantes (Piccinini, *op.cit*).

2.6 Administración de Riesgo

La Administración de Riesgo se define como el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar los recursos de una empresa, de tal manera que éstos puedan ser distribuidos más eficientemente y a la vez se vea minimizada la exposición de la empresa ante cualquier tipo de pérdida. Hay cinco pasos para el proceso de la administración de riesgo:

- Identificar y analizar la posible exposición de riesgo.
- Examinar las diferentes alternativas para el manejo del riesgo.
- Seleccionar la mejor alternativa para manejar el riesgo.
- Implementar la técnica de manejo de riesgo escogida.
- Monitorear y dar seguimiento a la técnica de riesgo escogida.

El principal objetivo de la administración de riesgo es tratar de minimizar las pérdidas y encontrar formas alternas de manejarlas en caso de que estas ocurran. Este proceso debe estar implementado antes de que se suscite un accidente, ya que después de ocurrido es un poco tarde para comenzar a pensar de cómo hacerle frente o como se va a financiar. Es así que el proceso de administración de riesgo establece una búsqueda permanente por alcanzar niveles más elevados de seguridad en las operaciones y así disminuir el riesgo.

Los elementos del proceso de administración de riesgo son las actividades técnicas y analíticas necesarias para identificar el riesgo, establecer las opciones de control del riesgo, distribuir recursos para controlar el riesgo de la forma más efectiva y revisar su desempeño.

2.7 El desarrollo de los riesgos potenciales

Los principales peligros a los cuales la industria de proceso está expuesta son el incendio, la explosión, las fugas y los derrames. De estos, el incendio es el más común, pero la explosión es particularmente significativa en términos de víctimas y pérdidas (Lees, *op.cit*)

La fuga de materiales tóxicos quizá tiene el mayor impacto para afectar una gran cantidad de gente, pero el número de víctimas registradas por este evento es en realidad mínima.

La finalidad de evitar riesgos mayores es, en forma esencial, impedir pérdidas humanas y materiales. Esto incluye no sólo la prevención de una fuga de materiales sino también evitar la explosión de los recipientes y tuberías en el interior de la planta.

Algunos factores que determinan la magnitud de los riesgos son, entre otros (Lees, *op.cit*):

1. El inventario de materiales.
2. La cantidad de energía producida y/o liberada.
3. El tiempo de liberación y duración del evento.
4. La relación intensidad – distancia.
5. El factor de exposición a la que está sujeta la población y los bienes materiales.

2.7.1 El inventario de materiales

El factor más importante para determinar la magnitud de los riesgos potenciales es el inventario de los materiales peligrosos que se manejan en el proceso y los que se tienen almacenados.

Algunas plantas de proceso son grandes en cuanto a su tamaño y capacidad de producción, por lo que el inventario de los materiales peligrosos puede ser grande, es decir, la magnitud del inventario es determinante en el potencial del riesgo (Lees, *op.cit*).

2.7.2 La cantidad de energía producida y/o liberada

Una cantidad de materiales peligrosos que tiene posibilidad de estallar en el interior de la planta o dispersarse en forma de una nube de vapor inflamable contiene energía almacenada, ya sea en forma de una reacción química o del estado físico del material.

En particular, un material líquido al cual se tiene por encima del punto normal de ebullición y a alta presión, contiene una gran cantidad de energía la cual puede causar instantáneamente una nube de vapor y dispersarse en una extensa área. Por otro lado, un material al que se tiene como un líquido refrigerado a presión atmosférica contiene mucho menos energía y no vaporiza instantáneamente si existe una fuga (Lees, *op.cit*).

En forma similar, el riesgo presentado por un material tóxico depende, en forma importante, de la energía disponible para su dispersión.

2.7.3 El tiempo de liberación y duración del evento

Otro factor en el desarrollo del riesgo es la velocidad de fuga del material y el tiempo de duración del evento (Lees, *op.cit*).

La naturaleza y la magnitud de los riesgos están frecuentemente determinadas por la velocidad de fuga y por la cantidad de material liberado. La velocidad de fuga determina el tamaño de una nube de gas inflamable formada por el chorro intermitente de un hidrocarburo líquido, tal como ocurrió en Flixborough, Inglaterra donde se escaparon alrededor de 58 toneladas de ciclohexano (Cruz, 1995).

En forma similar, el riesgo presentado por la fuga de un gas tóxico depende de la velocidad de escape. El tiempo de duración del evento debe ser evaluado para tomar las medidas de emergencia y reducir el número de personas expuestas.

Una explosión ofrece, en ocasiones, un tiempo de advertencia de pocos segundos ó puede llegar a ser nulo, mientras que la fuga de un material tóxico da un tiempo de advertencia frecuentemente de pocos minutos (Lees, *op.cit*).

2.7.4 La relación intensidad-distancia

Una característica importante de la evaluación del riesgo es la distancia sobre la cual pueden causarse daños o perjuicios, tanto a la población como a propiedades (Lees, *op.cit*).

En general, el incendio tiene áreas de afectación relativamente cortas, la explosión afecta áreas grandes y una nube tóxica afecta zonas mucho más extensas.

En cuanto a la exposición de la población a accidentes de fuga, explosión e incendio, es de interés conocer la distancia a la cuál existiría un número significativo de víctimas y la distancia máxima a la cual se afectaría a dicha población.

Si bien el efecto potencial de un accidente es frecuentemente expresado en función de la distancia, es el área afectada la que determina el número de personas en peligro.

2.7.5 El Factor de exposición a la que está sujeta la población y los bienes materiales

Un factor que puede disminuir en forma importante los efectos potenciales de un accidente, es la reducción de la exposición de la población que se encuentra en el área afectada. Esta reducción puede ser por la preparación previa de la población antes del desarrollo del accidente y las medidas de emergencia aplicadas inmediatamente después de que el accidente ha ocurrido.

La importancia de las medidas de emergencia después de los accidentes de una fuga de materiales tóxicos es obvia. Estas medidas pueden ser instrucciones para evacuar el área o para permanecer en el interior de las casas hasta que el evento haya sido controlado y no represente un peligro para la población.

Para una explosión, la cual no proporciona en general un tiempo de advertencia, no se pueden tomar medidas como la evacuación de la zona de riesgo; esto no quiere decir que la evacuación no tenga un papel tan importante como en el caso de un incendio, y de una fuga de materiales tóxicos que ofrecen un tiempo de advertencia de algunos minutos y en los que la evacuación del área de afectación es enteramente aplicable para disminuir al máximo el número de víctimas (Lees, *op.cit*).

2.8 El riesgo tecnológico

El estudio de seguridad de una planta debe considerar para cada evento importante no deseado, la cuantificación de la gravedad de las consecuencias del evento (magnitud, M) y la estimación de su probabilidad de ocurrencia. De esta

forma el valor calculado de R con la ecuación 2.2 es el valor esperado de la pérdida.

Si se tiene en cuenta que la probabilidad de que se verifique un evento debe ser referida a un intervalo de tiempo, la ecuación 2.2 se puede escribir como (Piccinini, *op.cit*):

$$\text{Riesgo tecnológico} = \text{Frecuencia} \times \text{Magnitud} \quad (2.4)$$

Aún cuando la expresión anterior puede parecer muy simple, esta definición de riesgo se ha aceptado universalmente.

Cada planta, por simple que sea, presenta tantos eventos potencialmente peligrosos, cada uno caracterizado de una magnitud, m_i , y una frecuencia estimada, f_i .

Si $r_i = m_i \times f_i$, es el riesgo relativo al evento i -ésimo, entonces el riesgo de la planta será la suma de los riesgos de todos los eventos:

$$R = \sum r_i = \sum m_i \times f_i = \left(\sum m_i \times f_i / \sum f_i \right) \times \sum f_i = M \times F \quad (2.5)$$

expresado como el producto de una magnitud M por una frecuencia F.

2.8.1 Magnitud de las consecuencias de un evento

Si las consecuencias de un accidente fueran sólo de un tipo, no existiría el problema de elegir la unidad de medida de la magnitud. De hecho, si las consecuencias fueran exclusivamente daños materiales o casos mortales, el costo y el número de muertos representarían una conveniente unidad de medida.

En la mayoría de los casos, las consecuencias de explosiones, difusión de nubes dañinas (tóxicas, radioactivas, inflamables) e incendios se expresan como un número de muertos, daños a las instalaciones y al ambiente, por no mencionar efectos a largo plazo, no siempre predecibles (Piccinini, *op.cit*).

2.9 Aceptabilidad del riesgo

Mediante estimaciones cuantitativas de los peligros fuera de los establecimientos industriales y en particular en los alrededores de ellos, se han evaluado diversos límites de riesgo. El nivel de riesgo se ha fijado, para muchos agentes de riesgo, en el principio del 1% del máximo nivel permitido (Piccinini, *op.cit*). Debe mantenerse un cierto margen entre el máximo nivel y el nivel aceptable para considerar las incertidumbres asociadas a la estimación del riesgo debida a las posibles consecuencias a exposiciones acumulativas, y para poder distinguir correctamente entre los dos niveles.

Los riesgos asociados a desastres, conocidos como *riesgos de carencia seguridad externa* son establecidos mediante técnicas de análisis cuantitativo del riesgo. Los efectos dañinos pueden ser expresados en términos de mortalidad, considerando el hecho de que los accidentes mortales pueden ocasionar también una serie de víctimas con heridas de diversos tipos. Los parámetros incorporados en este análisis son específicamente referidos a riesgos individuales o de grupo. Los límites establecidos para los riesgos individuales son (Piccinini, *op.cit*):

- Riesgo individual por actividad (mortalidad, hombre).
- El máximo nivel consentido es definido en 10^{-6} /año.¹
- El nivel límite es definido en 10^{-8} /año.

El riesgo individual se calcula para la persona que en determinado lugar corre un riesgo mayor. En la práctica, normalmente se refiere a un individuo que transcurre 24 horas al día en un lugar en particular, en las proximidades de un sitio con actividad industrial.

Los límites son aplicados en situaciones nuevas que se refieren a edificios existentes o futuros o a otros sitios igualmente vulnerables. Los límites escogidos para el riesgo de grupo establecen que la probabilidad de ocurrencia de accidentes con 10 muertos no debe superar el valor de 10^{-5} /año. Se asume por lo

¹ Lo que significa que la probabilidad de ocurrencia es 1 sobre 1,000,000 tanto que un impacto N veces mayor de 10 muertes corresponda a una probabilidad de ocurrencia del accidente de N^2 veces más pequeña.

Los límites elegidos para los riesgos de grupo son (Piccinini, *op.cit*):

- Riesgo de grupo por actividad (muerte en un único instante de N o más personas).
- En una cierta situación, un aumento del número de muertos de un factor N es aceptable sólo si la probabilidad de ocurrencia de este evento es menos de un factor N^2 , para ambos tipos de nivel.
- El máximo nivel permitido para desastres es definido en 10^{-3} /año para N igual a 10 o más muertos y 10^{-7} /año para N igual a 100 o más muertos, etc.
- Los correspondientes niveles límite son definidos en 10^{-7} /año para N igual a 10 o más muertos y 10^{-9} /año para N igual a 100 o más muertos, etc.

Se han establecido límites también para riesgos acumulativos, relativos a situaciones en las cuales las personas son expuestas a peligros derivados de diferentes actividades.

Los niveles de riesgos individuales para actividades combinadas, en nuevas situaciones, que comprenden la carencia de seguridad externa (mortalidad, hombre) son (Piccinini, *op.cit*):

- El máximo nivel consentido se define en 10^{-5} /año,
- El nivel límite se define en 10^{-7} /año.

Es importante asegurar que los límites para riesgos individuales, de grupo o combinados son estandarizados.

2.10 Monitoreo de riesgos

El monitoreo de riesgos es una necesidad para la creación de mecanismos por los cuales el personal de operación puede vigilar y controlar las causas que originan los accidentes.

El monitoreo es efectivo sólo si es aceptado como una actividad necesaria y constructiva que protege a la población y al proyecto mismo.

El proyecto necesita ser monitoreado en todas sus etapas: diseño, construcción y operación. La etapa de **diseño** necesita descubrir los problemas,

los riesgos y las desventajas que pueden presentarse; deben hacerse revisiones especulativas de los riesgos existentes y evaluar los diversos escenarios que pueden presentarse. El análisis debe incluir tanto a la población (ya que esta será directamente afectada tanto en su persona como en sus propiedades en el caso de un accidente) y a expertos en la materia. En cuanto a la etapa de **construcción**, ésta se centra en propuestas detalladas y diseños alternos del proyecto. Aquí la discusión es principalmente entre los equipos de trabajo del proyecto y agencias gubernamentales que supervisan que esta etapa cumpla con la legislación vigente. Para la etapa de **operación** se hace un análisis detallado sobre los requerimientos operacionales y el monitoreo de los riesgos (Lees, *op.cit*).

El monitoreo interno puede ser llevado a cabo por inspecciones internas, pero independientes entre sí, semejante a la inspección de un recipiente sujeto a presión, la cual es hecha por consultores. El monitoreo externo se lleva a cabo por agencias gubernamentales, grupos de población y medios informativos.

El monitoreo hecho por las agencias gubernamentales tiene un papel crucial, pero existen ciertas dificultades; la principal es que no posee datos lo suficientemente detallados como para realizar con rapidez y exactitud el análisis de riesgos a que se expone la población y los bienes materiales. El gobierno mismo está implicado de diversas formas en los proyectos que requieren ser monitoreados. En el proceso de monitoreo participan también diversas instituciones tales como las universidades y algunos grupos profesionales que cuentan con cierta experiencia en el tema y juegan por ello un papel muy importante en la evaluación de los efectos que pueden ser originados por un accidente. Dos objetivos importantes del monitoreo de riesgos son (Lees, *op.cit*):

1. Incrementar el empleo de los estándares y normas internacionalmente aceptados.
2. Otorgar protección adicional al individuo cuando se encuentre expuesto a cierto riesgo.



CAPITULO 3

LEGISLACION

CAPITULO 3

LEGISLACION

En este capítulo se presenta la legislación vigente en México y los tratados de cooperación internacional que nuestro país ha firmado para reducir las posibles consecuencias debido a la generación y manejo de sustancias químicas peligrosas en actividades consideradas como altamente riesgosas.

3.1 Legislación Mexicana

Entre la legislación de mayor importancia para prevenir y/o disminuir los riesgos potenciales como consecuencia de la generación y manejo de materiales y sustancias químicas aplicables a las industrias que realizan actividades peligrosas, se encuentran:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Proyecto de Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Actividades Altamente Riesgosas.
- Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.
- Ley General de Salud.
- Ley del Seguro Social.
- Ley Federal del Trabajo.
- Normas Oficiales Mexicanas.
- Programa de Prevención de Accidentes.

3.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la base para formular y promulgar las diversas leyes, reglamentos y normas en materia de protección al ambiente y la regulación de actividades consideradas altamente riesgosas.

El *artículo 27* indica que es responsabilidad de la Nación dictar las medidas necesarias para preservar y restaurar el equilibrio ecológico (CPEUM, Título I, Capítulo I, 1999).

El *artículo 73*, fracción XXIX-G, menciona que el congreso tiene la facultad de expedir leyes en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico (CPEUM, Título III, Capítulo II, Sección III, *op.cit*).

El *artículo 123*, fracción XV, señala que el patrón está obligado en todo momento a instalar medidas de seguridad adecuadas, en función de la naturaleza del trabajo, para prevenir accidentes que pudieran afectar la salud y la vida de los trabajadores (CPEUM, Título VI, *op.cit*).

Los tres artículos anteriores fijan el marco legal bajo el cual se sustenta el análisis de riesgo, es decir con base a ellos han sido promulgadas las distintas normas y reglamentos con el propósito de controlar y/o disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados que pudieran presentarse al realizar actividades consideradas como altamente riesgosas.

3.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Con base en los artículos 27, 73 y 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se emitió la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de Enero de 1988 y modificada por decreto publicado en el mismo órgano de difusión el 13 de Diciembre de 1996 (LGEEPA, 1996).

El *artículo 5* de la LGEEPA establece que son facultades de la federación:

- La aplicación de los instrumentos de política ambiental previstos en esta ley, en los términos que en ella están establecidos (fracción II).
- La expedición de Normas Oficiales Mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento (fracción V).
- La regulación y el control de las actividades consideradas altamente riesgosas y la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos (fracción VI).

El *artículo 15* señala que quien realice actividades que afecten o puedan afectar al ambiente está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como asumir los costos de las consecuencias (fracción IV). También resalta que la prevención de las causas es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos (fracción VI); lo anteriormente dicho se relaciona con el *artículo 28*, fracción II y con el *artículo 30*, los cuales indican que las obras y actividades que puedan causar un desequilibrio ecológico o pretendan rebasar los límites y condiciones establecidos para proteger el medio ambiente deberán presentar una evaluación del impacto ambiental y un análisis de riesgo a la SEMARNAP. Dicha evaluación será realizada por quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes actividades u obras: industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica (LGEEPA, *op.cit*).

El *artículo 146* señala que la Secretaría establecerá la clasificación de las actividades que considera altamente riesgosas² en función de las características físicas, químicas y biológicas de las sustancias que se manejen o produzcan en los establecimientos industriales considerando, también, el volumen manejado y la ubicación geográfica del establecimiento como lo señala el *artículo 145* (LGEEPA, *op.cit*).

² El primer y segundo listados de actividades consideradas como altamente riesgosas se publicaron en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Marzo de 1990 y el 4 de Mayo de 1992 respectivamente.

El artículo 147 indica que quienes realicen actividades altamente riesgosas deberán apegarse a las disposiciones, a los reglamentos y normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo 146 de esta ley. También resalta la necesidad de presentar un estudio de riesgo ambiental y someter a aprobación los Programas de Prevención de Accidentes de las empresas cuyas actividades puedan causar un desequilibrio ecológico (LGEEPA, *op.cit*).

3.1.3 Proyecto de Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Actividades Altamente Riesgosas

Este reglamento tendrá como objetivo principal el regular las actividades altamente riesgosas en función de las siguientes consideraciones (SEMARNAP, 1997):

- La regulación y el control de las actividades altamente riesgosas es facultad de la Federación, como lo establece la LGEEPA.
- La prevención de las causas que generan desequilibrios ecológicos y el establecimiento de programas de seguridad en las distintas etapas de las actividades altamente riesgosas son el medio más eficaz para evitar accidentes que puedan generar daños al ambiente, a las personas y a sus propiedades.
- La regulación de las actividades altamente riesgosas, la clasificación de estas, los estudios de riesgo ambiental, los programas para la prevención de accidentes y el establecimiento de zonas intermedias de salvaguardia son instrumentos prioritarios de regulación para la aplicación de la política ecológica.

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

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social a través del presente Reglamento tiene por objeto establecer las medidas necesarias para la prevención

de accidentes de trabajo, con el propósito de que las actividades se desarrollen en condiciones de seguridad, higiene y medio ambiente adecuados. En base a esto se emitieron los siguientes artículos en materia de manejo, transporte y almacenamiento de materiales y sustancias químicas peligrosas (DOF, 1997).

El Título II, Capítulo VI de este reglamento indica cuáles deben ser las condiciones de seguridad que deben regir en los centros de trabajo donde manejen, transporten y almacenen materiales y sustancias químicas peligrosas para evitar daños a los trabajadores y a las instalaciones del centro de trabajo (DOF, 1997, *op.cit*).

El *artículo 54* indica que el manejo, transporte y almacenamiento de materiales y sustancias químicas peligrosas deberá realizarse en las más estrictas condiciones de seguridad; así mismo el *artículo 55* señala que los requerimientos de seguridad necesarios para las actividades antes señaladas deben ser incluidas en el programa de seguridad e higiene de los centros de trabajo (DOF, 1997, *op.cit*).

En el *artículo 57* se especifica la necesidad de realizar un análisis del riesgo potencial que puede derivarse de los materiales y sustancias químicas peligrosas que se manejan en el centro de trabajo a fin de establecer las medidas preventivas pertinentes (DOF, 1997, *op.cit*).

El *artículo 72* indica que el almacenamiento de sustancias químicas peligrosas debe realizarse en los lugares especialmente destinados para ese fin (DOF, 1997, *op.cit*).

3.1.5 Ley General de Salud (LGS)

Ley publicada en el DOF el 7 de Febrero de 1984 y modificada por decreto publicado en el DOF el 7 de Mayo de 1991. Esta ley señala que el derecho a la protección de la salud tiene como finalidad principal el bienestar físico y mental del hombre, por lo que se emitieron los siguientes artículos en materia de riesgos de trabajo (LGS, 1991).

El *artículo* 123 indica que la Secretaría de Salud proporcionara a la SECOFI y en general a las demás autoridades competentes, los requisitos técnicos sanitarios para el almacenamiento, distribución, uso y manejo de gas natural, del gas licuado de petróleo y otros productos industriales gaseosos que sean de alta peligrosidad, para que no afecten a las personas (LGS, Capítulo IV, *op.cit*).

El *artículo* 129, fracción I, señala que la Secretaría de Salud dictará los criterios para el uso y manejo de sustancias químicas, maquinaria, equipos y aparatos con el objetivo de reducir los riesgos a la salud del personal y a los centros de trabajo (LGS, Capítulo V, Fracción I, *op.cit*).

3.1.6 Ley del Seguro Social

El Seguro Social es el instrumento básico de la seguridad social, establecido como un servicio público de carácter nacional. La seguridad social tiene como objetivo principal garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la protección de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo. De acuerdo a esto el Instituto Mexicano del Seguro Social emitió la Ley del Seguro Social (LSS).

El *artículo* 72 señala que para la fijación de cuotas por el seguro de riesgos de trabajo las empresas serán clasificadas y agrupadas de acuerdo con su actividad, en clases, cuyos grados de riesgo se señalan en el artículo 73 (LSS, Capítulo III, Sección V, 1995).

En el *artículo* 82 se menciona que el IMSS investigará los riesgos de trabajo y sugerirá a los patrones las técnicas y prácticas convenientes con el fin de prevenir la ocurrencia de dichos riesgos. El IMSS podrá verificar el establecimiento de programas preventivos de riesgos de trabajo en aquellas empresas que por su índice de siniestralidad, puedan disminuir el monto de la prima de este seguro (LSS, Capítulo III, Sección V, *op.cit*).

La Sección VI del capítulo 3 de esta ley indica la necesidad de realizar campañas de prevención de accidentes mediante técnicas y prácticas

convenientes con el objetivo de prevenir la aparición de los mismos (LSS, Capítulo III, Sección VI, *op.cit*).

3.1.7 Ley Federal del Trabajo (LFT)

Ley publicada en el DOF el 1 de Abril de 1970 y reformada la última vez por decreto publicado en el DOF el 21 de Enero de 1988 (LFT, 1988).

El *artículo* 509 establece que en cada empresa se organizará una comisión de seguridad e higiene formada por representantes de los trabajadores y del patrón para investigar las causas de los accidentes y proponer las medidas adecuadas para prevenirlos, dichas medidas son fijadas en los reglamentos de esta ley tal como lo expresa el *artículo* 512 (LFT, *op.cit*).

El *artículo* 526 señala que es obligación del patrón capacitar a los trabajadores para su óptimo desempeño en los centros de trabajo y así prevenir riesgos (LFT, *op.cit*).

El *artículo* 527 indica que la aplicación y vigilancia de las normas de trabajo corresponde a las autoridades federales cuando se trate de ramas industriales tales como: petroquímica, de hidrocarburos, química, entre otras, en materia de seguridad e higiene industrial (LFT, *op.cit*).

3.1.8 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, expedidas por dependencias competentes. La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) emitió una serie de NOM's que son de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tienen por objetivo general establecer las condiciones de seguridad e higiene para la generación, manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, para prevenir y proteger la salud de los trabajadores, evitar los daños que se pudieran generar

tanto en el centro de trabajo como en los alrededores de este y al medio ambiente. Las normas en materia del manejo de sustancias químicas peligrosas de la STPS se muestran en la tabla 3.1:

Tabla 3.1 Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la STPS en materia de generación, manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

Norma Oficial Mexicana	Descripción
NOM-001-STPS-1993	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo.
NOM-002-STPS-1993 ³	Relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-004-STPS-1999	Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.
NOM-005-STPS-1998	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
NOM-010-STPS-1993	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.
NOM-114-STPS-1994	Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo.

Fuente: Diario Oficial de la Federación, Normas Oficiales Mexicanas, 1999.

³ Existe un proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, para quedar como: NOM-002-STPS-1999, relativa a las condiciones de seguridad, prevención y protección contra incendios o explosiones y combate de incendios en los centros de trabajo (DOF, 1997, *op cit*)

3.1.9 Programa de Prevención de Accidentes (PPA)

El gobierno federal ha establecido distintas disposiciones a fin de disminuir los riesgos que pudieran derivar de las actividades altamente riesgosas. Una de ellas es la elaboración de los Programas de Prevención de Accidentes (PPA), que tiene como base legal a los artículos 5 y 147 de la LGEEPA (INE, 1999).

El PPA debe ser elaborado e implementado por quienes realicen actividades riesgosas y tiene como objetivos principales (INE, *op.cit*):

1. Evitar que los accidentes provocados por las actividades riesgosas alcancen el nivel de desastre.
2. Alentar a quienes realicen actividades de alto riesgo, comunidades, empresas vecinas y autoridades locales para que desarrollen una conciencia de alerta continua ante una posible contingencia.
3. Propiciar un ambiente de confianza y seguridad entre la comunidad y empresas aledañas cercanas a una actividad de alto riesgo.
4. Contar con planes, procedimientos y recursos para dar respuesta inmediata a cualquier accidente ocasionado por la liberación de sustancias químicas en la realización de actividades peligrosas.
5. Establecer mecanismos de comunicación y coordinación entre industrias, autoridades locales y de protección civil para la correcta implementación del PPA.
6. Que las industrias consideradas altamente riesgosas en coordinación con las autoridades locales difundan en la comunidad información relacionada con las actividades que realizan y los riesgos que representan para la población y al medio ambiente, así como planes, procedimientos y recursos con los que cuentan para disminuir y controlar dichos riesgos.

3.2 Acuerdos Internacionales

México ha participado en diversos convenios respecto al empleo de sustancias químicas peligrosas, ya que estas presentan un gran riesgo a la población de los distintos países, así como al medio ambiente. Los acuerdos más importantes se encuentran descritos a continuación.

3.2.1 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Organización creada en 1973 integrada por todos los países miembros de la ONU; su sede está en Nairobi, Kenia. Su misión es apoyar e impulsar las actividades de gobiernos, organizaciones no gubernamentales y comunidades científicas para desarrollar proyectos en relación a (SEMARNAP, 1999):

- La protección del medio ambiente,
- Difundir la utilización de tecnologías modernas para la protección del ambiente, y
- Preparar convenciones regionales y organizar el sistema de información sobre el estado del medio ambiente.

3.2.2 Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC)

El Tratado de Libre Comercio tiene las siguientes características en materia de protección del medio ambiente (Beltrán, 1996):

- Menciona que si existiera algún problema de cuestión comercial, este será resuelto considerando los aspectos ambientales.
- En el caso de que sucedan conflictos entre el TLC y los acuerdos internacionales en materia ambiental de los cuales las partes sean miembros, los últimos prevalecerán.

- La declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo pasa a ser un acuerdo vinculante.

Es importante mencionar que el compromiso de la partes de aplicar de manera efectiva su legislación ambiental no tiene antecedente en tratado comercial alguno, ni en acuerdos comerciales, con lo cual el acuerdo sobre el medio ambiente del TLC marca un cambio en las políticas de comercio (Beltrán, *op.cit*).

3.2.3 Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte

Organización internacional creada en 1994 cuyos miembros incluyen a México, Canadá y Estados Unidos y complementa las disposiciones ambientales establecidas en el TLC con el propósito de prevenir posibles conflictos ambientales, además de promover la aplicación efectiva de la legislación.

En 1995 se creó el Fondo de América del Norte para la Cooperación Ambiental, con el fin de financiar proyectos relacionados con (SEMARNAP, *op.cit*):

1. La reducción de riesgos de contaminación, apoyada en el uso de tecnología ambiental y en la prevención de la contaminación con el fin de proteger el medio ambiente.
2. Alentar la compatibilidad entre las políticas ambientales, comerciales y económicas de los países miembros.
3. Promover la aplicación de la legislación y reglamentos ambientales.

3.2.4 Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

Esta declaración contiene los principios destinados a orientar el futuro desarrollo de la comunidad internacional frente a los problemas ambientales. Entre las ideas más importantes proclamadas sobresalen (SEMARNAP, *op.cit*):

- El ser humano como centro de preocupación relacionado con el desarrollo sostenible.
- De acuerdo a la ONU, los estados tienen soberanía sobre sus recursos según sus propias políticas ambientales.
- El medio ambiente debe ser parte integrante del proceso de desarrollo.
- Prioridad a las necesidades y situación de los países más vulnerables desde el punto de vista ambiental.
- Cooperación mundial para conservar y proteger la integridad de los ecosistemas.
- La participación de toda la sociedad como mejor modo para tratar los problemas ambientales.
- Promulgación de leyes para la protección del medio ambiente.
- Promoción de un fondo económico internacional para tratar de mejor forma los problemas ambientales.
- Desarrollo de legislación para la indemnización de las víctimas por contaminación y otros daños ambientales.
- El principio de que quien contamina debe pagar los daños ocasionados.
- La evaluación del impacto ambiental como instrumento de prevención de riesgos.
- En épocas de conflicto armado, los estados involucrados deben respetar las disposiciones de derecho internacional que protegen al ambiente.

3.2.5 Acuerdo de Cooperación México - Unión Europea

Los principios básicos que deben privar en el marco de esta cooperación son (SEMARNAP, *op.cit*):

1. Integración del tema de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
2. Considerar los avances que existen en México en cuanto al conocimiento, diagnóstico y soluciones a los problemas ambientales.
3. Tener presente los acuerdos internacionales firmados por México.
4. Utilizar la información, estudios y expertos disponibles en la materia.

El acuerdo de cooperación deberá ser dirigido a:

1. Frenar el deterioro ambiental.
2. Fomentar la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales.
3. Desarrollar y difundir la legislación ambiental.
4. Intercambiar información y experiencias en materia de regulación ambiental.



CAPITULO 4

*METODOS DE
ANALISIS DE
RIESGO*

CAPITULO 4

METODOS DE ANALISIS DE RIESGO

El objetivo principal de este capítulo es mostrar los distintos métodos y procedimientos que actualmente se utilizan en aquellas empresas donde se llevan a cabo actividades altamente riesgosas, así como también señalar las ventajas y desventajas de cada una de ellas para que el analista, de acuerdo a las características del proceso a evaluar y de la información disponible, seleccione la más adecuada.

4.1 Descripción de los métodos de análisis de riesgo

Existen dos aproximaciones a la evaluación y control de los riesgos: la buena práctica y la evaluación periódica de los riesgos. Durante años la industria química ha utilizado normas, códigos, procedimientos y otras formas de buena práctica que han sido implementados en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento de una planta con el objeto de alcanzar buenos niveles de seguridad, sin embargo cuando suceden desviaciones en el proceso o en los procedimientos diferentes a los establecidos previamente es necesario utilizar herramientas que nos ayuden a detectar dichas desviaciones y los posibles riesgos a los que está sujeta la planta y su entorno con el objetivo principal de disminuir los costos y vidas humanas que esto conlleva.

Los métodos de evaluación de riesgo han sido desarrollados para identificar posibles accidentes y estimar las consecuencias, y en base a ello determinar las acciones y recomendaciones para reducir y/o evitar la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado. Estos métodos servirán como base para la identificación y evaluación de riesgos, por lo que es necesario conocer su estructura y su forma de operar.

Cada uno de los métodos de evaluación de riesgos que serán mencionados en este trabajo tienen diferentes aspectos que los diferencian uno de otro. Su selección se realiza de acuerdo a los siguientes parámetros:

- **Ventajas:** Resalta las virtudes del método y nos indica en que fase del proyecto podemos aplicarlo.
- **Desventajas:** Señala los inconvenientes que puede presentar al momento de su ejecución.
- **Tipo y naturaleza de los resultados:** Indica el tipo de resultados que podemos obtener al aplicar el método, ya sea cualitativo o cuantitativo, así como también las posibles recomendaciones para mitigar el riesgo encontrado.
- **Información necesaria:** Documentación y conocimientos imprescindibles para la correcta aplicación del método por parte de los analistas.
- **Personal requerido:** En este apartado se menciona el perfil profesional con que debe contar el analista para poder ejecutar eficientemente el método, además también señala la cantidad de personas que deben formar el equipo de trabajo.
- **Tiempo y costo requeridos:** El tiempo y costo que se requieren para llevar a cabo un análisis de riesgos siempre están en función del método a emplear, del tamaño de la planta, del número de equipos a evaluar y del tipo de resultados que queremos y/o esperamos obtener.

4.1.1 Lista de verificación (Check List)

Es un análisis tradicional que se basa en la creación de una lista de verificaciones en donde se involucran los distintos aspectos y detalles de una instalación con el fin de identificar los diversos riesgos así como asegurar que se cumplan los procedimientos de operación y seguridad establecidos.

Este método puede ser utilizado en todas las etapas del desarrollo de un proyecto, y sirve como medio de comunicación, control y aprobación para continuar con la siguiente etapa (ITSEMAP, 1995).

Ventajas

- Sistema fácil de utilizar.
- Identifica riesgos comunes.
- Asegura que se cumpla con procedimientos establecidos.
- Se aplica en las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un proyecto.

Desventajas

- No proporciona información de un escenario específico, ni la frecuencia de ocurrencia de un accidente.
- Requiere del establecimiento previo de códigos y estándares aceptables.
- Dificulta su aplicación en instalaciones existentes construidas bajo estándares distintos.
- Su aplicación puede llegar a ser tediosa y mecánica.

Tipo y naturaleza de los resultados

- La naturaleza de los resultados son cualitativos y relativamente rápidos de entregar.
- Verifica el cumplimiento de los procedimientos estándar.
- Generalmente llega a una respuesta del tipo " Si o No" se cumple con los procedimientos estándar.
- Destaca la falta de información básica o situación que requiera una evaluación más detallada.

Información necesaria

- Lista de verificación producto de la experiencia.
- Manual de procedimientos de operación.
- Conocimiento del sistema o planta a evaluar.

Personal requerido

- Una o más personas con experiencia deben preparar la lista.

- Un ingeniero del equipo evaluador debe revisar el resultado.

Tiempo y costo requeridos

- Entrega resultados relativamente rápidos.
- La extensión de la lista puede variar pero es generalmente uno de los métodos más rápidos y económicos de evaluación.

4.1.2 Análisis "What if?"

Esta técnica no es muy estructurada y consiste en realizar preguntas del tipo "¿que pasa si...?" en cada una de las etapas del proceso a evaluar, tratando de identificar todos los eventos peligrosos que puedan originar una situación indeseable. Este método usa preguntas tales como:

- ♦ ¿Que pasa si el material suministrado a un reactor es de concentración equivocada.?
- ♦ ¿Que pasa si una bomba se detiene durante la alimentación a un equipo de importancia en un proceso continuo.?
- ♦ ¿Que pasa si el operador abre la válvula A en vez de abrir la válvula B.?

Las preguntas se hacen en base a la experiencia y se aplican a planos existentes, y para una planta en operación la investigación incluye preguntas al personal que ahí labora. Así mismo el análisis considera las posibles desviaciones del diseño, construcción, modificaciones y operación (Kenney, 1993).

Ventajas

- Permite la identificación de riesgos potenciales.
- Requiere de una capacitación mínima.
- Identifica posibles secuencias de eventos indeseables.
- Su aplicación es sencilla.

- Es una poderosa herramienta si el equipo evaluador es de experiencia.

Desventajas

- No permite la identificación de riesgos ocultos en procesos complejos.
- No proporciona información de un escenario específico, ni la frecuencia de ocurrencia de un accidente.
- Existe poca información publicada acerca de la aplicación de este método.
- No es efectivo si el personal no tiene la capacitación adecuada para este método.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Resultados cualitativos
- Listado de posibles accidentes, consecuencias y métodos que pudieran reducir los riesgos.

Información necesaria

- Documentos detallados de la planta, tales como: DFP, DTI, PLG.
- Documentación detallada del proceso: manual de operación, descripción del proceso, entre otros.
- Entrevistas con el personal de operación.

Personal requerido

- Un pequeño grupo de dos o tres expertos es suficiente para dirigir la evaluación y reportar los posibles riesgos.

Tiempo y costo requeridos

- Son proporcionales al tamaño de la planta.
- Es necesario considerar tiempo adicional para formular las preguntas y acumular información relevante para un equipo inexperto.

4.1.3 Inspección de Seguridad (Safety Review)

Es una inspección periódica, detallada y minuciosa de la instalación con el fin de identificar anomalías en las condiciones de la planta, en el diseño del proceso, en los procedimientos de operación o en las actividades de mantenimiento, entre otras; además permite el desarrollo de programas para el manejo de riesgos, y la aplicación de nuevas tecnologías para eliminar o reducir riesgos existentes. Este método puede ser aplicado a plantas de operación, plantas pilotos, laboratorios, bodegas de almacenamiento y funciones de apoyo al proceso (ITSEMAP, *op.cit*).

Ventajas

- Permite la identificación de riesgos potenciales.
- Asegura que la planta, la operación y las actividades de mantenimiento correspondan al diseño y a los estándares previamente establecidos.
- Identifica condiciones de la planta o procedimientos de operación que puedan provocar accidentes.

Desventajas

- No proporciona información sobre un escenario específico ni la frecuencia de ocurrencia de un accidente.
- El método no evalúa las consecuencias y la magnitud de los posibles daños.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Los resultados son cualitativos.

Información necesaria

- Diagramas tales como: DFP, DTI, PLG.
- Procedimientos para: puesta en marcha, paro, operación normal y emergencias.
- Reportes de accidentes previos.

- Reportes de inspección a instrumentos de control, válvulas de alivio y recipientes sujetos a presión.
- Características de los materiales de proceso (toxicidad y reactividad).

Personal requerido

- Personal que esté familiarizado con los procedimientos y las normas de seguridad y con conocimientos en instrumentación, ingeniería de procesos, recipientes a presión, etc.
- Equipo de dos a cinco personas.

Tiempo y costo requeridos

- Normalmente el equipo trabajará durante un tiempo mínimo de una semana. En menor tiempo no es posible la evaluación con la precisión requerida.

4.1.4 Análisis del Arbol de Fallas (FTA)

El análisis del árbol de fallas es una técnica deductiva que se enfoca en un accidente en particular y construye un diagrama lógico de todos los eventos que podrían originarlo, para esto el método considera las distintas combinaciones de errores de los equipos o procedimientos del personal de operación. Es de gran utilidad para el analista, ya que permite determinar las medidas preventivas en base a las principales causas y así disminuir la probabilidad de un accidente (Zinn and Lesso, 1994).

Ventajas

- Identifica las combinaciones de las distintas fallas de los equipos y errores humanos que pueden guiar hacia un accidente.
- Se puede utilizar durante las etapas de diseño, operación y modificación de la planta.

- Muestra una relación lógica entre los eventos que pueden originar un accidente.
- Descompone un accidente en las fallas de equipos y errores de operación básicos.

Desventajas

- Requiere de un alto grado de experiencia.
- Los analistas requieren de una capacitación formal para su ejecución.
- Consume demasiado tiempo para su aplicación.

Tipo y naturaleza de los resultados

- El resultado del análisis es una lista que contiene un conjunto de combinaciones de fallas o errores tanto de equipos como de operación suficientes para provocar un accidente.
- Aunque la naturaleza de los resultados son cualitativos, se puede evaluar también cuantitativamente cuando se dispone de datos de probabilidad de fallas.

Información necesaria

- Procedimientos de operación.
- Descripción del proceso.
- DFP, DTI, PLG.
- Especificaciones del diseño de equipo.
- Conocimiento de los modos de fallas de los equipos y sus efectos sobre el sistema.

Personal Requerido

- Un analista es suficiente para preparar un árbol de fallas simple, aunque continuamente debe consultar a ingenieros, operadores y al resto del personal que estén familiarizados con el sistema en cuestión.

- En el caso de que se trate de un árbol de fallas complejo se aconseja formar un grupo de analistas y asignar a cada miembro una parte del mismo para facilitar el trabajo.

Tiempo y costo requeridos

- Es proporcional a la complejidad del sistema a evaluar y del nivel de resolución del análisis. Para dar una idea una unidad de proceso puede llevar un día para cada árbol de fallas; para sistemas complejos el análisis puede durar algunas semanas incluso para un equipo con experiencia.

4.1.5 Análisis del Arbol de Eventos (ETA)

Es una técnica que ilustra gráficamente el resultado de accidentes potenciales que pueden ser el resultado de la falla de un equipo de proceso o de errores humanos. Considera la respuesta del sistema, equipo de seguridad y del personal de operación en el momento de suscitarse un accidente. El resultado de este análisis es una secuencia cronológica de eventos o fallas que definen un accidente (Piccinini, *op.cit*).

Ventajas.

- Identifica la secuencia de eventos, originados del evento inicial, y que podrían provocar un accidente.
- Proporciona información sobre un escenario en específico.
- Muestra la probabilidad de ocurrencia de un accidente y las consecuencias del mismo.
- Puede ser utilizado en las etapas de diseño, operación y modificación de la planta.

Desventajas

- Requiere un alto grado de experiencia.
- Consume demasiado tiempo de ejecución.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Los resultados son cualitativos, aunque pueden ser cuantitativos si se conocen las probabilidades de ocurrencia de los eventos.
- Muestra la secuencia de eventos que resultan en accidentes y son consecuencia de un evento inicial.

Información necesaria

- Conocimiento de los eventos iniciadores que puedan ser causa de un accidente (fallas de los equipos o del sistema y errores de operación).
- Conocimiento del funcionamiento de los sistemas de seguridad y procedimientos en caso de emergencia que podrían mitigar los efectos de un evento no deseado.

Personal requerido

- Un análisis de árbol de eventos puede ser realizado por un solo analista siempre que conozca el método. Para sistemas más complejos es preferible un equipo de dos a cuatro personas.

Tiempo y costo requeridos

- El tiempo y costo son proporcionales al tamaño y complejidad del sistema.
- De tres a seis días para varios eventos iniciales de una planta pequeña; de dos a cuatro semanas para grandes procesos con múltiples eventos iniciadores.
- La aplicación del método se encarece si se pretende obtener resultados cuantitativos.

4.1.6 Análisis de Peligros y Operabilidad (HAZOP)

Técnica estructurada que identifica riesgos en las instalaciones de una planta y problemas de operabilidad; se basa en la premisa de que un accidente no sucede si el proceso trabaja siempre bajo las condiciones para las que fue diseñado.

Para llevar a cabo el análisis se utiliza un conjunto fijo de palabras llamadas "palabras guía", las cuales se detallan en la tabla 4.1 (Zinn and Lesso, op.cit):

Tabla 4.1 Lista de palabras guía necesarias para llevar a cabo el análisis de riesgo utilizando la técnica HAZOP.

PALABRA GUÍA	SIGNIFICADO	COMENTARIO
NO	Negación completa de las intenciones	Negación a las actividades originales del proyecto.
MAYOR MENOR	Aumento o disminución cuantitativa	Se refieren a cantidades y/o propiedades tales como cantidad de flujo y temperaturas, así como actividades como "calentar" y "reaccionar".
Y TAMBIEN	Aumento cualitativo	Todas las intenciones de diseño y operación se llevan a cabo conjuntamente con algunas actividades adicionales.
PARTE DE	Disminución cualitativa	Solo algunas de las intenciones se llevan a cabo, otras no.
INVERSO	Opuesto a la intención del proyecto	Esta se aplica principalmente para actividades, por ejemplo flujo o reacción química inversa.
OTRO	Sustitución completa	No forma parte de la intención original; algo o alguna cosa completamente diferente sucede.

Fuente: Zinn and Lesso, op.cit.

La base de la investigación de HAZOP es la desviación. Una desviación ocurre sólo si el parámetro del proceso que se está estudiando se encuentra fuera del rango deseado. Las palabras guía se combinan con el parámetro del proceso para obtener una desviación hipotética del propósito del diseño. Las palabras guía son las herramientas utilizadas para dirigir sistemáticamente el HAZOP y se

aplican a puntos específicos o nodos de estudio previamente establecidos, las cuales permitirán determinar las desviaciones en el diseño del proceso y las consecuencias, así como las posibles acciones correctivas.

Debe construirse una tabla donde se combinen las palabras guía con los parámetros del proceso (tales como: presión, temperatura, flujo, nivel y composición) para examinar posibles desviaciones de la operación en puntos seleccionados en el flujo del proceso. Para completar los parámetros anteriores pueden también emplearse otras variables como son: velocidad de reacción, voltaje, corriente eléctrica y tiempo, entre otras.

Ventajas

- Identifica todos los riesgos existentes.
- Identifica los riesgos potenciales de operación.
- Fácil entendimiento de la metodología.
- Permite el intercambio de puntos de vista entre los técnicos de la planta.
- El coordinador mejora su conocimiento del proceso.
- No requiere prácticamente recursos, a excepción del tiempo dedicado al análisis.

Desventajas

- El líder del equipo evaluador requiere de una capacitación formal.
- Requiere información muy específica y abundante del proceso en cuestión.
- No contempla fallas múltiples.
- Las modificaciones a la planta surgidas del análisis HAZOP deben analizarse con mayor detalle.
- Los resultados obtenidos dependen en gran medida de la calidad de los integrantes del equipo y de la información disponible. Existe la posibilidad de pasar por alto un riesgo particular si los datos de partida son erróneos o incompletos.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Los resultados son cualitativos.
- Proporciona una lista de peligros y problemas de operabilidad.
- Recomendación de cambios en el diseño, en los procedimientos y en los sistemas de seguridad del proceso.

Información necesaria

- Descripción detallada de la planta (DFP, DTI, PLG, diagramas lógicos de control e instrumentación, hojas de diseño de equipo, entre otros).
- Descripción del proceso de operación, paro y arranque y de mantenimiento.

Personal requerido

- Un equipo multidisciplinario formado por tres profesionales, como mínimo, para una planta pequeña.

Tiempo y costo requeridos

- Es proporcional al tamaño y complejidad de la planta.
- El grupo de análisis debe gastar alrededor de tres horas por nodo.
- Debe considerar tiempo adicional para planear, documentar y coordinar al equipo.
- El costo está directamente relacionado con la complejidad de la planta.

4.1.7 Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)

Este método evalúa las diferentes formas en que falla cada equipo del sistema incluyendo aquellas procedentes de una mala operación, así como los efectos de cada una sobre la planta.

El modo de falla es una descripción de cómo se daña el equipo (abierto, cerrado, encendido, apagado y filtraciones, entre otros). El modo de efecto de falla

es la respuesta del sistema, es decir el accidente que puede resultar debido al daño del equipo (Piccinini, *op.cit*).

Ventajas

- Proporciona información sobre un escenario específico y sobre las consecuencias de un posible accidente.
- Puede ser usado en las etapas de diseño, construcción y operación.
- Permite determinar la magnitud del daño.

Desventajas

- No permite la identificación plena de todos los riesgos.
- Sólo identifica los modos de fallas simples.
- No identifica las combinaciones de fallas de equipos que conducen a accidentes.
- No examina los errores humanos o del operador.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Los resultados son cualitativos.
- Proporciona una lista del equipo, sus modos de fallas y los efectos de estas.

Información necesaria

- Lista de equipos y especificaciones de diseño.
- Manuales de funcionamiento de los equipos.
- Manuales de operación de la planta/sistema.

Personal requerido

- Es proporcional al tamaño y número de los sistemas o equipos; para una evaluación lo ideal es disponer de dos analistas.

- Los analistas deben conocer perfectamente la función de los equipos y sus modos de fallas y de cómo estas podrían propagarse a otras partes del proceso.

Tiempo y costo requeridos

- Proporcional al número de los sistemas analizados.
- En promedio, una hora es suficiente para llevar a cabo una evaluación por cada analista.
- En sistemas con equipos similares y que realizan funciones semejantes los requerimientos de tiempo pueden reducirse significativamente.

4.1.8 Análisis Preliminar de Riesgo (PHA)

El objetivo primordial es la detección temprana de los riesgos con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero; se aplica en las etapas iniciales del diseño de la planta; es de gran utilidad en la selección de la ubicación de las instalaciones; se enfoca en los materiales peligrosos y en los elementos importantes desde que se dispone de muy pocos detalles de la futura planta, es decir el estudio de riesgo debe comenzar siempre con este método para la identificación temprana de los problemas esenciales (ITSEMAP, *op.cit*).

El PHA consiste en formular una lista de peligros relacionados con:

- Materias primas.
- Productos finales, intermedios y su reactividad.
- Equipos de la planta.
- Operaciones.
- Servicios.
- Equipos de seguridad.

Ventajas

- Identificación de los riesgos potenciales en las primeras etapas del diseño de la planta.
- Es precursor de posteriores evaluaciones.

Desventajas

- No puede usarse cuando la planta se encuentra en operación.
- Sólo evalúa las operaciones básicas del proceso.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Los resultados son cualitativos.
- Se obtiene un listado de riesgos potenciales con recomendaciones para reducir o eliminar riesgos en las posteriores fases del diseño de la planta.

Información necesaria

- Criterios y especificaciones de diseño.
- Especificaciones de equipos y materiales.

Personal requerido

- De uno a dos ingenieros con conocimientos en seguridad y control.

Tiempo y costo requeridos

- Debido a su naturaleza, un equipo con experiencia puede realizar un PHA con muy poco esfuerzo en comparación con otros métodos de evaluación de riesgo.

4.1.9 Análisis de Causa - Consecuencia

Este método es una mezcla del árbol de fallas y del árbol de eventos para la evaluación de accidentes potenciales; se utiliza como herramienta comunicacional, es decir el diagrama causa - consecuencia muestra la relación entre las causas básicas y las consecuencias del accidente (Piccinini, *op.cit*).

Ventajas

- Identifica las causas básicas y las consecuencias de los accidentes potenciales.
- Puede ser usado en las etapas de diseño y operación de la planta.
- Utiliza una resolución gráfica que puede avanzar en ambas direcciones: hacia las consecuencias o hacia las causas básicas del evento.

Desventajas

- Requiere de un alto grado de experiencia.
- Consume demasiado tiempo para su ejecución.
- Los analistas requieren de capacitación formal para aplicar el método.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Los resultados son cualitativos, aunque se pueden cuantificar si se dispone de la información estadística de cada tipo de evento.
- Consecuencias de accidentes potenciales y sus causas básicas.

Información necesaria

- Conocimiento de las fallas de los componentes o alteraciones del proceso que pueden causar accidentes.
- Conocimiento de los sistemas de seguridad y procedimientos de emergencia que puedan influenciar en la ocurrencia de un accidente.

Personal requerido

- De dos a cuatro personas con experiencia (con conocimientos en los métodos de análisis de riesgos como lo son el Arbol de Fallas y el Arbol de Eventos, así como en Operaciones de Seguridad).

Tiempo y costo requeridos

- Está en función del número, complejidad y nivel de resolución de los eventos.
- Tiempo de duración de una semana hasta seis meses, dependiendo del tipo y tamaño de las instalaciones y complejidad del proceso.

4.1.10 Indices Dow y Mond

Los índices Dow y Mond son un método útil que proporciona un valor relativo de los riesgos inherentes a una planta. Ambos métodos se basan en la idea de asignar penalizaciones y bonificaciones según las características de la planta. Las penalizaciones se asignan a las condiciones de la unidad o planta que puede contribuir a la aparición de un accidente: características de la reacción, severidad de los parámetros de operación (presión y temperatura, entre otros), cantidad de producto involucrado, efecto dominó, etc. Las bonificaciones se asignan a las características de la unidad que puede reducir los posibles accidentes: condiciones de seguridad de la unidad, sistemas de emergencia, control, contención y protección contra incendios, entre otros (ITSEMAP, *op.cit*).

El índice **Dow** es un procedimiento matemático que permite determinar la magnitud del daño originado por incendio o explosión. A partir de índices relacionados con estos eventos se pueden definir los factores de riesgo que representan en el equipo y materiales utilizados. Es de gran utilidad para el analista para poder determinar la magnitud de la afectación que ocurriría en caso de que se presente el accidente.

El índice **Mond** se considera una extensión del índice Dow, ya que al igual que la otra técnica esta metodología se basa en la obtención de índices de

incendio, explosión y toxicidad. A partir de estos se obtienen factores de riesgo que representan la magnitud de los daños que pueden causarse en las instalaciones y en los alrededores de esta. Sus ventajas y desventajas son similares a las del índice Dow (Zinn and Lesso, *op.cit*).

Ventajas

- Fácil de usar.
- Tiene un formato preestablecido.
- Proporciona información sobre el escenario donde se lleva a cabo el evento.
- Permite conocer las consecuencias y la magnitud del daño.

Desventajas

- No proporciona un análisis de causa y efecto.
- No plantea soluciones a los problemas.
- Requiere de información muy detallada de la planta y del proceso.

Tipo y naturaleza de los resultados

Los resultados son semicuantitativos: cuantitativos en cuanto al rango de los riesgos además de cualitativos en cuanto a deficiencias de la unidad y tipo de los accidentes.

Información necesaria

- Conocimientos precisos de las condiciones de operación de la unidad.
- Conocimiento de los métodos, así como de las gráficas, tablas y fórmulas disponibles (manual del usuario).

Personal requerido

- Es necesario un ingeniero relacionado con el proceso en estudio.
- Es importante que todas las unidades que formen parte del resultado final sean evaluadas por el mismo analista.

Tiempo y costo requeridos

- Depende del número de unidades escogidas para la evaluación.
- La evaluación de cada unidad conlleva entre uno y tres días dependiendo de la información obtenida.

4.1.11 Análisis de Error Humano

Evaluación sistemática de todos los factores que influyen en la forma de actuar de los trabajadores de la planta. Por lo tanto es un análisis detallado de las tareas. Análisis que identifica las situaciones de riesgo (probabilidad) que pueden desencadenar un accidente (ITSEMAP, *op.cit*).

Ventajas

- Identifica las fallas humanas y sus causas.
- Se puede utilizar en la fase de diseño, construcción y operación de la planta.

Desventajas

- No permite la identificación plena de todos los riesgos.
- No examina las fallas de los equipos.

Tipo y naturaleza de los resultados

- Listado cualitativo de posibles eventos no deseados originados por error humano.
- Recomendaciones para mejorar la manera de actuar del operador, así como también las condiciones ambientales y capacitación.

Información necesaria

- Conocimiento en cuanto a los procedimientos de operación de la planta.
- Entrevistas con el personal.

Personal requerido

- Un analista por planta.

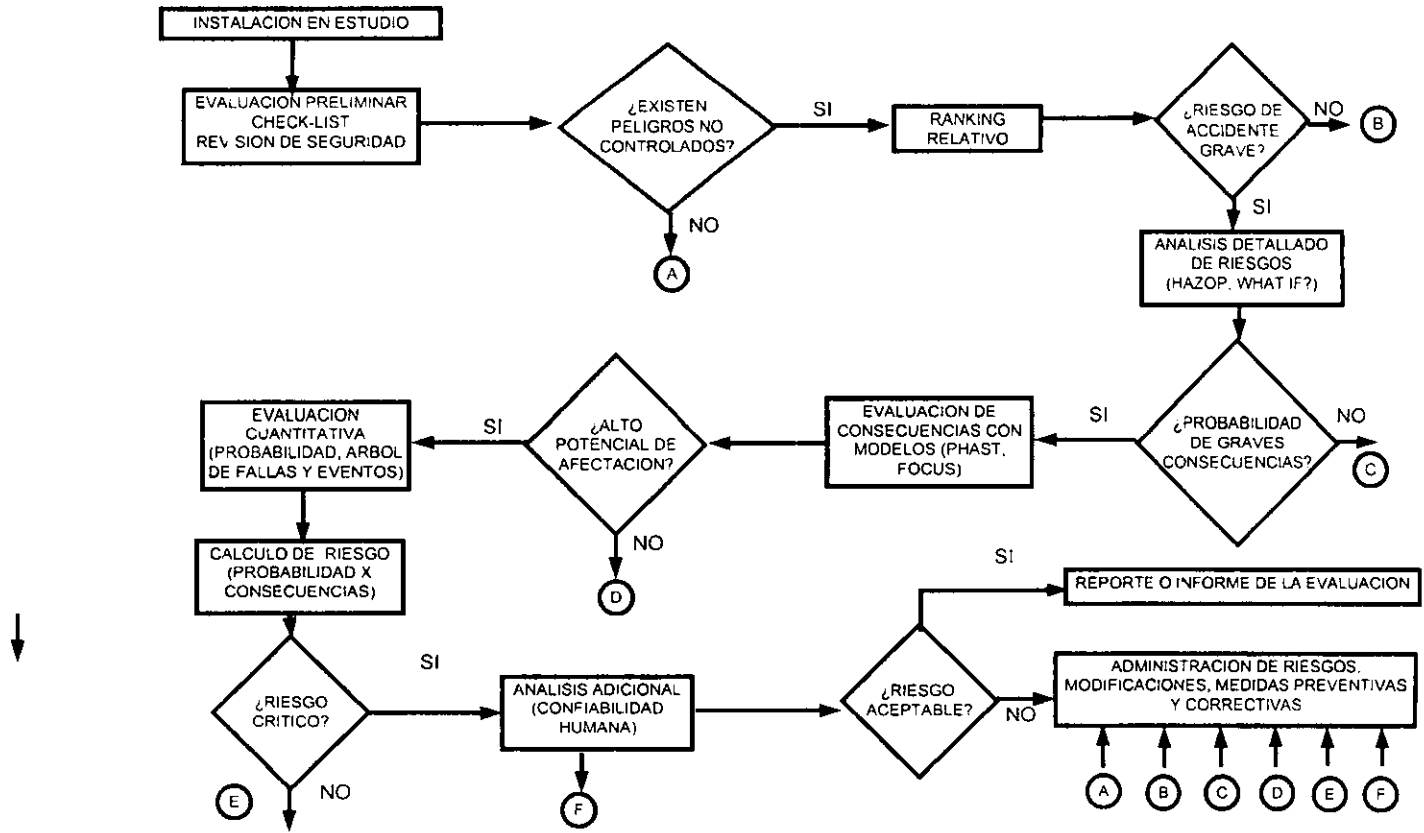
Tiempo y costo requeridos

- Está en función de la complejidad de la planta y del grado de automatización de la misma.

4.2 Interrelación de los métodos de análisis de riesgo

La figura 4.1 representa la relación que existe entre los diferentes métodos de análisis y su aplicación para la identificación y evaluación de los riesgos a los que está sometida una instalación, todo ello con el propósito fundamental de, si es necesario, aplicar medidas preventivas para minimizar la probabilidad de ocurrencia de un accidente y así cumplir con una parte de la administración de riesgo.

Figura 4.1 Interrelación de los métodos de análisis de riesgo.



4.3 Criterios de selección

Cada uno de los métodos de identificación de riesgos citados anteriormente tienen características propias que permiten que su aplicación resulte más provechosa en una u otra circunstancia, por ejemplo dependiendo del tipo de instalación a la que se desee realizar un análisis de riesgos se recurrirá a alguna técnica tomando siempre en cuenta el tipo y calidad de los resultados que se desean obtener y la información de la que se dispone.

El método a utilizar para la identificación de riesgos debe satisfacer algunos requisitos como son (Piccinini, *op.cit*):

- ◆ Debe ser sistemático: tiene que considerar todos los componentes del sistema para no omitir ningún punto que posteriormente pueda convertirse en un punto débil del sistema en cuestión.
- ◆ Debe estar formalizado: es decir, debe efectuarse de manera preestablecida y repetible de tal manera que más adelante pueda ser reconstruido paso a paso inclusive por personas distintas de las responsables de la anterior realización.
- ◆ Debe implicar al mayor número posible de expertos en diferentes áreas de conocimiento de la planta para que aporten sus conocimientos y así se identifiquen más riesgos.

Los criterios para la selección de uno u otro método básicamente son:

1. Criterios aplicables a toda la instalación:

- Tamaño de la planta.
- Cantidad de trabajadores.

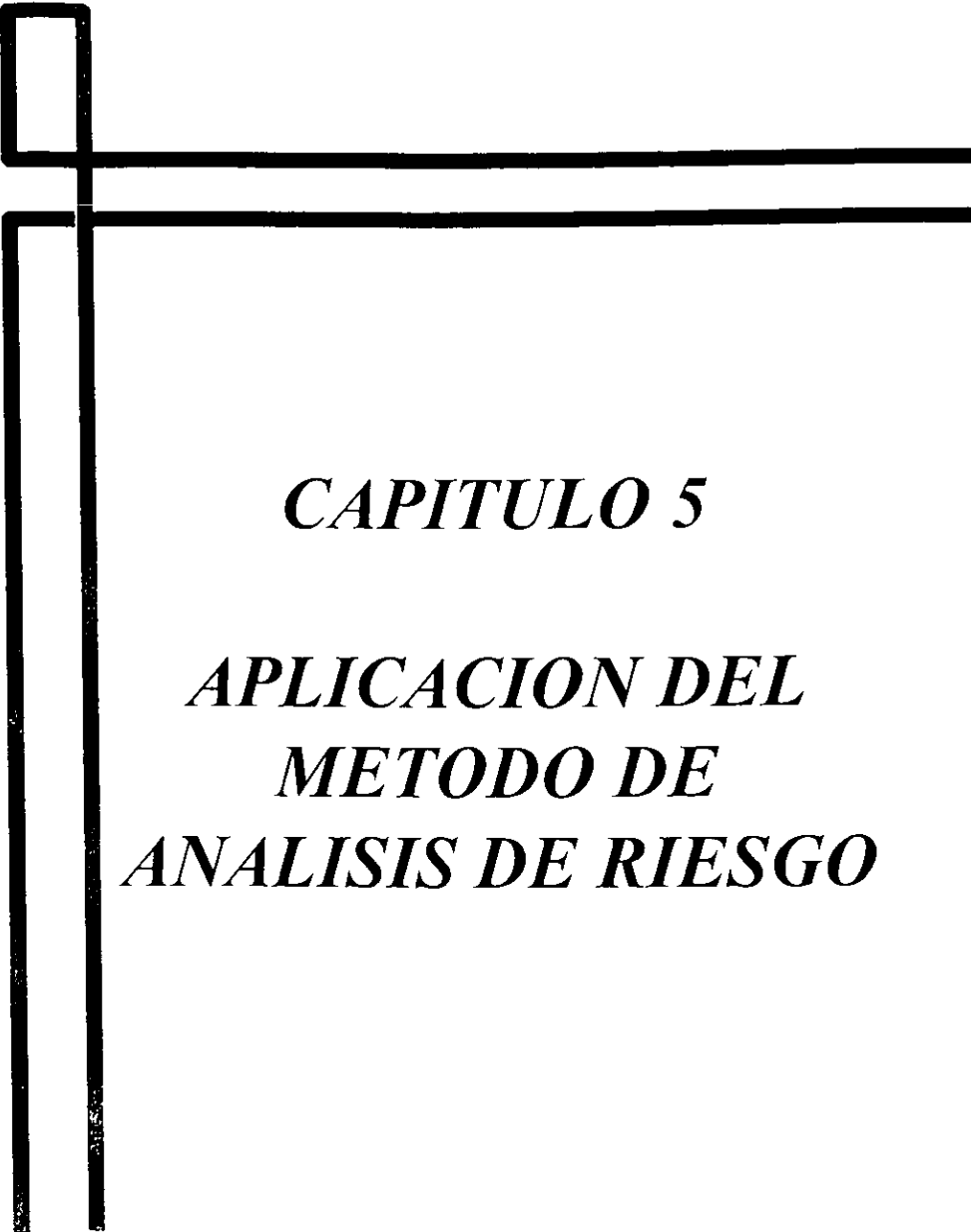
2. Criterios aplicables a cada unidad:

- Cantidad de materiales almacenados.
- Tipo de proceso.
- Condiciones de almacenamiento y operación.
- Tipo de control.
- Diseño.
- Vulnerabilidad del entorno.

Tabla 4.2 Criterios para la selección de los métodos de evaluación de riesgos.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	FASE DE LA PLANTA	OBJETO	RESULTADOS	COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	INFORMACIÓN NECESARIA	TIEMPO Y COSTO	PERSONAL REQUERIDO
	D Diseño C Construcción A Arranque O Operación M Modificación	T Fallas técnicas P Procedimientos de operación H. Errores humanos C Consecuencias	QL Cualitativos QN Cuantitativos RR: Reducción de riesgos	S Simple N Medio C Complejo	G Global D Detallada E Entrevistas	B Relativamente bajo N Medio A Relativamente alto	P Especialistas de la planta S Especialistas en seguridad
LISTAS DE VERIFICACION	D / C / O	T / P	QL	S / N	G / E	B	P
WHAT IF	D / A	T / P / H / C	QL / RR	S / N	D / E	B / N	P / S
INSPECCIÓN DE SEGURIDAD	D / O	P	QL / RR	S / N / C	D	N / A	P / S
ARBOL DE FALLAS	D / O	T / H / C	QL / QN	N / C	D	N / A	S
ARBOL DE EVENTOS	D / O	T / H / C	QL / QN	N / C	D	N / A	S
HAZOP	D / O	T / P	QL / RR	N / C	D	A	P / S
FMEA	D / C / O	T	QL	N / C	D	N / A	P
PHA	D	T / C	QL / RR	S / N / C	G	B	P
CAUSA - CONSECUENCIA	D / O	T / P / H / C	QL / QN	S / N / C	D	N / A	S
DOW / MOND	D / O	T / C	QL / QN	S / N	G	B	P
ERROR HUMANO	D / C / O	H / C	QL / RR / SemiQN	N / C	D / E	N / A	S

Fuente: ITSEMAP *op cit*



CAPITULO 5

*APLICACION DEL
METODO DE
ANALISIS DE RIESGO*

CAPITULO 5

APLICACION DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

En este capítulo se presentan los distintos riesgos encontrados al aplicar el método de Análisis de Peligros y Operabilidad (HAZOP) para el proceso de estabilización de crudo de la Batería Central Sen ubicada en Villahermosa, Tab.

Para la determinación de los riesgos y problemas potenciales a los que está sujeta la instalación y el personal que ahí labora, se llevó a cabo una revisión sistemática de los siguientes documentos de ingeniería básica: bases de diseño, diagrama de flujo de proceso, diagramas de tubería e instrumentación, plano de localización general de equipo y balances de materia y energía, tomando como directriz el método de HAZOP.

El objetivo principal del presente trabajo es realizar el análisis de riesgo del proceso de estabilización de crudo de la Batería Central de Sen. Debido a que es un proceso relativamente complejo, la técnica empleada permitirá reducir los riesgos. De acuerdo a lo anterior, a las características del proceso y lo mostrado en la tabla 4.2 se seleccionó el método de HAZOP para efectuar el análisis de riesgo de este proyecto a fin de asegurar un examen riguroso de los riesgos potenciales del proceso así como los problemas operacionales que podrían convertirse en "eventos graves". Esta técnica tiene como finalidad la identificación de riesgos de procesos peligrosos y evalúa de que manera se pueden reducir o eliminar los riesgos potenciales que puedan dar origen a accidentes los cuales traen como consecuencia pérdidas humanas, materiales y económicas sin olvidar el impacto ambiental que puede suscitarse en el caso de presentarse un evento no deseado, además de formular las medidas preventivas y/o correctivas que eliminen, minimicen o controlen el riesgo con el fin de contar con instalaciones más seguras y confiables. El método de HAZOP es apropiado para este tipo de instalaciones y satisface los requerimientos de los códigos internacionales aplicables vigentes (API 750); la anterior es una práctica recomendada que ayuda

a prevenir la ocurrencia de accidentes o minimizar las consecuencias debido a fugas o explosiones de materiales explosivos o tóxicos. Dicha práctica fue desarrollada para refinerías y operaciones petroquímicas y está dirigida al control de riesgos en el diseño, construcción, arranque de la planta, operación, inspección, mantenimiento y modificación de las instalaciones.

5.1 Descripción del proceso

Es importante entender el significado e importancia del proceso de estabilización de crudo como un proceso para separar hidrocarburos ligeros en forma de vapor a altas presiones de una corriente de líquido, logrando obtener una presión de vapor que se tiene como especificación límite tanto nacional como internacionalmente.

El aceite crudo producido de un pozo es una mezcla de hidrocarburos, de los cuales los más volátiles en la fase líquida son el metano, etano, propano y butano. En estado puro, cualquiera de esos hidrocarburos se evapora a una presión y temperatura atmosférica por lo que son llamados componentes ligeros. Los componentes ligeros pueden y deben ser removidos del aceite crudo antes de ser llevados a un tanque de almacenamiento, ya que de no ser así, el desprendimiento del gas que sufre el líquido en el tanque puede crear condiciones de inseguridad, como por ejemplo sobrepresión en el interior del tanque de almacenamiento.

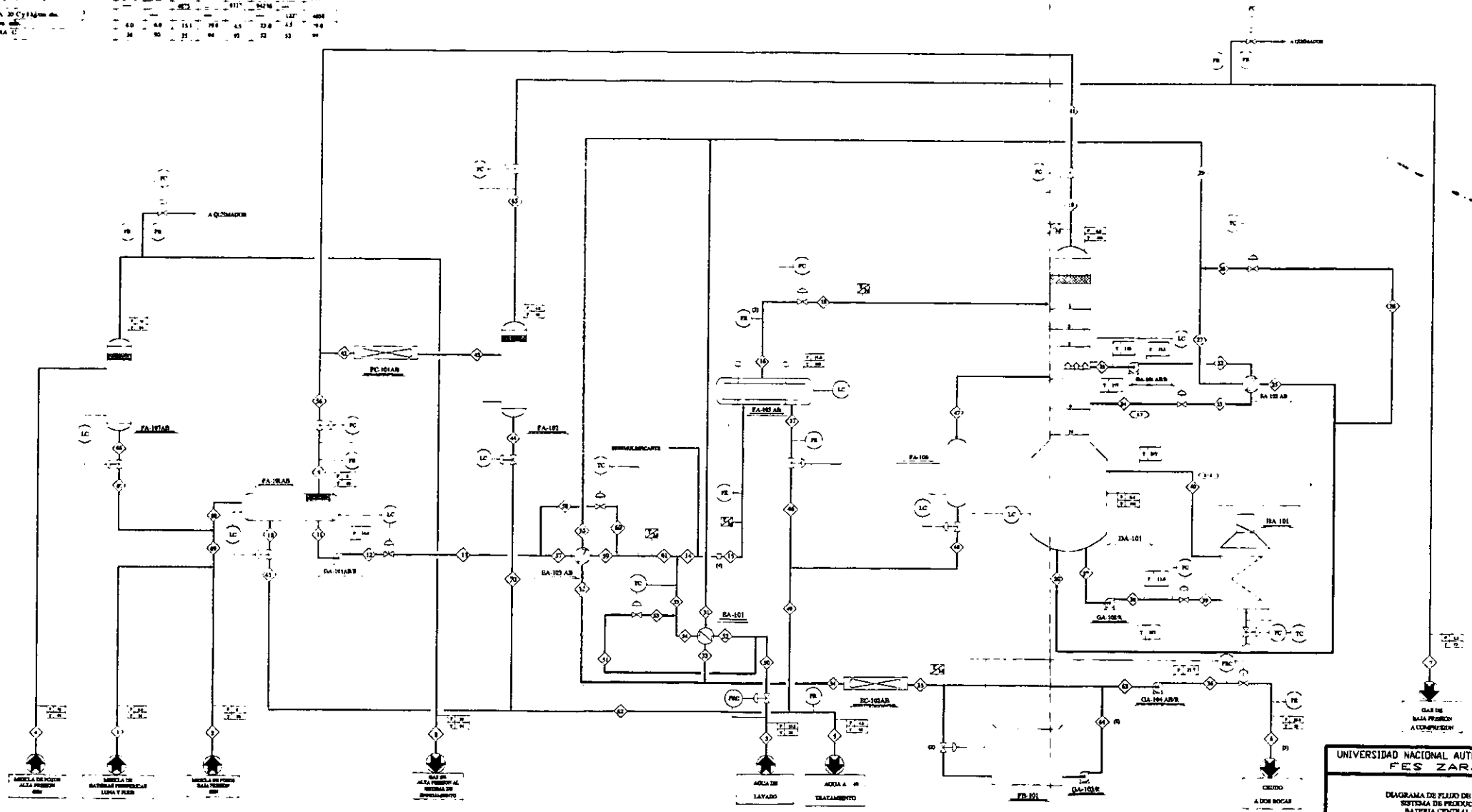
Finalmente, el total de la producción de una central de estabilización de crudo se envía comúnmente a una central de proceso y distribución, en donde se almacena y bombea para exportación o a una estación de bombeo, la cual distribuye el crudo a distintos puntos como son las refinerías y las plantas petroquímicas.

Para tener una mejor descripción del proceso, se deberá consultar la lista de equipo (anexo 1) y el diagrama de flujo de proceso (DFP) que se muestra a continuación.

CARACTERÍSTICAS	CORRIENTES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AGUA	14.979	3.108	100.000	3.108	100.000	0.843	3.267	1.201		
INTENSIDAD	0.182	1.229	0.000	1.229	0.000	0.000	0.000	0.000		
INDICADOR CARGANDO	0.000	0.979	0.000	0.979	0.000	0.000	0.000	0.000		
AGUA SULFURADO	2.344	0.345	0.000	0.345	0.000	0.000	0.000	0.000		
METANO	21.347	39.177	0.000	29.245	0.000	0.000	0.000	0.000		
ETANO	4.391	0.722	0.000	0.722	0.000	0.000	0.000	0.000		
PROPANO	1.464	2.526	0.000	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
ISUTANO	0.018	0.018	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000		
N-PUTANO	2.451	2.366	0.000	2.366	0.000	0.000	0.000	0.000		
IS-PUTANO	1.409	0.476	0.000	0.476	0.000	0.000	0.000	0.000		
N-PUTANO	2.312	2.416	0.000	2.416	0.000	0.000	0.000	0.000		
N-HEXANO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
TOTAL	47.084	13.973	0.000	13.973	0.000	0.000	0.000	0.000		
FLUJO kg/hr	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000		
FLUJO kg/hr	3473.9	72.2	174.8	1607.7	2904.2	3124.8	3114.2	407.1		
ENTRADA a/b	343.00	343.4	172.8	477.20	4174.2	10143.4	25480	151.02		
ENTRADA a/b	0.002	0.013	0.000	0.101	0.764	0.790	0.000	0.000		
MA. ESTIMADA 30 C°/1 kg de m.										
TEMPERATURA a/b	0.0	0.0	15.1	78.0	15	22.0	4.5	7.0		
TEMPERATURA C°	34	30	33	34	31	32	32	34		

NOTAS

- 1.- PRESION EN kg/cm² TEMP. EN C°
 - 2.- NORMALMENTE EN FLUJO
 - 3.- DEBERIA INDICAR CONTENIDO DE AGUA
 - 4.- VALVULA MEZCLADORA
 - 5.- LAS ESPECIFICACIONES DE SALIDA DEL CRUDO DEBERIA TENER DEBERIA SER 85% VOL. DE AGUA Y REDONDEADO Y 15% MIB. DE BALNEIDAD MAXIMO LA PVR DEL CRUDO ESTABILIZADO DEBERIA SER DE 1.5 PSA
 - 6.- TRATAMIENTO PARA DISPOSICION FINAL AL MAR
- DEBERIA VALORIZACION EN % PERO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FES ZARAGOZA

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
SISTEMA DE PRODUCCION
BATERIA CENTRAL SER

Para llevar a cabo el análisis mediante el método HAZOP, el proceso de estabilización de crudo fue dividido en dos secciones:

- Manejo del crudo.
- Manejo del gas.

a) Manejo del crudo

La mezcla de hidrocarburos líquidos y gaseosos procedentes del pozo de perforación de alta presión Sen, 79 Kg/cm², entra al separador bifásico de alta presión, FA-107 AB (corriente 4), cuyas condiciones de operación son de 79 Kg/cm² y 94°C, donde se separan las fases gas-líquido. El crudo obtenido (corriente 66) se expande al pasar por la válvula de control de nivel por lo que su presión disminuye hasta alcanzar una presión de 6 Kg/cm² y se integra a la mezcla de las corrientes que provienen de las baterías periféricas Luna y Pijije y de los pozos de baja presión Sen, ambas a una presión de 6 Kg/cm², (corrientes 1 y 2 respectivamente) las cuales se envían al separador trifásico de baja presión, FA-101 AB (corriente 68) para eliminar el agua libre. El crudo, parcialmente deshidratado (corriente 11), es bombeado a una presión de 14.8 Kg/cm² por medio de la bomba de trasiego, GA-101 AB/R, hacia el intercambiador de calor crudo-crudo, EA-103 AB, donde aprovecha el calor que le proporciona el crudo que procede de la torre estabilizadora de crudo, DA-101, hasta alcanzar una temperatura de 100°C, para después recibir una dosificación de agua de lavado a 100°C a través de la corriente 3 (esta temperatura se alcanza en el intercambiador de calor para la mezcla crudo-agua, EA-101, al aprovechar también el calor suministrado por el crudo ya estabilizado) con el propósito de disolver al máximo las sales presentes y el desemulsificante a través de mezcladoras.

El crudo, bajo las condiciones antes mencionadas, es enviado (corriente 15) al deshidratador-desalador electrostático, FA-103 AB, el cual opera a 11 Kg/cm² y 100°C, donde el agua emulsionada es drenada de esta unidad a través de la corriente 17 e integrada a la corriente de agua eliminada del separador trifásico de baja presión, FA-101 AB (corriente 45) y llevadas a la unidad de tratamiento. El

crudo obtenido se envía a la torre estabilizadora de crudo, DA-101 (corriente 16), para la separación completa de los hidrocarburos ligeros, donde la torre opera a una presión y temperatura de 6 Kg/cm² y 101°C respectivamente. El calor necesario para llevar a cabo la vaporización de los componentes ligeros del crudo en la DA-101 es proporcionado por el calentador a fuego directo BA-101, el cual utiliza gas combustible; el calentador es alimentado (corriente 38) por medio de la bomba del calentador a fuego directo, GA-102/R, a 11.6 Kg/cm², permitiendo de esta manera la vaporización de aproximadamente el 28% en peso de su carga a 277°C y retornando a la sección de agotamiento de la torre estabilizadora de crudo (corriente 40). Es importante mencionar que conforme los vapores producidos por el calentador ascienden a lo largo de la torre, estos ceden calor al crudo que continuamente es suministrado a la torre estabilizadora de tal manera que el líquido extraído por el fondo de la columna está altamente concentrado en componentes pesados.

Para asegurar la eficiencia del proceso, se extrae de la sección de rectificación de la torre estabilizadora, una parte del contenido a 110°C y 6.1 Kg/cm² (corriente 21), por medio de la bomba del intercambiador lateral, GA-105 AB/R, haciendo pasar el flujo a 11.1 Kg/cm² (corriente 22) a través del intercambiador lateral de la torre estabilizadora, EA-102 AC, el cual aprovecha el calor proporcionado por la corriente del crudo ya estabilizado permitiendo de esta manera la vaporización del 5.2% en peso del flujo, para después reingresar a la torre a 177°C a través de la corriente 24. Así mismo, el agua que aún pudiera contener el crudo dentro de la columna es eliminada y enviada (corriente 47) al tanque colector de agua, FA-106, para después ser integrada, a través de la corriente 48, a la del agua drenada que proviene del deshidratador-desalador electrostático.

El crudo ya estabilizado es obtenido por la corriente 20 a 191°C y 6.3 Kg/cm², donde el calor que posee es aprovechado, como se mencionó anteriormente, en los intercambiadores de calor EA-101 (corriente 31), EA-102 AC (corriente 25) y EA-103 AB (corriente 30), para posteriormente disminuir su temperatura hasta 52°C por medio del enfriador de crudo, EC-102, y enviarse finalmente a una

central de proceso y distribución por medio de la bomba de crudo, GA-104 AB/R, a 23.7 Kg/cm².

b) Manejo del gas

El gas obtenido del separador bifásico de alta presión (corriente 8), rico en componentes ligeros, es enviado a un sistema de enfriamiento, mientras que el gas producto del separador trifásico de baja presión (corriente 9) y de la torre estabilizadora de crudo (corriente 19), se integran y originan la corriente 42 (5.5 Kg/cm² y 68°C) a la cual se reduce la temperatura por medio del enfriador EC-102 hasta alcanzar 52°C, para posteriormente ingresar al rectificador de baja presión, FA-102 (corriente 43), el cual opera a 4.8 Kg/cm² y 52°C, con el objeto de separar la fase líquida condensada; el agua es drenada a través de la corriente 44 e integrada a la del agua que procede del separador trifásico de baja presión, mientras que el gas se envía a un sistema de compresión.

5.2 Metodología del análisis de riesgo del proceso

El primer paso en el estudio del HAZOP consistió en seleccionar del DFP y PLG (anexo 2) los puntos donde se examinaron las desviaciones del proceso, llamados "nodos" los cuales fueron elegidos en función de las características propias de cada equipo, condiciones de operación tales como presión y temperatura y cercanía a equipos que en conjunto pudieran originar un accidente. Estos nodos están enumerados y los números aparecen en el encabezado de las hojas de trabajo HAZOP y coinciden con los mostrados en los DTI's que aparecen más adelante.

El primer elemento que se utilizó en la mayoría de los casos al examinar una desviación particular fue la consecuencia principal que podría originarse en ese nodo. Si no había un daño importante o sólo se tenía uno insignificante,

generalmente dicha desviación no se analizó en forma detallada. Esto permitió concentrarse en las desviaciones que pudieran causar condiciones inseguras o problemas de operación. Cuando surgió una modificación a la operación normal del proceso que pudiera causar condiciones inseguras o problemas de operación, se discutieron y registraron las posibles causas y consecuencias en las columnas correspondientes.

Una vez que se evaluaron y documentaron las consecuencias, se procedió a identificar las precauciones existentes para dicha desviación. Si estas no existían, se propusieron recomendaciones para mejorar la seguridad de la operación. Si las precauciones del sistema, como instrumentos, alarmas, válvulas de alivio o acciones del operador pudieran ayudar a mitigar la situación, la respuesta esperada del sistema se incluyó en la columna de PRECAUCIONES en las hoja de trabajo de HAZOP.

Si después del análisis se decidió que era necesario un cambio para mejorar la seguridad u operabilidad, dichas sugerencias se anotaron en la columna de ACCION.

5.3 Metodología del HAZOP

A continuación se presenta el desarrollo secuencial de aplicación del método HAZOP:

1. Seleccionar un nodo de estudio
2. Explicar la intención del diseño
3. Seleccionar una variable de proceso (flujo, presión, nivel, temperatura, entre otras)
4. Aplicar una palabra guía a la variable de proceso (no, menor, mayor, entre otras)
5. Determinar las posibles causas

6. Examinar las consecuencias de interés (si no hay consecuencias significativas vaya al punto 9)
7. Identificar las protecciones existentes
8. Proponer recomendaciones que sean apropiadas
9. Repetir los pasos 4 a 8 para todas las palabras guía
10. Repetir los pasos 3 a 9 para todas las variables de proceso
11. Repita los pasos 1 a 10 para todos los nodos

5.4 Interpretación de las hojas de trabajo HAZOP

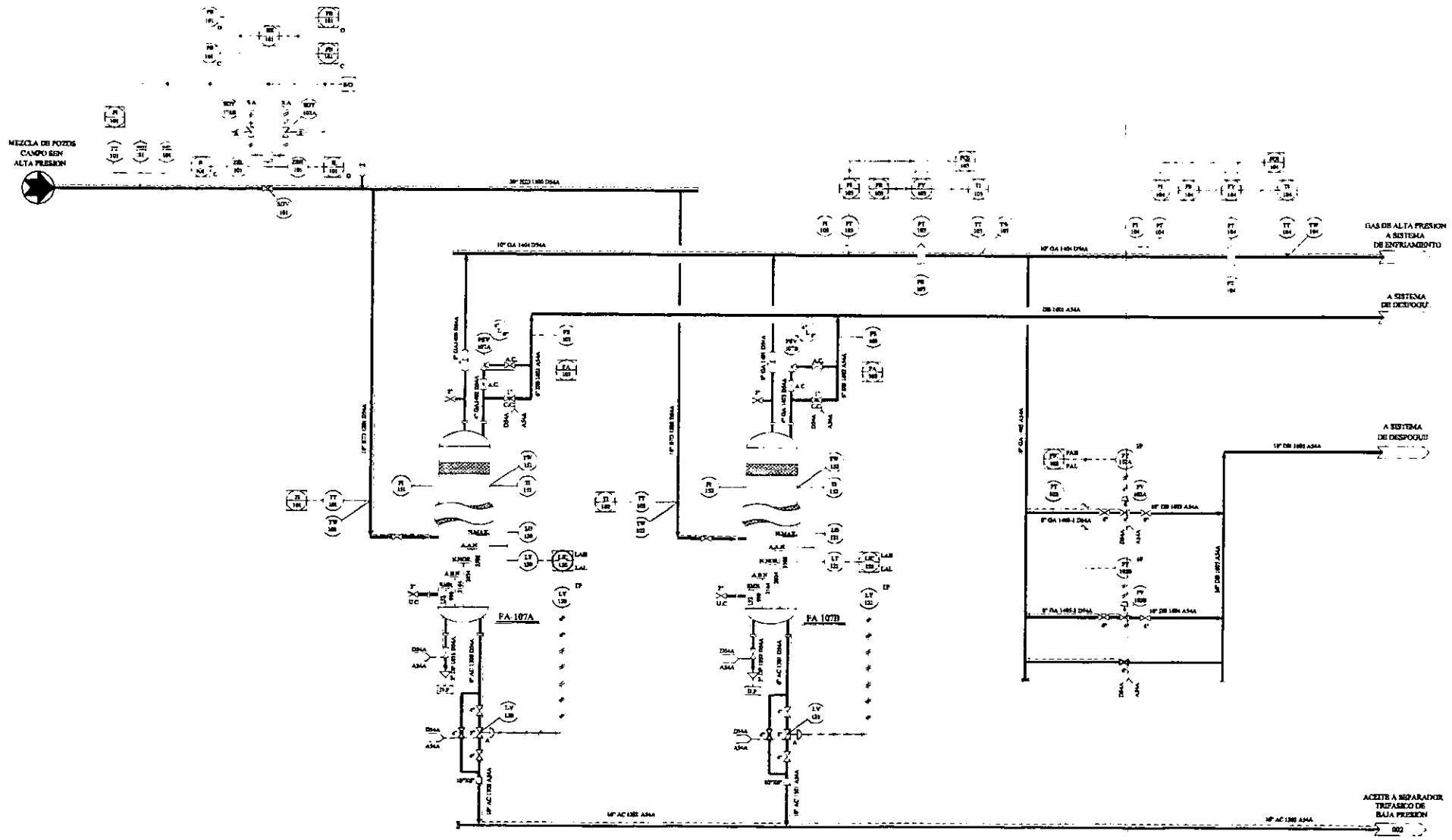
Los siguientes puntos aplican al leer las hojas de trabajo:

- ⇒ Para cada nodo, en la primer columna se listan las diferentes variables que pueden sufrir una desviación.
- ⇒ La siguiente columna indica la causa o causas que pueden originar la desviación.
- ⇒ La tercera columna indica los resultados que se pueden obtener como consecuencia de esa desviación.
- ⇒ La cuarta columna indica las precauciones que existen en el sistema para evitar al máximo posible que ocurra la desviación.
- ⇒ La quinta columna indica las acciones que se deben tomar para dar soporte a esas precauciones y en caso necesario, corregir los manuales o procedimientos para incluirlas en ellos.

5.5 Hojas de trabajo HAZOP

A continuación se presentan las **hojas de trabajo** producto de la aplicación del método análisis de peligro y operabilidad (HAZOP) donde se ilustran las

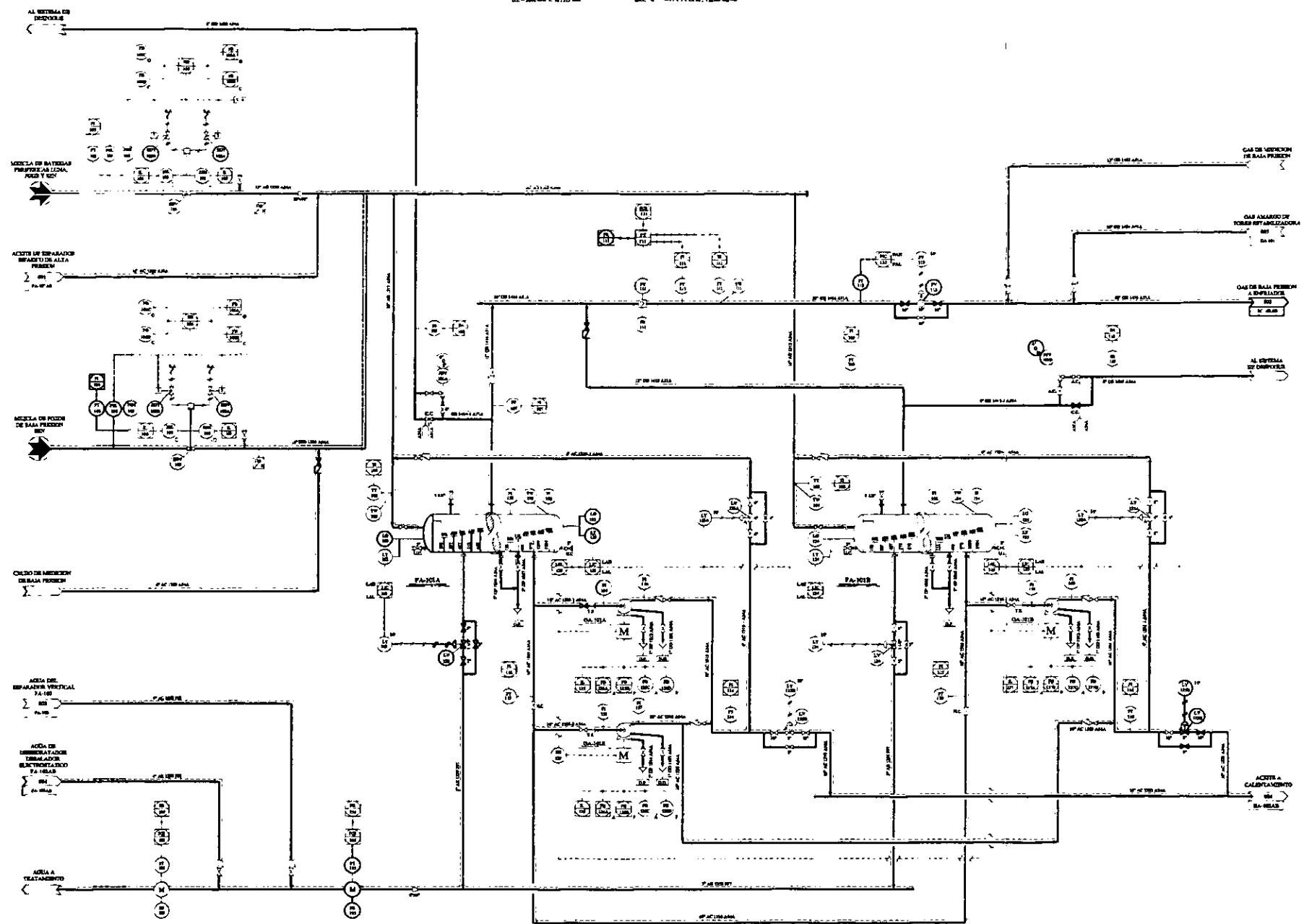
PA 107 AB
 SEPARADOR BIFASICO
 DE ALTA PRESION
 D.L. - 1829 mm T.T. - 5486 mm

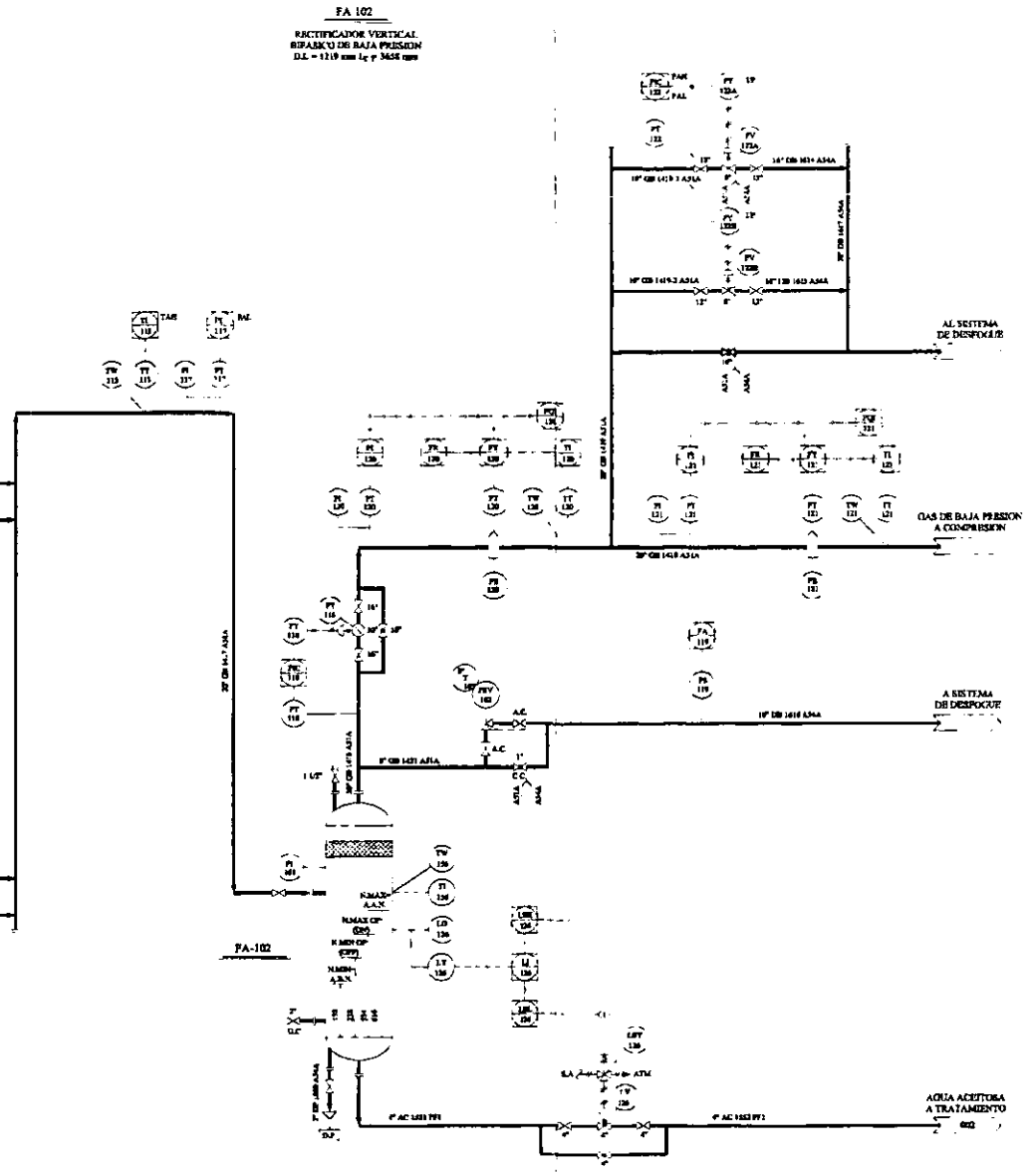
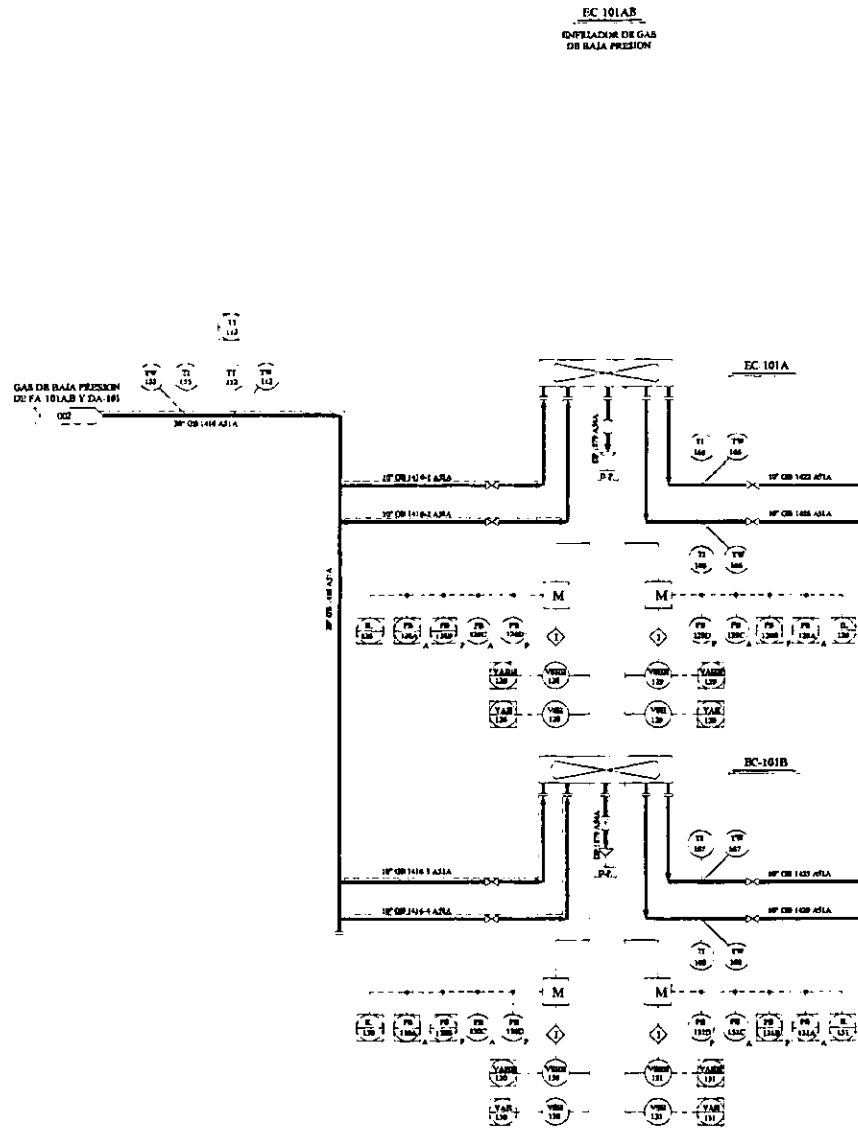


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FES ZARAGOZA
 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
 SISTEMA DE SEPARACION DE ALTA PRESION
 BATERIA CENTRAL SEN
 DIA. No. 001

PA-101 AB
SEPARADOR TRIPALADO
DE BAJA PRESION
DL-1000 mm L. 6700 mm

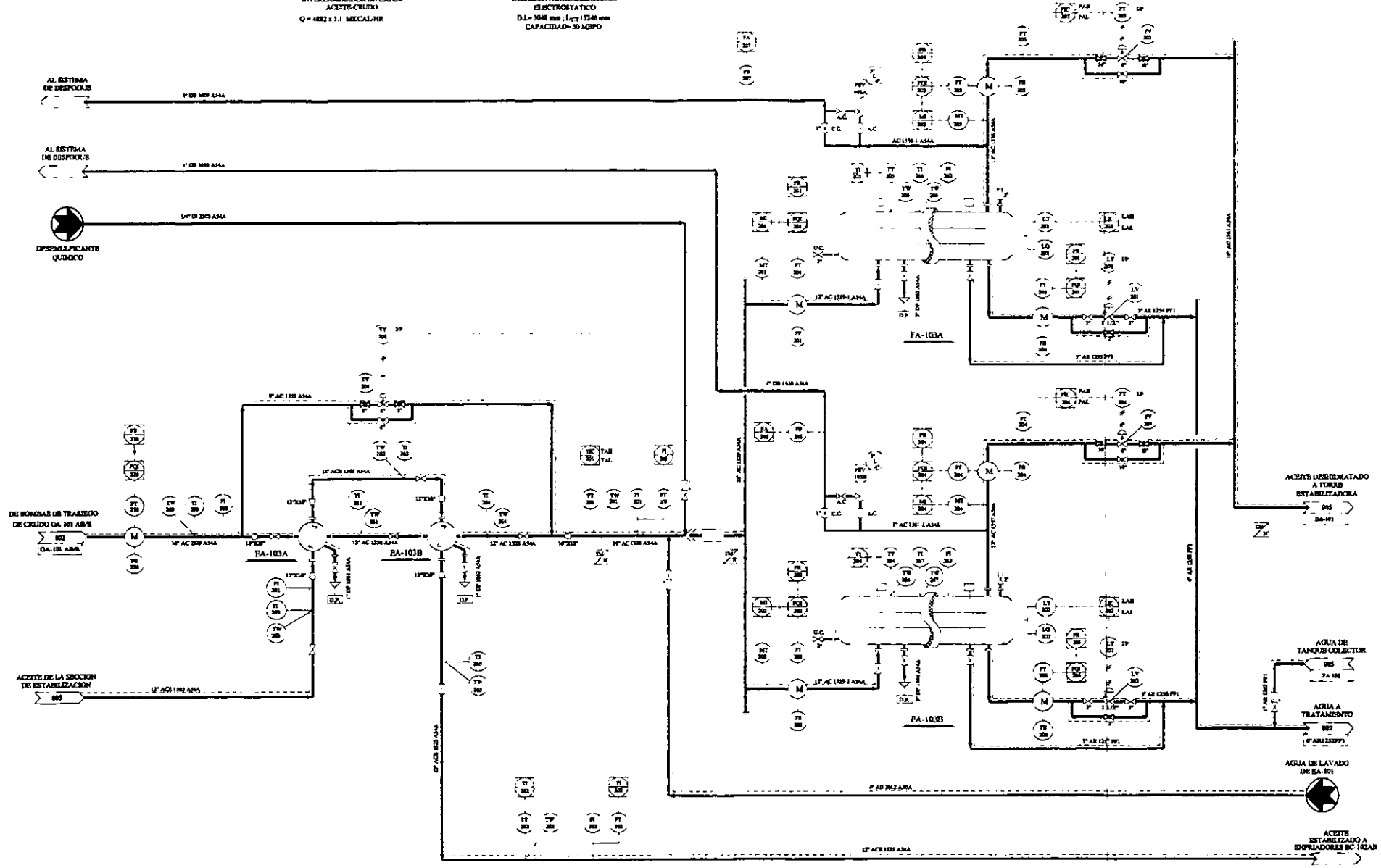
GA-101 ABX
RENDIDAS DE TRAZADO A REDIMENSIONAR
DIA. 0 - 103111 LPM. PEAR 6690





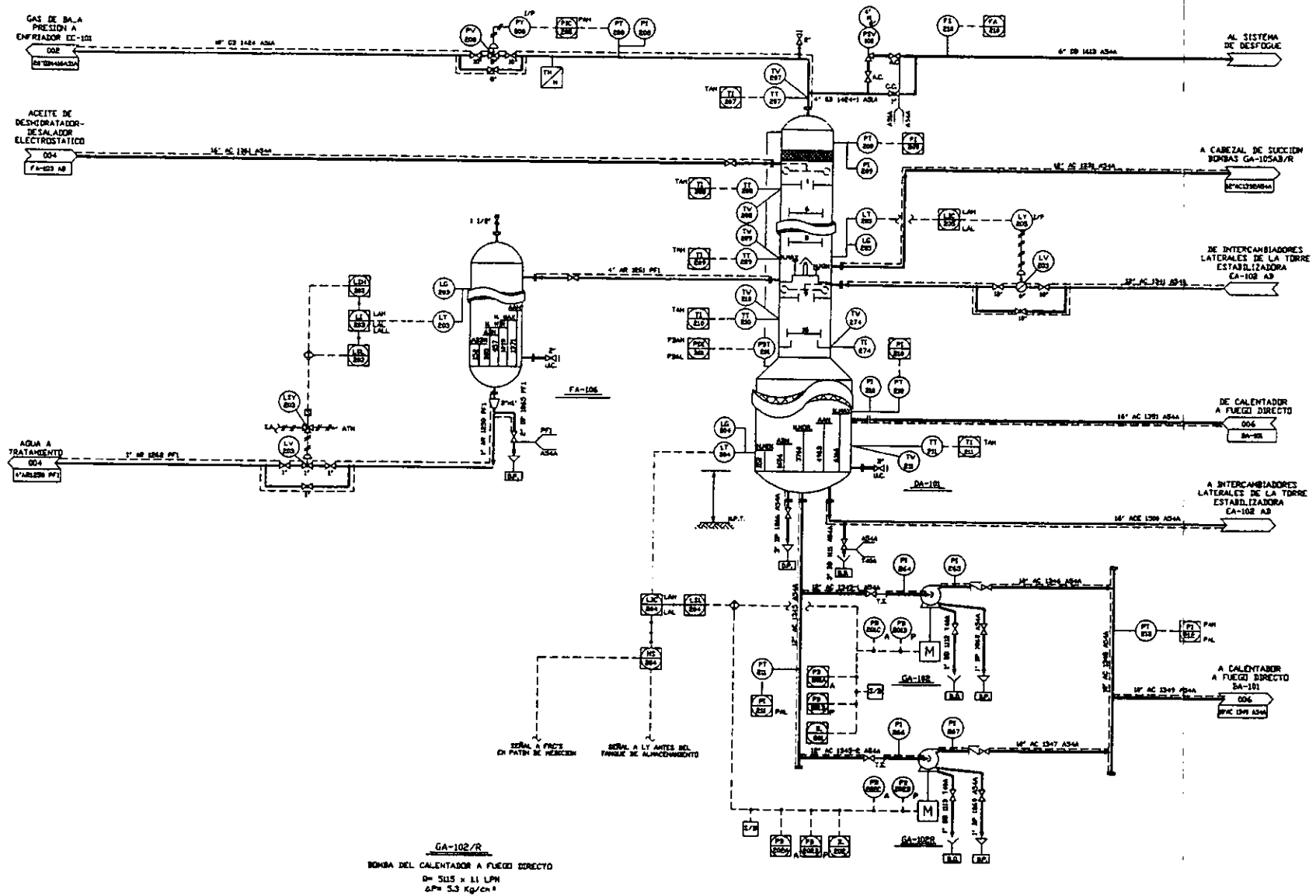
BA-103A,B
 INTERCAMBIADOR DE CALOR
 ACEITE CRUDO
 Q = 482 ± 1.1 MICAL/HR

FA-103A,B
 DESHIDRATADOR-ESTABILIZADOR
 ELECTROSTATICO
 D.L. = 3048 mm ; L₁ = 17248 mm
 CAPACIDAD = 50 MBPD



FA-106
TANQUE COLECTOR DE AGUA
D.I. = 610 mm | L.T. = 1829 mm

DA-101
TORRE ESTABILIZADORA DE CRUDO
D.I. = 2896 mm x 2962 mm
L.T. = 24699 mm



GA-102/R
BOMBA DEL CALENTADOR A FUEGO DIRECTO
D = 515 x 11 LPH
6P = 5.3 Kg/cm²

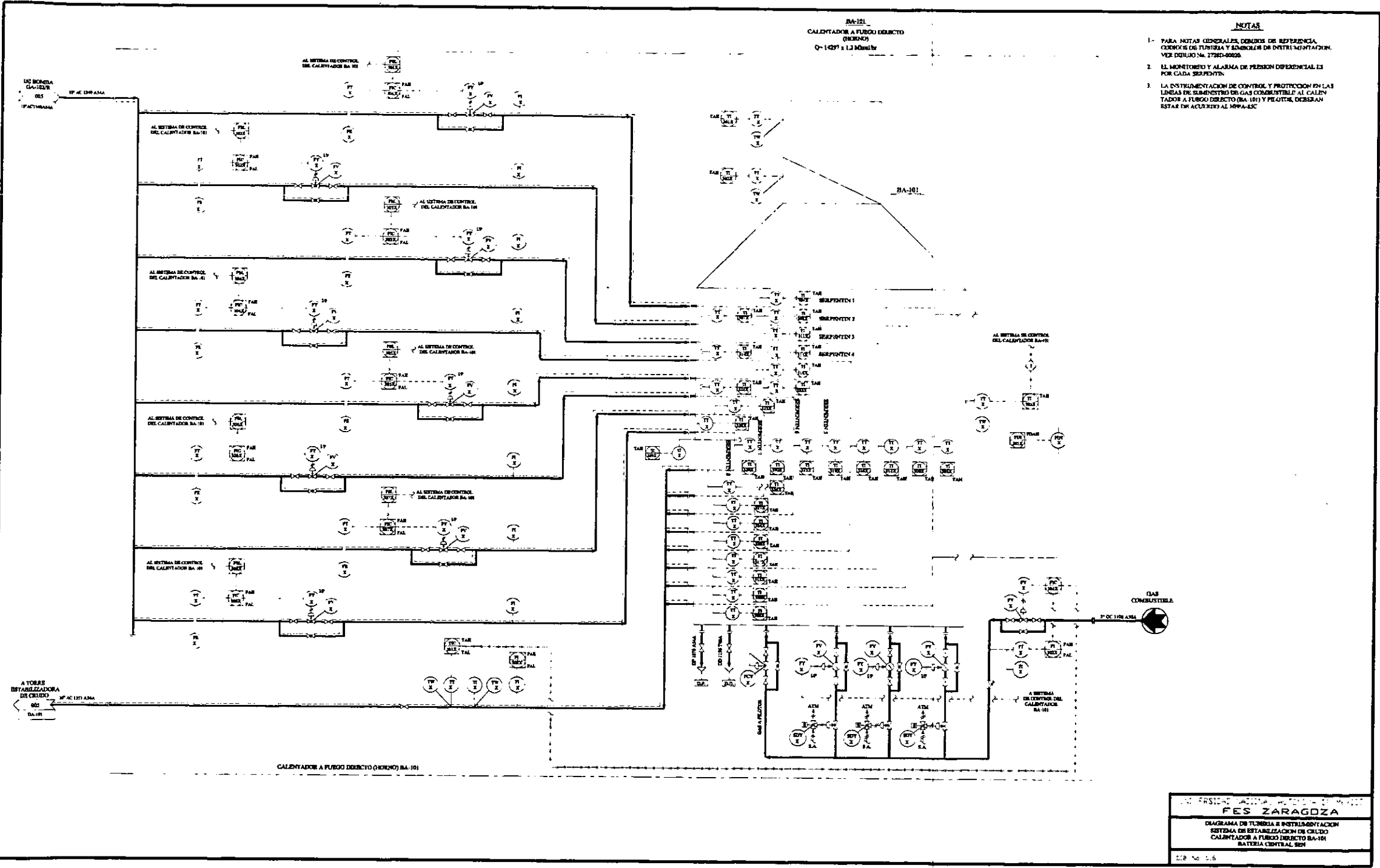
NOTAS

- 1- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIBUJO No. N-2788D-002D.
- 2- EL EQUIPO MOSTRADO EN ESTE DIAGRAMA FORMA PARTE DE LA SECCION DE ESTABILIZACION DE CRUDO.
- 3- SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA DE LA TORRE ESTABILIZADORA.
- 4- NIVELES DE INTERFASE HIDROCARBURO-AGUA.
- 5- NIVEL MAXIMO 1676 mm, ALARMA ALTO NIVEL 1371 mm, NIVEL NORMAL 1066 mm, ALARMA BAJO NIVEL 339 mm, NIVEL MINIMO 102 mm.
- 6- EL PROVEEDOR DETERMINARA LA ALTURA OPTIMA REQUERIDA DE LA TORRE ESTABILIZADORA, CON LA FINALIDAD DE EVITAR PROBLEMAS DE CAVITACION EN LAS BOMBAS.
- 7- ESTAS LINEAS SERAN AISLADAS POR PROTECCION AL PERSONAL A MENOS DE 3.0 m ARRIBA DE NIVEL DE PISO.
- 8- EN LA ETAPA DE REVISION Y APROBACION DE LA INGENIERIA BASICA, EL PROVEEDOR NO DEBERA LIMITARSE A LO QUE SE INDICA EN ESTE PLANO.

BA-101
CALENTADOR A FUEGO DIRECTO (HORNO)
Q= 1427 a 1.2 Mm²/hr

NOTAS

- 1- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIBUJO No. 2780-0008
- 2- EL MONITOREO Y ALARMA DE PRESION DIFERENCIAL ES POR CADA SERPENTIN.
- 3- LA INSTRUMENTACION DE CONTROL Y PROTECCION EN LAS LINEAS DE SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE AL CALENTADOR A FUEGO DIRECTO (BA-101) Y PLANTAS DEBEN ESTAR DE ACUERDO AL MMA-EC



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES
FES ZARAGOZA
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
SISTEMA DE ESTABILIZACION DE CALDO
CALENTADOR A FUEGO DIRECTO BA-101
BATERIA CENTRAL 90N
E/SR No. 1.5

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia 1				
TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE ALTA PRESION.				
CONCEPTO: SEPARADOR BIFASICO DE ALTA PRESION (FA-107 A).				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
No Flujo.	<p>1. Válvula SDV-101 cerrada por falla.</p> <p>2. Válvula de corte de alimentación del separador cerrada.</p>	<p>1 y 2. Sobrepresión en el cabezal de 20" y/o la línea de 16" con riesgo de daños mecánicos a la tubería de alimentación y a sus instrumentos de control. Riesgo de fuga de hidrocarburos con posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición el material fugado, contaminación y formación de nube explosiva.</p> <p>Posible paro en el sistema de enfriamiento de gas de alta presión.</p>	<p>1 y 2. En el cabezal de 20" existe indicador de presión en tablero de control e interruptor local por alta presión. El FA-107A cuenta con indicador local de presión, indicador-controlador de nivel en tablero de control, alarma por bajo nivel y vidrio de nivel.</p>	<p>1. Se recomienda verificar periódicamente el correcto funcionamiento de la válvula SDV-101 y el suministro de aire de servicio para evitar fallas.</p> <p>2. Instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que alguien lo opere sin autorización.</p>
Mayor Flujo.	<p>1. Aumento en el aporte de crudo de los pozos de alta presión.</p>	<p>1. Inestabilidad en el sistema por el incremento en el nivel y presión de operación del separador</p>	<p>1. En el cabezal de 20" existe indicador de presión en tablero de control e interruptor local por alta presión. El FA-107A cuenta con indicador local de presión, indicador-controlador de nivel en tablero de control, alarma por alto nivel y vidrio de nivel. La válvula LV-120 actúa abriendo un poco más el estrangulador al detectar el incremento en el nivel del separador</p>	<p>1. Debe existir comunicación entre el personal de las áreas operativas de los pozos de alta presión Sen y de la Batería Central de Sen para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que puedan existir en el sistema, y definir la posible solución. Si es necesario, abrir la válvula de 4" del By Pass de la válvula LV-120 y/o abrir la válvula de alimentación del FA-107B para disminuir el nivel del FA-107A.</p>
Menor Flujo.	<p>1. Cierre parcial de la válvula SDV-101.</p> <p>2. Agotamiento natural de los pozos de alta presión.</p> <p>3. Posible fuga en el cabezal de 20" o en la línea de 16" que alimenta al separador.</p>	<p>1, 2 y 3. Disminución en la presión de operación y en el nivel del separador. Decremento en las condiciones de flujo/presión que maneja el separador trifásico FA-101A y el sistema de enfriamiento del gas de alta presión.</p> <p>3. Derrame de hidrocarburos con posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición el material fugado, contaminación y formación de nube explosiva.</p>	<p>1, 2 y 3. En el FA-107AB se cuenta con indicador-controlador de nivel en tablero de control, alarma por bajo nivel, vidrio de nivel e indicador local de presión.</p> <p>En el cabezal de 20" existe indicador de presión en panel de control</p>	<p>1 y 2. Se debe analizar la razón de las variaciones y efectuar la revisión del estado de la válvula SDV-101. Monitoreo constante del sistema y acción correctiva por parte del operador al detectar la disminución del flujo. Comunicación con el personal que labora en los pozos de alta presión Sen para que conjuntamente se defina una solución</p> <p>3. Identificar el tramo de tubería dañada y repararla.</p> <p>Se recomienda inspeccionar periódicamente el espesor y condiciones mecánicas de las tuberías</p>

CAPITULO 5

Nodo de Referencia: 1				
TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE ALTA PRESION.				
CONCEPTO: SEPARADOR BIFASICO DE ALTA PRESION (FA-107 A).				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
Mayor Presión.	1. Válvula de salida de la fase gas del separador cerrada.	1. Sobrepresión en el separador, posibles daños en brida e instrumentos de control Posibilidad de fuga de gas y formación de nube explosiva	1. Accionamiento de la válvula de seguridad PSV-107 al detectar el incremento de presión. También existe indicador local de presión y temperatura	Asegurar en todo momento la apertura total de la válvula de 8" de salida del gas. Capacitar constantemente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normales y de emergencia Inspección y calibración continua de la válvula de seguridad PSV-107 y de los instrumentos de control para evitar fallas.
Menor presión.	1. Similar a Menor Flujo			
Mayor nivel.	1. Falla en el controlador de nivel LIC-120.	1. Incremento en el nivel del separador.	1. Existe alarma por alto nivel y vidrio de nivel. También se cuenta con By Pass en la válvula LV-120.	1. Abrir la válvula de 4" del By Pass. Calibrar y/o reparar el controlador de nivel LIC-120.
Menor nivel.	1. Similar a menor flujo			

Nodo de Referencia: 2				
TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE BAJA PRESION				
CONCEPTO: SEPARADOR TRIFASICO DE BAJA PRESION (FA-101A).				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
No flujo	1. Válvula de corte de alimentación del separador cerrada.	1. Sobrepresión en la línea de 16" con riesgo de daños mecánicos a la tubería de alimentación. Riesgo de fuga de hidrocarburos con posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición el material fugado, contaminación y formación de nube explosiva	1. En el FA-101A se cuenta con indicador local de presión, indicador-controlador de nivel en tablero de control tanto para el agua como para el aceite, vidrios de nivel y desconexión automática de la bomba GA-101A para su protección.	1. Se recomienda instalar indicador de presión en el cabezal de 20". Asegurarse que la válvula de corte de alimentación se encuentre siempre abierta mediante inspección visual a las instalaciones.

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia 2				
TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE BAJA PRESION				
CONCEPTO: SEPARADOR TRIFASICO DE BAJA PRESION (FA-101A).				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
Mayor Flujo.	<p>1. Incremento en el aporte de crudo del pozo de baja presión o de las Baterías periféricas Luna y Pijije.</p> <p>2. Posible apertura de la válvula de recirculación LV-123A.</p> <p>3 La válvula de 4" del By Pass de la válvula LV-123A se encuentra abierta.</p>	<p>1, 2 y 3. Aumento en el nivel y presión del separador y baja eficiencia en la separación aceite-agua.</p>	<p>1, 2 y 3. El separador cuenta con controles de nivel tanto para el agua como para el aceite. También existe alarma por alto nivel e indicador local de presión. Las válvulas LV-122 y LV-123B abren un poco más al aumentar el nivel del separador.</p>	<p>1. Debe existir comunicación entre el personal de las áreas operativas de los pozos de baja presión Sen y de las Baterías periféricas Luna y Pijije con el de la Batería Central Sen para informar las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que puedan existir en el sistema, y definir la posible solución. Si es necesario, accionar el By Pass de las válvulas LV-122 y LV-123B para disminuir el nivel en el separador.</p> <p>2. Calibrar los instrumentos de control de la válvula LV-123A para evitar posibles fallas.</p> <p>3. Se recomienda instalar un sistema de enclavamiento-bloqueo en el By Pass para cuando no deba usarse.</p>
Menor Flujo.	<p>1. Válvula de corte de alimentación del separador parcialmente cerrada.</p> <p>2. Agotamiento natural del pozo de baja presión o baja producción de aceite en las baterías periféricas Luna y Pijije.</p> <p>3. Fuga en algún punto de la tubería de alimentación.</p>	<p>1, 2 y 3. Disminución en el nivel y presión de operación del separador. Decremento en las condiciones de flujo/presión que maneja el FA-102 y FA-103A.</p> <p>3. Derrame y fuga de hidrocarburos con posibilidad de iniciación de un evento no deseado (como un incendio) si encuentra una fuente de ignición, contaminación y formación de nube explosiva.</p>	<p>1, 2 y 3. En el separador existe: vidrios de nivel, alarma por bajo nivel e indicador local de presión y temperatura. También se cuenta con desconexión automática de la bomba GA-101A para su protección.</p>	<p>1. Asegurarse que la válvula de corte de alimentación se encuentre siempre abierta mediante inspección a las instalaciones.</p> <p>Se recomienda instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que alguien lo opere sin autorización.</p> <p>2. Comunicación con el personal que labora en los pozos de baja presión Sen y en las Baterías periféricas Luna y Pijije para que conjuntamente se defina una solución.</p> <p>3. Identificar el tramo de tubería dañada y repararla.</p> <p>Se recomienda inspeccionar periódicamente el espesor y condiciones mecánicas de las tuberías.</p>
Mayor Presión.	<p>1 Válvula de salida de la fase gas del separador cerrada.</p>	<p>1. Sobrepresión en el separador y posibles daños en bridas e</p>	<p>1 Accionamiento de la válvula de seguridad PSV-101A. También existe</p>	<p>1. Asegurar en todo momento la apertura total de la válvula de salida del gas.</p>

CAPITULO 5

Nodo de Referencia: 2 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE BAJA PRESION				
CONCEPTO: SEPARADOR TRIFASICO DE BAJA PRESION (FA-101A).				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
		instrumentos de control. Posibilidad de fuga de gas y formación de nube explosiva	indicador local de presión y temperatura.	Capacitar constantemente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normal y de emergencia. Inspección y calibración continua de la válvula de seguridad PSV-101A y de los instrumentos de control para evitar fallas.
Menor Presión	1. Similar a Menor Flujo.			
Mayor Nivel	1. Análisis similar a Mayor Flujo. 2. Descalibración del controlador de nivel LIC-122 o LIC-123. 3. Falla en la operación normal de la bomba GA-101A.	1, 2 y 3 Aumento en el nivel del separador. Baja eficiencia de separación aceite-agua.	1, 2 y 3 Existe alarma por alto nivel y vidrio de nivel, tanto para el control del agua como para el aceite. También se cuenta con By Pass en las válvulas LV-122 y LV-123B. 3. Existe disponibilidad de la bomba de relevo GA-101R	1, 2 y 3. El operador debe analizar la razón de las vanaciones. Monitoreo constante del sistema y acción correctiva por parte del operador 2. Calibrar regularmente y/o reparar el controlador de nivel LIC-122 o LIC-123 Si es necesario, accionar el By Pass de la válvula LV-122 o LV-123B para reducir el nivel del separador.. 3. Accionar la bomba de relevo GA-101R, desmontar la bomba GA-101A y revisar su funcionamiento
Menor Nivel.	1. Similar a Menor Flujo.			

Nodo de Referencia: 3 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE BAJA PRESION.				
CONCEPTO: BOMBA DE TRASIEGO (GA-101 A).				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
No Flujo.	1. Falla en el suministro de energía eléctrica. 2. Falla en la	1, 2, 3 y 4 Incremento en el nivel del separador FA-101A. 3 y 4. Represionamiento	1. Existe disponibilidad de un generador de energía eléctrica de respaldo 2. Se cuenta con la bomba	1 Entra a operar el generador de energía eléctrica de respaldo 2. La bomba GA-101R comienza a operar.

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia: 3				
TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE BAJA PRESION.				
CONCEPTO: BOMBA DE TRASIEGO (GA-101 A)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
	<p>operación normal de la bomba (descompostura)</p> <p>3. Válvula ubicada en la succión de la bomba cerrada.</p> <p>4. Válvula ubicada en la descarga de la bomba cerrada</p>	<p>de la bomba, daños al motor y daños a la tubería de descarga.</p>	<p>de relevo GA-101 R</p> <p>3 y 4. Existe indicador local de presión en la succión y descarga de la bomba.</p>	<p>Desmontar la bomba GA-101A y repararla.</p> <p>3 y 4. Se recomienda instalar candados en el vástago de las válvulas para evitar que el personal la opere sin autorización.</p> <p>El monitoreo y la inspección visual del sistema por parte del operador, debe ser constante</p>
Mayor Flujo.	<p>1. Incremento en la frecuencia del motor de la bomba.</p>	<p>1. Daños al motor de la bomba Incremento en la presión de descarga. Aumento en los parámetros de flujo/presión que comúnmente maneja el FA-103A.</p> <p>Disminución en el nivel del FA-101A.</p>	<p>1. Existe indicador local de presión en la succión y descarga de la bomba. Se cuenta también un controlador de nivel y alarma por bajo nivel en el FA-101A para protección de la bomba.</p>	<p>1. Sacar de operación a la bomba GA-101 A para su revisión. Entra a operar la bomba GA-101R.</p>
Menor Flujo.	<p>1. Disminución en el nivel del FA-101A.</p> <p>2. Reducción en la apertura de la válvula situada en la succión de la bomba.</p> <p>3. Posible fuga en algún punto de la tubería de 16" de alimentación de la bomba</p>	<p>1, 2 y 3. Calentamiento del motor y disminución en la presión de descarga de la bomba. Reducción en las condiciones de flujo/presión que maneja el FA-103AB.</p> <p>3 Derrame de aceite con posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición.</p>	<p>1. En el FA-101A existe alarma por bajo nivel, controlador de nivel e interruptor por bajo nivel para la protección de la bomba.</p> <p>2 y 3. En la succión y descarga de la bomba se encuentra un indicador local de presión.</p>	<p>1. Determinar la causa de la disminución del nivel en el FA-101A. Se recomienda dar mantenimiento preventivo a los instrumentos de control para evitar posibles fallas.</p> <p>2. Se recomienda instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que el personal la opere sin autorización.</p> <p>El monitoreo y la inspección visual del sistema por parte del operador debe ser constante.</p> <p>3. Detectar y reparar el tramo de tubería dañado</p> <p>Inspeccionar periódicamente el espesor y condiciones mecánicas de las tuberías.</p>
Mayor Presión.	Similar a Mayor Flujo.			
Menor Presión.	1 Similar a Menor Flujo			

CAPITULO 5

Nodo de Referencia: 3				
TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE SEPARACION DE BAJA PRESION.				
CONCEPTO: BOMBA DE TRASIEGO (GA-101 A).				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
No Presión.	1. Similar a No Flujo.			

Nodo de Referencia: 4				
TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS DE BAJA PRESION.				
CONCEPTO: ENFRIADOR DE GAS DE BAJA PRESION (EC-101A)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
No Flujo.	1. Cierre total de la válvula de corte de alimentación del EC-101A por error. 2. Ruptura en la línea de alimentación del enfriador de gas.	1 y 2. Posible paro en el sistema de compresión de gas de baja presión 2. Formación de una nube explosiva por fuga de material inflamable.	1 y 2. En la línea de descarga del EC-101A se cuenta con indicador local de presión y alarma por baja presión en tablero de control. Existe indicador local de presión en el FA-102, indicar de presión y registro de flujo en la descarga del FA-102.	1 El operador debe asegurarse que la válvula de corte de alimentación se encuentre siempre abierta mediante inspección visual a las instalaciones. Se recomienda instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que el personal la opere sin autorización. 2. Identificar el tramo de tubería dañada y repararla. Inspeccionar periódicamente el espesor y condiciones mecánicas de las tuberías.
Mayor Flujo.	1. Incremento en el flujo que proviene de los pozos de baja presión o de las baterías periféricas Luna y Pijje 2. La válvula de 8" del By Pass de la válvula PV-208 se encuentra abierta.	1 y 2. Aumento en las condiciones de flujo/presión que maneja el rectificador vertical FA-102 y el sistema de compresión de gas de baja presión.	1 y 2. En la tubería de descarga del EC-101 A se cuenta con indicador local de presión e indicador de presión en tablero de control. También se cuenta con controlador de presión, alarma por alta presión y registro de flujo en la descarga de gas del FA-101A.	1. Debe existir comunicación con el personal que opera en los pozos de baja presión Sen y el de las Baterías periféricas Luna y Pijje para informar las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que suceden en el sistema. 2. Se recomienda instalar un sistema de enclavamiento-bloqueo en el By Pass para cuando no deba usarse.
Menor Flujo	1 Disminución del flujo que proviene de los pozos de baja presión o de las	1, 2 y 3. Disminución de las condiciones de flujo/presión que maneja el FA-102 y el sistema de compresión de gas	1, 2 y 3. En la tubería de descarga del EC-101A se cuenta con indicador local de presión y alarma por baja	1. Debe existir comunicación con el personal que opera en los pozos de baja presión Sen y el de las Baterías periféricas Luna y Pijje para

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia: 4 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS DE BAJA PRESIÓN.				
CONCEPTO: ENFRIADOR DE GAS DE BAJA PRESION (EC-101A)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
	baterías periféricas. 2. Posible cierre parcial de la válvula de corte de alimentación del EC-101A. 3. Posible fuga en la línea de alimentación del enfriador de gas.	de baja presión 3. Formación de una nube explosiva por fuga de material inflamable.	presión en tablero de control. Además existe indicador local de presión, indicador de presión y registro de flujo en tablero de control en la descarga de gas del FA-102.	informar las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que sucedan en el sistema. 2. El operador debe realizar el monitoreo visual de las condiciones de proceso y debe analizar la razón de las variaciones. Se recomienda instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que el personal la opere sin autorización. 3. Identificar el tramo de tubería dañada y repararla. Inspeccionar periódicamente el espesor y condiciones mecánicas de las tuberías.
Mayor Temperatura.	1. Incremento en la temperatura de los vapores que provienen de la DA-101.	1. Aumento en la temperatura de operación del FA-102. 2. Cambios en la composición de la línea de descarga del FA-102.	1. En la línea de alimentación y descarga del EC-101A existe indicador de temperatura y alarma por alta temperatura en tablero de control. También existe indicador de temperatura y alarma por alta temperatura en la descarga de la DA-101.	1. El operador debe realizar el monitoreo de los parámetros operativos de la DA-101, en especial la temperatura para prevenir daños en tuberías, válvulas o instrumentos de control debido a una dilatación térmica, así como los posibles cambios en la composición.

Nodo de Referencia: 5 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS DE BAJA PRESIÓN				
CONCEPTO: RECTIFICADOR VERTICAL BIFASICO DE BAJA PRESION (FA-102)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PROTECCION	ACCION
No Flujo	1. Válvula de corte de alimentación del rectificador cerrada.	1. Sobrepresión en la línea de alimentación de 20" con riesgo de daños mecánicos a la tubería y a sus instrumentos de control. Riesgo de fuga y formación de nube explosiva de material	1 y 2. En la línea de alimentación de 20" y en el rectificador existen indicador local de presión y en tablero de control.	1. El operador debe asegurarse que la válvula de corte de alimentación se encuentre siempre abierta mediante inspección visual a las instalaciones. Se recomienda instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que el

Nodo de Referencia: 5
 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS DE BAJA PRESIÓN

CONCEPTO: RECTIFICADOR VERTICAL BIFASICO DE BAJA PRESION (FA-102)

DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PROTECCION	ACCION
		inflamable Paro en la operación normal del sistema de compresión de gas de baja presión.		personal la opere sin autorizacion e instalar alarma por alta presión en el indicador de presión PI-117. Debe existir comunicación constante con el personal operario del sistema de compresión para informar de las variaciones y problemas en las condiciones de operación.
Mayor Flujo	1. Aumento en el aporte del FA-101AB y/o de la DA-101.	1. Incremento en el nivel del rectificador. Baja eficiencia de separación de las fases liquido-gas.	1. La válvula LV-126 actúa abriendo un poco más el estrangulador al detectar el incremento en el nivel del rectificador. También se cuenta indicador de nivel en tablero de control y vidrio de nivel.	1. El operador debe realizar el monitoreo de las condiciones de proceso y analizar la razón de las variaciones. Si es necesario, abrir la válvula de 4" del By Pass de la válvula LV-126. Calibrar continuamente los instrumentos de control del rectificador para evitar fallas. Instalar alarma por alto nivel en el rectificador.
Menor Flujo	1. Cierre parcial de la válvula de corte de alimentación. 2. Disminución en el aporte del FA-101AB y/o de la DA-101. 3. Posible fuga en la línea de alimentación de 20" que alimenta al rectificador.	1, 2 y 3. Disminución en la presión de operación y en el nivel del rectificador. Decremento en las condiciones de flujo/presión que maneja el sistema de compresión de baja presión. 3. Fuga y formación de nube explosiva por escape de material inflamable.	1, 2 y 3. En el FA-102 se cuenta con indicador de nivel en tablero de control, vidrio de nivel, interruptor por bajo nivel que controla la apertura de la válvula LV-126 e indicador local de presión	1 y 2. Se debe analizar la razón de las variaciones y efectuar la revisión del estado de la válvula de corte de alimentación. Monitoreo visual constante del sistema y acción correctiva por parte del operador. 1. Se recomienda instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que el personal la opere sin autorización. 3. Identificar el tramo de tubería dañada y repararla. Es necesario inspeccionar continuamente las condiciones mecánicas de la tubería.
Mayor Presión.	1. Válvula PV-118 cerrada por falla en su sistema de control. 2. Aumento en la temperatura del gas que proviene de la DA-101.	1 y 2. Incremento en la presión interna del rectificador, posible daño a sus instrumentos de control y de la línea de salida de la fase gas. Riesgo de fuga y formación de nube explosiva de material inflamable	1. El FA-102 y la línea de salida de la fase gas del rectificador cuentan con indicador local de presión y válvula de seguridad PSV-102 respectivamente También existe un By Pass en la válvula PV-118. 2. Existe el indicador local de temperatura TI-156, así como indicador de	1. Inspección y calibración del controlador-indicador de presión de la válvula PV-118, así como de la válvula PSV-102 para prevenir fallas. Si es necesario, abrir la válvula de 16" del By Pass de la válvula PV-118. Instalar alarma por alta presión en el rectificador.

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia: 5 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS DE BAJA PRESIÓN				
CONCEPTO: RECTIFICADOR VERTICAL BIFASICO DE BAJA PRESION (FA-102)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PROTECCION	ACCION
			temperatura y alarma por alta temperatura en la línea de alimentación de 20"	2. El operador debe realizar el monitoreo de los parámetros operativos de la DA-101, en especial la temperatura para prevenir daños en tuberías, válvulas o instrumentos de control debido a una dilatación térmica, así como los posibles cambios en la composición.
Menor Presión	1. Similar a menor flujo.			
Mayor Nivel	1. Análisis similar a mayor flujo. 2. La válvula LV-126 cerrada por falla en su sistema de control.	2. Aumento en el nivel de operación del FA-102. Baja eficiencia en el proceso de rectificación.	2. Existe disponibilidad de vidrio de nivel, indicador de nivel e interruptor por alto nivel.	2. Se recomienda verificar periódicamente el correcto funcionamiento de la válvula LV-126 y el suministro de aire de servicio. Instalar alarma por alto y bajo nivel de líquido. Si es necesario abrir la válvula de 4" del By Pass de la válvula LV-126 para reducir el nivel.
Menor Nivel	1. Similar a menor flujo.			

Nodo de Referencia: 6 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN DE CRUDO				
CONCEPTO: DESHIDRATADOR-DESALADOR ELECTROSTATICO (FA-103A)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
No Flujo	1. La válvula de corte de alimentación del FA-103A o alguna válvula situada en la tubería de conducción es cerrada por error de operación. 2. Falla en la operación normal de	1 y 2. Paro en la operación normal de la DA-101 y BA-101 1. Sobrepresión en la línea de alimentación estando en funcionamiento la bomba GA-101A. Riesgo de fuga de hidrocarburos con	1. Existe indicador local de presión y alarma por baja presión en la línea de descarga del FA-103A, además se cuenta con un transmisor y registro de flujo en la línea de alimentación y en la descarga, tanto del agua como del aceite 2. Existe la disponibilidad de la bomba de relevo GA-	1 y 2. Monitorear constantemente el sistema y llevar a cabo la acción correctiva necesaria por parte del operador. Se debe analizar la razón de las variaciones y efectuar la revisión del estado y alineación de las válvulas Se recomienda instalar un

Nodo de Referencia: 6

TITULO DEL DOCUMENTO DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE DESHIDRATACION DE CRUDO.

CONCEPTO: DESHIDRATADOR-DESALADOR ELECTROSTATICO (FA-103A)

DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
	la bomba GA-101A	posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición el material fugado, contaminación, formación de nube explosiva y daño a los instrumentos de control. Posible daño al haz de tubos del EA-103AB	101R.	candado en el vástago de la válvula de corte de alimentación para evitar que el personal la opere sin autorización. 2. Colocar la bomba GA-101R en operación, revisar y reparar la bomba GA-101A.
Mayor Flujo	1. Incremento en la frecuencia del motor de la bomba GA-101A o de la bomba encargada de impulsar el agua de lavado. 2. Posible falla en la válvula FV-209, o el By Pass se abre por error. 3. Posible falla en la válvula LV-123B, o el By Pass se abre por error.	1, 2 y 3. Aumento en el nivel del FA-103A. Baja eficiencia en el proceso de deshidratado y desalado, generando problemas de operación en la DA-101.	1, 2 y 3. En el FA-103A existe transmisor y registro de flujo en la línea de alimentación; además se cuenta con vidrio de nivel, controlador de nivel y alarma por alto nivel en tablero de control. La válvula LV-201 actúa abriendo un poco más el estrangulador al detectar el incremento en el nivel del deshidratador.	1. Se recomienda monitorear constantemente el sistema y aplicar la acción correctiva por parte del operador. 2 y 3. Inspección y calibración de los instrumentos de control de la válvula FV-209, así como de la válvula LV-123B para prevenir fallas. En caso necesario, accionar el By Pass de la válvula LV-201. Se recomienda instalar un sistema de enclavamiento-bloqueo en el By Pass para cuando no deba usarse.
Menor Flujo	1. Reducción en la frecuencia del motor de la bomba GA-101A 2. Cierre parcial de alguna válvula situada en la tubería de conducción y alimentación de la GA-101A al FA-103A 3. Fuga en algún punto de la tubería de conducción y alimentación del FA-103A	1, 2 y 3. Decremento en los parámetros operativos de flujo, nivel, presión y temperatura en el FA-103A y DA-101. 3. Derrame de aceite, con posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición	1. Existe disponibilidad de la bomba de relevo GA-101R. 2 y 3. En el FA-103A existe transmisor y registro de flujo en la línea de alimentación y en las líneas de descarga de aceite y agua, además se cuenta con indicador local y en tablero de control de temperatura, vidrio de nivel, controlador de nivel y alarma por bajo nivel en tablero de control.	1, 2 y 3. Se recomienda instalar un dispositivo automático para desenergizar los electrodos si en el FA-103A existe bajo nivel. 1. Colocar la bomba GA-101R en operación, revisar y reparar la bomba GA-101A. 2. Se debe analizar la razón de las variaciones y efectuar la revisión del estado de las válvulas. Monitorear constantemente el sistema y aplicar la acción correctiva por parte del operador. 3. Identificar el tramo de tubería dañada y repararla. Es necesario inspeccionar continuamente las condiciones mecánicas y físicas de la tubería.

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia: 6

TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA
DE DESHIDRATACIÓN DE CRUDO

CONCEPTO: DESHIDRATADOR-DESALADOR ELECTROSTATICO (FA-103A)

DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
Mayor Nivel	<p>1. Análisis similar a Mayor Flujo.</p> <p>2. Posible falla en la válvula LV-201 o PV-203 o en sus sistemas de control.</p>	<p>2. Aumento en el nivel de operación del FA-103A.</p> <p>Baja eficiencia en el proceso de deshidratación y desalado del aceite.</p>	<p>2. Existe disponibilidad de vidrio de nivel, transmisor e indicador de nivel en tablero de control, así como alarma por alto nivel. También se cuenta con un By Pass en las válvulas LV-201 y PV-203.</p>	<p>2. Se recomienda inspeccionar y calibrar los instrumentos de control de las válvulas LV-201 y PV-203 para evitar fallas.</p> <p>Si es necesario, accionar el By Pass de la válvula LV-201 o PV-203 para reducir el nivel del separador.</p> <p>Capacitar constantemente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normal y de emergencia.</p>
Menor Nivel	<p>1. Similar a Menor Flujo</p>			
Mayor Temperatura	<p>1. Incremento en la temperatura del crudo estabilizado que proviene de la DA-101.</p>	<p>1. Parámetros inapropiados de temperatura/presión en el FA-103A para lograr un buen proceso de deshidratado y desalado.</p> <p>Posible formación de Acido Clorhídrico por hidrólisis, el cual es altamente corrosivo.</p> <p>Disminución del volumen por incremento en la vaporización.</p>	<p>1. En el FA-103A se cuenta con indicador local de temperatura y presión e indicador de temperatura en tablero de control. Accionamiento de la válvula de seguridad PSV-103A.</p> <p>Existe indicador local de temperatura en la línea de 12" que alimenta al EA-103AB por el lado de los tubos.</p> <p>También se cuenta con un indicador local de temperatura a la descarga del EA-103AB, así como un controlador de temperatura con indicación en el tablero de control y alarma por alta temperatura.</p>	<p>1. El operador debe monitorear constantemente los parámetros operativos del sistema, en especial la temperatura en la DA-101 y en el FA-103A y aplicar la acción correctiva pertinente.</p> <p>Se recomienda calibrar constantemente los instrumentos de control así como a la válvula TV-201 para prevenir fallas</p> <p>Capacitar periódicamente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normal y de emergencia.</p>
Menor Temperatura	<p>1. Disminución en la temperatura del crudo estabilizado que proviene de la DA-101</p>	<p>1. Decremento en los parámetros de temperatura, presión y viscosidad idóneos para llevar a cabo la desemulsificación.</p> <p>Posible estratificación de capas de aceite en el EA-103AB, en la línea de conducción y alimentación del FA-103A.</p> <p>Posibles problemas de operación de la DA-101.</p>	<p>1. En el FA-103A se cuenta con indicador local de temperatura y presión e indicador de temperatura en tablero de control.</p> <p>Existe indicador local de temperatura en la línea de 12" que alimenta al EA-103AB por el lado de los tubos.</p> <p>También se cuenta con un indicador local de temperatura a la descarga del EA-103AB, así como un controlador de temperatura</p>	<p>1. El operador debe monitorear constantemente los parámetros operativos del sistema, en especial la temperatura en la DA-101 y en el FA-103A y aplicar la acción correctiva necesaria.</p> <p>Se recomienda calibrar constantemente los instrumentos de control así como a la válvula TV-201 para evitar fallas</p> <p>Capacitar periódicamente al personal de operación para el control del proceso en</p>

Nodo de Referencia: 6 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN DE CRUDO.				
CONCEPTO: DESHIDRATADOR-DESALADOR ELECTROSTATICO (FA-103A)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
			con indicación en el tablero de control y alarma por baja temperatura.	situaciones normal y de emergencia
Mayor Presión	1. Análisis similar a Mayor Nivel y Temperatura.	1 Análisis similar a Mayor Nivel y Temperatura.	1 Análisis similar a Mayor Nivel y Temperatura.	1. El operador debe monitorear constantemente los parámetros operativos del sistema Se recomienda calibrar constantemente los instrumentos de control así como a la válvula PV-203 y a la PSV-103A para prevenir fallas. Capacitar periódicamente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normal y de emergencia.
Menor Presión	1. Análisis similar a Menor Nivel y Temperatura.	1. Análisis similar a Menor Nivel y Temperatura.	1. Existe indicador local de presión así como un controlador-indicador de presión en tablero de control y alarma por baja presión en la línea de descarga del aceite del FA-103A.	1. El operador debe monitorear constantemente los parámetros operativos del sistema. Se recomienda calibrar constantemente los instrumentos de control así como a la válvula PV-203 para evitar fallas. Capacitar periódicamente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normal y de emergencia.
Inexistencia del campo eléctrico	1. Falla en el suministro de energía eléctrica. 2. Ruptura en algún punto del conductor eléctrico	1 y 2. No se lleva a cabo la coalescencia de las gotas de agua. Incremento en el consumo de gas combustible en el BA-101.	1. Existe disponibilidad de un generador de energía eléctrica de respaldo. 2. No existe.	1. Entra a operar el generador de energía eléctrica de respaldo 2. Se recomienda verificar periódicamente el estado físico de la línea de conducción de energía eléctrica que alimenta a los electrodos

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia: 7 TITULO DEL DOCUMENTO DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO.				
CONCEPTO TORRE ESTABILIZADORA DE CRUDO (DA-101)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
No Flujo	1. Válvula PV-203 cerrada por falla en su sistema de control. 2. Válvula de corte de alimentación de la DA-101 cerrada.	1 y 2. Sobrepresión en la línea de 16" con riesgo de daños mecánicos a la tubería de alimentación y a sus instrumentos de control. Riesgo de fuga de hidrocarburos, contaminación y formación de nube explosiva.	1 y 2. En la DA-101 se cuenta con vidrio de nivel e indicador-controlador de nivel en tablero de control tanto para el agua como para el aceite, alarma por bajo nivel e interruptor por bajo nivel para la desconexión automática de la bomba GA-102 para su protección.	1 y 2 El operador debe monitorear las condiciones de operación, registrar las anomalías del sistema y aplicar los correctivos necesarios. 1 Se recomienda verificar periódicamente el correcto funcionamiento de la válvula PV-203, calibrar sus instrumentos de control y verificar el sistema neumático de la válvula para evitar fallas. Si es necesario, accionar el By Pass de la válvula PV-203. 2. Se recomienda instalar un candado en el vástago de la válvula para evitar que el personal la opere sin autorización.
Mayor Flujo	1. Posible apertura de la válvula de 10" del By Pass de la válvula PV-203. 2. Aumento en el aporte de aceite del FA-103A.	1 y 2. Inestabilidad en el sistema por el incremento en el nivel y presión de la torre de estabilización.	1 y 2. Se cuenta con un indicador-controlador de nivel en tablero de control tanto para el agua como para el aceite como para el agua que se extraerá de la torre y alarma por alto nivel en la DA-101. También se cuenta con la disponibilidad del tanque de techo flotante (FB-101) el cual opera a control de nivel. Existen indicadores locales de presión.	1. Se recomienda instalar un sistema de enclavamiento-bloqueo en el By Pass de la válvula PV-203 para cuando no deba usarse. 2. El operador debe realizar el monitoreo de las condiciones de proceso y analizar la razón de las variaciones.
Menor Flujo	1. Cierre parcial de la válvula PV-203. 2. Cierre parcial de la válvula de corte de alimentación de la torre. 3 Disminución en el aporte de aceite del FA-103A. 4. Posible fuga en la línea de alimentación de 16".	1, 2, 3 y 4. Disminución en las condiciones de nivel y presión de la DA-101 así como reducción en la producción de crudo estabilizado y gases ricos en componentes ligeros. 4. Derrame de hidrocarburos con posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición, contaminación y formación de una nube explosiva de material inflamable.	1, 2, 3 y 4. En la DA-101 se cuenta con un indicador-controlador de nivel en tablero de control tanto para el aceite como para el agua que se extraerá de la torre, alarma por bajo nivel e interruptor por bajo nivel para la desconexión automática de la bomba GA-102 para su protección, así mismo existen indicadores locales de presión.	1, 2 y 3. El operador debe monitorear las condiciones de operación, registrar las anomalías del sistema y aplicar los correctivos necesarios. Se debe analizar la razón de las variaciones y revisar la alineación de las válvulas periódicamente así como calibrar sus instrumentos de control. 4 Identificar el tramo de tubería dañada y repararla. Se recomienda inspeccionar continuamente el espesor y condiciones mecánicas de las tuberías.

Nodo de Referencia: 7

TÍTULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO.

CONCEPTO: TORRE ESTABILIZADORA DE CRUDO (DA-101)

DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
Mayor Temperatura	<p>1. Falla en el sistema de control de temperatura</p> <p>2. Incremento en la temperatura del BA-101.</p>	<p>1 y 2. Incremento en la temperatura y presión de operación de la DA-101. Represionamiento en la coraza de la torre de estabilización, fuga de hidrocarburos y formación de una nube explosiva, daño a los instrumentos de control, cambios en la composición química y condiciones termodinámicas de los productos de descarga de la torre.</p>	<p>1 y 2. En la DA-101 se cuenta con indicadores de presión, indicadores de presión diferencial y alarma por alta y baja presión diferencial en tablero de control, así como un controlador-indicador de presión en la línea de descarga del gas con alarma por alta presión.</p> <p>Accionamiento de la válvula de seguridad PSV-100 al detectar aumento de presión.</p> <p>Existen indicadores de temperatura, locales y en tablero de control, y alarma por alta temperatura en las secciones de agotamiento y rectificación de la torre.</p>	<p>1 y 2. El operador debe realizar monitoreo constante de las condiciones de operación, sobre todo la temperatura y presión. Analizar la razón de las variaciones y ajustar la temperatura del calentador. Inspección y calibración de los instrumentos de control para prevenir fallas.</p> <p>Capacitar regularmente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normales y de emergencia.</p>
Menor Temperatura	<p>1. Descalibración del control de temperatura</p> <p>2. Desajuste en la temperatura del calentador.</p>	<p>1, 2 y 3. Disminución en los parámetros de presión y temperatura y baja eficiencia en el proceso de estabilización de crudo</p>	<p>1 En la DA-101 se cuenta con indicadores de presión, indicadores de presión diferencial y alarma por alta y baja presión diferencial en tablero de control, así como un controlador-indicador de presión en la línea de descarga del gas con alarma por baja presión.</p> <p>2 Existe indicador de temperatura y alarma por baja temperatura en tablero de control en la línea de salida del calentador, así como indicadores de temperatura en la torre de estabilización.</p>	<p>1 y 2. El operador debe realizar monitoreo constante de las condiciones de operación. Analizar la causa por la cual disminuyó la temperatura y en caso necesario el operador reajustara la temperatura del calentador.</p> <p>Inspección y calibración de los instrumentos de control para prevenir fallas.</p> <p>Capacitar regularmente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normales y de emergencia</p>
Mayor Presión	<p>1 Incremento de temperatura.</p> <p>2. Cierre de la válvula PV-208 por falla en el sistema de control</p>	<p>1 Similar a Mayor Temperatura</p> <p>2. Incremento en la presión interna de la DA-101 Represionamiento en la coraza de la torre de estabilización, posible fuga de hidrocarburos y formación de una nube explosiva, daño a los instrumentos de control.</p>	<p>1 Similar a Mayor Temperatura.</p> <p>2 Se cuenta con indicadores de presión, locales y en tablero de control, indicadores de presión diferencial y alarma por alta y baja presión diferencial en tablero de control, así como un controlador-indicador de presión en la línea de descarga del gas con alarma por mayor presión. Accionamiento de la válvula de seguridad PSV-100 y existencia de By Pass en la</p>	<p>1. Similar a Mayor Temperatura.</p> <p>2. Inspección y calibración del controlador-indicador de presión de la válvula PV-208, así como de la válvula PSV-100 para prevenir fallas.</p> <p>Si es necesario, abrir la válvula de 8" del By Pass de la válvula PV-208</p>

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia: 7 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO				
CONCEPTO: TORRE ESTABILIZADORA DE CRUDO (DA-101)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
			válvula PV-208.	
Menor Presión	1. Similar a Menor Temperatura.			
Mayor Nivel	1. Similar a Mayor Flujo. 2. Falla en la operación normal de la bomba GA-102 o GA-104A al disminuir su capacidad de bombeo. 3. Cierre total de la válvula ubicada en la succión o descarga de la bomba GA-102 o de alguna otra relacionada con la alimentación y descarga de la bomba GA-104AB.	1, 2 y 3. Similar a Mayor Flujo 3. Daños al motor de la bomba y a las tuberías de conducción.	1 y 2. Similar a Mayor Flujo. 2. Existe la disponibilidad de la bomba de relevo GA-102R y GA-104R. 3. Existen indicadores de presión en la succión y descarga de la bomba GA-102 y GA-104AB.	1. Similar a Mayor Flujo. 2 y 3. Se debe analizar la razón de las variaciones y efectuar la revisión del estado de las válvulas. Monitoreo constante del sistema y acción correctiva por parte del operador al detectar el aumento de nivel en la DA-101.
Menor Nivel	1. Similar a Menor Flujo.	1. Similar a Menor Flujo	1 Similar a Menor Flujo.	1. Similar a Menor Flujo.

Nodo de Referencia: 8 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO.				
CONCEPTO: CALENTADOR A FUEGO DIRECTO (BA-101)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
REVISIÓN DEL LADO DE PROCESO				
No Flujo.	1. Falla en la operación normal de la bomba GA-102 (descompostura). 2. Válvula ubicada en la succión de la bomba GA-102 cerrada. 3. Válvula ubicada en la descarga de la bomba GA-102 cerrada.	1, 2 y 3. Apagado del calentador. Existen grandes variaciones en la eficiencia del proceso de estabilización. 2 y 3. Represionamiento de la bomba, daños al motor y daños a la tubería de alimentación del BA-101	1, 2 y 3. Se cuenta con indicador local de presión, transmisor e indicador-controlador de flujo, alarma por bajo flujo e interruptor por bajo flujo en cada una de las líneas que alimentan a los serpentines del calentador. 2 y 3. Existen indicadores locales de presión en la succión y descarga de la bomba GA-102.	1, 2 y 3. Se debe analizar la razón de las variaciones y efectuar la revisión del estado y alineación de las válvulas. Monitorear constantemente el sistema y llevar a cabo la acción correctiva necesaria por parte del operador. 1. Colocar la bomba GA-102R en operación, revisar y reparar la bomba GA-102. 2 y 3 Se recomienda instalar un candado en el

Nodo de Referencia: 8
 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA
 DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO.

CONCEPTO: CALENTADOR A FUEGO DIRECTO (BA-101).

DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
				vástago de las válvulas para evitar que el personal las opere sin autorización.
Menor Flujo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción en la frecuencia del motor de la bomba GA-102. 2. La válvula ubicada en la succión o descarga de la bomba GA-102 parcialmente cerrada. 3. Alguna de las válvulas de control de flujo de alimentación de cada serpentín del calentador parcialmente cerrada. 4. Fuga en algún punto de la tubería de alimentación del BA-101. 	<ol style="list-style-type: none"> 1, 2, 3 y 4. Si la disminución es considerable se puede llegar al apagado del calentador. <p>Existen variaciones en la eficiencia del proceso de estabilización de la torre.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Derrame de hidrocarburos con posibilidad de incendio si encuentra una fuente de ignición, contaminación y formación de una nube explosiva de material inflamable. 	<ol style="list-style-type: none"> 1, 2, 3 y 4. Se cuenta con indicador local de presión, transmisor e indicador-controlador de flujo, alarma por bajo flujo e interruptor por bajo flujo en cada una de las líneas que alimentan a los serpentines del calentador. <ol style="list-style-type: none"> 1. Existe disponibilidad de la bomba de relevo GA-102R. 3. Se cuenta con By Pass en cada una de las válvulas de control de flujo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1, 2, 3 y 4. El operador debe monitorear las condiciones de operación, registrar las anomalías del sistema y aplicar las acciones correctivas necesarias. <ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar la bomba GA-102R en operación, revisar y reparar la bomba GA-102. 2. Se recomienda instalar un candado en el vástago de las válvulas para evitar que el personal las opere sin autorización. 3. Se debe analizar la razón de las variaciones y efectuar la revisión del estado y alineación de las válvulas. 4. Identificar el tramo de tubería dañada y repararla. Es necesario inspeccionar continuamente las condiciones mecánicas y físicas de la tubería
Mayor Flujo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incremento en la frecuencia del motor de la bomba GA-102. 2. Posible falla en alguna de las válvulas de control de flujo de alimentación del calentador o algún By Pass se abre por error. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 y 2. Baja eficiencia en el intercambio térmico al interior del calentador debido al incremento de flujo de aceite a través de los serpentines del calentador, aumento en la presión. <p>Existen variaciones en la eficiencia del proceso de estabilización de la torre.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 y 2. Se cuenta con indicador local de presión, transmisor e indicador-controlador de flujo y alarma por alto flujo en cada una de las líneas que alimentan a los serpentines del calentador. <ol style="list-style-type: none"> 1. Existen indicador local de presión en la descarga de la bomba GA-102. También se cuenta con disponibilidad de la bomba de relevo GA-102R. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 y 2. El operador debe monitorear las condiciones de operación, registrar las anomalías del sistema y aplicar los correctivos necesarios. <ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar la bomba GA-102R en operación, revisar y reparar la bomba GA-102. 2. Se debe analizar la razón de las variaciones, revisar la alineación de las válvulas periódicamente así como calibrar sus instrumentos de control. <p>Se recomienda instalar un sistema de enclavamiento-bloqueo del By Pass de las válvulas de control de flujo para cuando no deban utilizarse.</p>
Mayor Temperatura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Descalibración del control de temperatura (termostato). 	<ol style="list-style-type: none"> 1 y 2. Existen variaciones en la eficiencia del proceso de estabilización de la 	<ol style="list-style-type: none"> 1 y 2. Existe un indicador y controlador de temperatura, alarma por alta temperatura, indicador de presión y 	<ol style="list-style-type: none"> 1 y 2. El operador debe monitorear las condiciones de temperatura en el calentador y en el caso de

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia: 8 TITULO DEL DOCUMENTO DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO				
CONCEPTO CALENTADOR A FUEGO DIRECTO (BA-101)				
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
	2. Falla de la válvula de control de suministro de gas combustible del calentador.	torre	alarma por alta presión en la línea de salida del calentador. También se cuenta con indicador de temperatura, alarma por alta temperatura y alarma por alta presión diferencial en cada uno de los serpentines del calentador, así como indicadores de temperatura y alarma por alta temperatura en la coraza del calentador.	que se incremente la temperatura, el operador reajustará el control de la misma. En caso necesario apagar el calentador. Llevar un registro de la operación y anotar las variaciones detectadas en el equipo. Capacitar regularmente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normales y de emergencia. Inspección y calibración de los instrumentos de control para prevenir fallas.
Menor Temperatura.	1. Descalibración del termostato. 2. Apagado del piloto del quemador.	1 y 2. Existen variaciones en la eficiencia del proceso de estabilización de la torre.	1. Existe un indicador y controlador de temperatura, alarma por baja temperatura, indicador de presión y alarma por baja presión en la línea de salida del calentador. También se cuenta con indicador de temperatura en cada uno de los serpentines del calentador, así como indicadores de temperatura en la coraza del calentador.	1 y 2. El operador debe monitorear las condiciones de operación. Verificar si el piloto esta encendido. Analizar la causa por la cual disminuyo la temperatura y en caso necesano el operador reajustara el control de temperatura o se procede a encender el piloto del calentador. Capacitar regularmente al personal de operación para el control del proceso en situaciones normales y de emergencia. Inspección y calibración de los instrumentos de control para prevenir fallas.
Mayor Presión.	1. Incremento de temperatura. 2. Incremento de flujo	1. Análisis similar a Mayor Temperatura 2. Análisis similar a Mayor Flujo.	1. Análisis similar a Mayor Temperatura 2. Análisis similar a Mayor Flujo.	1. Análisis similar a Mayor Temperatura. 2. Análisis similar a Mayor Flujo.
Menor Presión	1. Disminución de la temperatura. 2. Posible fuga de hidrocarburos de los serpentines dentro del calentador	1. Análisis similar a Menor Temperatura 2. Baja presión de salida del calentador. Posibilidad de incendio o explosión.	1. Análisis similar a Menor Temperatura. 2. Se cuenta con indicador local de presión, alarma por baja presión con indicación en tablero de control en la línea de salida del calentador.	1. Análisis similar a Menor Temperatura. 2. Vigilar que dentro de los programas de mantenimiento se incluya la calibración de espesores de los serpentines del calentador. Revisar el material de construcción de los serpentines. Inspección y calibración de los instrumentos de control

CAPITULO 5

Nodo de Referencia: 8
 TITULO DEL DOCUMENTO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA
 DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO

CONCEPTO: CALENTADOR A FUEGO DIRECTO (BA-101).

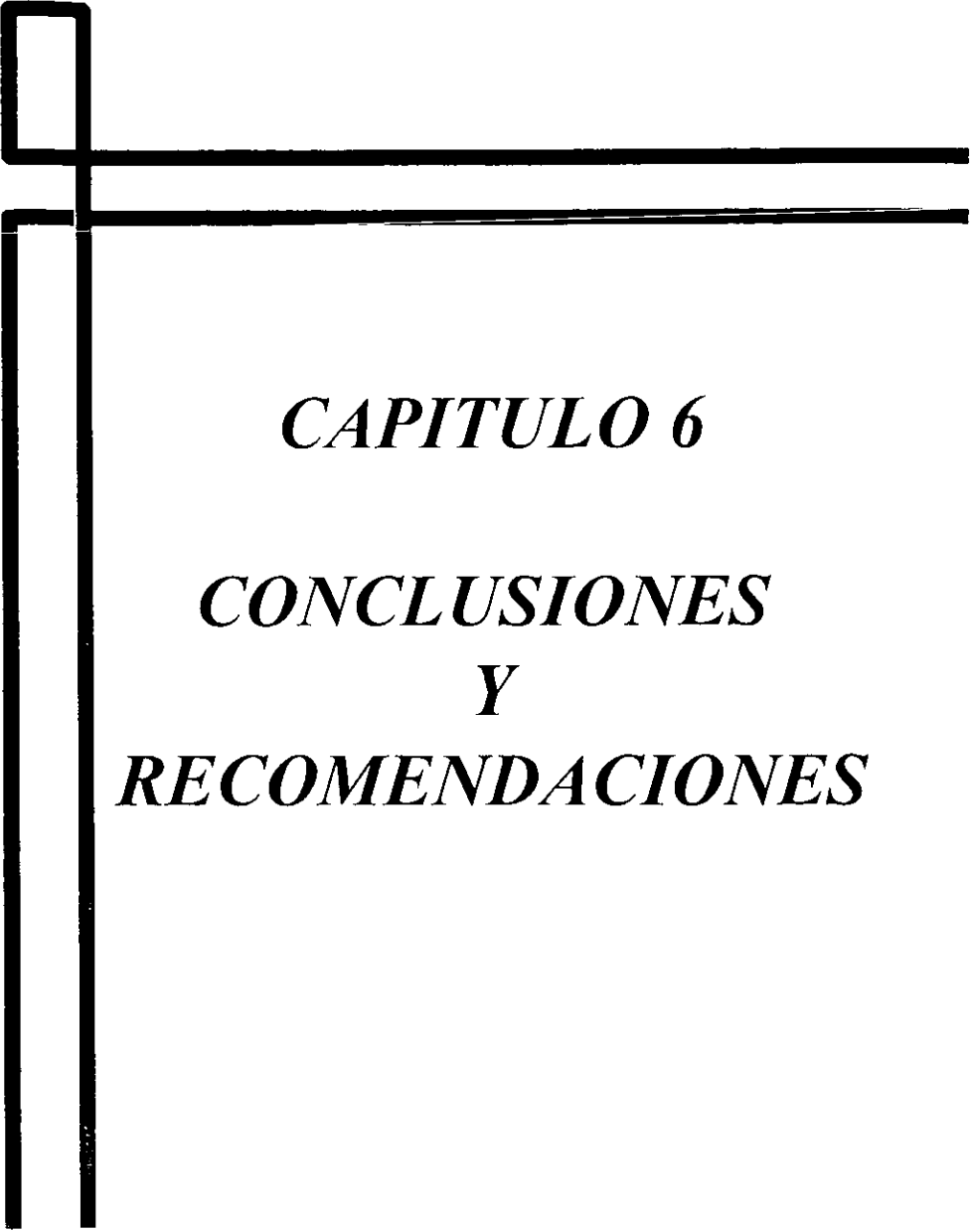
DESVIACION	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
				para prevenir fallas. Se debe cerrar la alimentación de aceite y apagar el calentador. Se debe contar con sistemas de ataque de incendios en esta zona
No Presión	1. Ruptura total del serpentín del calentador 2. Análisis similar a No Flujo.	1. Paro en el proceso de estabilización de la torre DA-101. 2. Análisis similar a No Flujo.	1. Se cuenta con indicador local de presión, alarma por baja presión con indicación en tablero de control en la línea de salida del calentador. 2. Análisis similar a No flujo	1. Vigilar que dentro de los programas de mantenimiento se incluya la calibración de espesores de los serpentines del calentador. Revisar el material de construcción de los serpentines. Inspección y calibración de los instrumentos de control para prevenir fallas. Se debe cerrar la alimentación de aceite y apagar el calentador. 2. Análisis similar a No Flujo.

REVISION DEL LADO DE CALENTAMIENTO

No flujo de gas combustible al quemador del calentador.	1. Falla del controlador de suministro de gas combustible. 2. Falla en el suministro de aire de instrumentos (cierres de válvula). 3. Alta temperatura en el calentador.	1. 2 y 3. Disminución de la temperatura y baja eficiencia en el proceso de estabilización de crudo. Apagado del calentador.	1. 2 y 3. Existe un indicador y controlador de temperatura, alarma por baja temperatura, indicador de presión y alarma por baja presión en la línea de salida del crudo del calentador. También se cuenta con indicador de temperatura en cada uno de los serpentines del calentador, así como indicadores de temperatura en la coraza del calentador. Existen By Pass en las válvulas que suministran el gas al quemador del calentador.	1. 2 y 3. Analizar la causa por la cual no llega gas al quemador del calentador, y restablecer la operación. Se propone la instalación de un sistema adicional de aire de planta que sirva de respaldo al paquete de aire de instrumentos. En caso necesario, accionar el By Pass de la válvula o válvulas reguladoras del gas combustible.
Mayor flujo de gas al quemador.	1. Falla en la válvula o válvulas de control de suministro de gas al quemador del calentador. 2. Descalibración en el controlador de temperatura TIC-331	1 y 2. Mayor calentamiento. Incremento de la relación gas-aire, con el consecuente incremento de gas no quemado a la salida de la chimenea del calentador.	1 y 2. Existe un indicador y controlador de temperatura, alarma por alta temperatura, indicador de presión y alarma por alta presión en la línea de salida del calentador. También se cuenta con indicador de temperatura, alarma por alta temperatura	1 y 2. El operador debe monitorear la condición de temperatura del calentador y regular el suministro de gas al calentador. Realizar periódicamente la calibración del controlador de temperatura TIC-331 para prevenir fallas. Capacitar regularmente al personal de operación para

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE RIESGO

Nodo de Referencia 8 TITULO DEL DOCUMENTO DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE CRUDO				
CONCEPTO: CALENTADOR A FUEGO DIRECTO (BA-101)				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCION
			y alarma por alta presión diferencial en cada uno de los serpentines del calentador, así como indicadores de temperatura y alarma por alta temperatura en la coraza y en la chimenea de gases de salida del quemador del calentador	el control del proceso en situaciones normales y de emergencia
No presión	1 Análisis similar a No Flujo			
Mayor Temperatura	Análisis similar a Mayor Flujo de gas al quemador.			
Menor Temperatura	1. Análisis similar a Menor Temperatura del lado de proceso.			
No Flama	1 Falta de suministro de gas combustible	1 Decremento en los parámetros de temperatura, presión y viscosidad idóneos para llevar a cabo la estabilización del crudo. Posible obstrucción de la tubería por estratificación de capas de aceite	1. Existe un indicador y controlador de temperatura, alarma por baja temperatura, indicador de presión y alarma por baja presión en la línea de salida del calentador. También se cuenta con indicador de temperatura en cada uno de los serpentines del calentador, así como indicadores de temperatura en la coraza del calentador.	1. El operador debe monitorear constantemente los parámetros operativos del calentador, en especial la temperatura, además de procurar el suministro de gas combustible al quemador mediante inspección a las instalaciones para verificar que las válvulas de control de flujo del gas se encuentren en buen estado y debidamente alineadas.



CAPITULO 6

CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A raíz de los accidentes acontecidos en la industria de proceso, y en particular en nuestro país, se ha hecho evidente la necesidad de realizar estudios de riesgo en todas aquellas empresas que realicen actividades consideradas como altamente riesgosas que pongan en peligro al personal que labora dentro de sus instalaciones, a las comunidades cercanas a estas, al medio ambiente y las propiedades.

En general, el nivel de riesgo depende de la conjunción de las propiedades físicas y químicas de los materiales que se utilizan, las características de los equipos, su distribución y la forma de operación de los procesos que pueden influir en la ocurrencia de un accidente.

6.1 Conclusiones y Recomendaciones

En la actualidad existen en México leyes, reglamentos y normas (entre las más importantes están: el *artículo 27* de la CPEUM; los *artículos 28, 30, 146 y 147* de la LGEEPA; el *artículo 57* del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo y la NOM-114-STPS-1994), las cuales han sido emitidas por las distintas dependencias gubernamentales relacionadas con el tema y que son obligatorias para aquellas empresas que realicen actividades denominadas de alto riesgo, y así reducir la probabilidad ocurrencia de accidentes y las consecuencias de los distintos riesgos presentes en el manejo de sustancias peligrosas.

Como se observó en el capítulo cuatro existe una gran variedad de técnicas para la identificación y evaluación de riesgos (Check List, What if?, FTA, HAZOP, entre otras), pero su uso debe ser selectivo para obtener resultados confiables, es decir, antes de elegir a alguna de ellas se deberían analizar las ventajas, desventajas y todos aquellos requisitos que el mismo método impone para su correcta aplicación y preguntarse si los resultados esperados cumplen con las limitantes de tiempo, costo y cobertura. Para el análisis de riesgo de este trabajo se seleccionó el método HAZOP, ya que los resultados obtenidos de su aplicación en este tipo de procesos permiten implementar medidas preventivas de mitigación o eliminación de cualquier evento indeseable o perjudicial.

Con base a las hojas de trabajo HAZOP elaboradas y mostradas en el capítulo cinco se determinó que los equipos que muestran mayores condiciones de riesgo debido a sus condiciones de operación y al análisis elaborado son:

- Calentador a Fuego Directo (BA-101)
- Torre Estabilizadora de Crudo (DA-101)
- Separador Bifásico de Alta Presión (FA-107AB)
- Deshidratador - Desalador Electrostático (FA-103AB)

Uno de los equipos más importantes y que merece especial atención y cuidados (en base al análisis desarrollado) es el Calentador a Fuego Directo (BA-101), ya que de ocurrir una desviación considerable en el control de la temperatura, en el suministro de gas combustible o una fuga de hidrocarburos de las tuberías cercanas al calentador o de los serpentines que se encuentran dentro del mismo, las consecuencias pueden ser graves dado que existe el riesgo de que se afecte la eficiencia del proceso de estabilización al aumentar la temperatura y presión normales de operación o posibilidad de incendio y explosión si el material fugado encuentra una fuente de ignición como lo es la flama del calentador. Sin embargo, es necesario vigilar a todos y cada uno de los elementos que forman parte del proceso para asegurar el correcto desempeño de los mismos, así como

a los parámetros de operación para que estos se mantengan dentro de los límites establecidos.

Como se mencionó en el capítulo cinco, el aceite crudo extraído de un pozo es una mezcla de hidrocarburos, donde los más volátiles son el metano, etano, propano y butano. De acuerdo al análisis elaborado en este trabajo, existe la posibilidad de que se presenten fugas donde estas sustancias pueden formar nubes explosivas y/o provocar un incendio si encuentran una fuente de ignición, por lo que es importante vigilar en todo momento las condiciones físicas de las instalaciones para prevenir accidentes. Así mismo, es importante separar los componentes ligeros antes de enviar el crudo a almacenamiento ya que de no hacerlo, se corre el riesgo de que se desprendan del líquido y provoquen una sobrepresión en el interior del tanque de almacenamiento. Para un mejor entendimiento del peligro que conlleva el manejo de este tipo de sustancias y saber que hacer en caso de un accidente, en el anexo 3 se proporciona la hoja de seguridad de estas sustancias.

Es importante señalar que la limitación más importante del trabajo presentado fue no haber conocido las instalaciones de la Batería Central Sen, lo que impidió realizar ajustes al análisis elaborado de acuerdo a las condiciones reales que existen en el sitio.

En la revisión del análisis de riesgos se detectó que existen las medidas necesarias para prevenir las fallas que se pudieran presentar durante la operación; sin embargo, si los planes de mantenimiento y calibración de instrumentos y dispositivos de control no son llevados a cabo, se pueden presentar cualquiera de los eventos que se muestran en las hojas de trabajo (capítulo cinco) y que dan lugar a las **recomendaciones** generales que se indican a continuación:

- a) Establecer comunicación constante con el personal que labora en las áreas operativas de los pozos de baja y alta presión Sen y de las baterías periféricas Luna y Pijije para conocer las variaciones en las condiciones de operación y

fluctuaciones que puedan existir en el sistema, así como anticipar cualquier posible desviación y definir la solución más adecuada.

- b) Es necesario tener y conocer los planos y diagramas del proceso, manuales de operación y procedimientos específicos de emergencia actualizados en el cuarto de control para su consulta y posible aplicación en caso de requerirse.
- c) Efectuar periódicamente el mantenimiento preventivo y correctivo a cada uno de los equipos, dispositivos e instrumentos, así como a los sistemas de paro y emergencia de acuerdo a las recomendaciones de operación, poniendo cuidado en restablecer la posición y alineación de las válvulas de bloqueo después de cualquier operación de paro o emergencia.
- d) Efectuar una inspección periódica del espesor, condiciones físicas y mecánicas de las tuberías; en caso de detectar alguna desviación, determinar la causa y corregirla inmediatamente.
- e) Establecer un monitoreo constante de las condiciones de operación de la planta de tal manera que pueda determinarse la causa de la desviación para corregirla lo antes posible.
- f) De cada anomalía detectada, así como de la solución aplicada, mantener un registro por escrito a manera de historial de fallas tanto por área operativa, equipo y accesorio.
- g) Impartir cursos de retroalimentación al personal de operación, mantenimiento y seguridad, en los cuales se revise el contenido y alcance específico de los procedimientos existentes en la planta, con el propósito de dar una rápida y efectiva respuesta ante cualquier eventualidad originada en algún punto del proceso.

- h) Una vez que se detectó la falla en algún equipo, dispositivo o instrumento, colocar en funcionamiento el de relevo (en caso de contar con él), e inmediatamente programar el mantenimiento correctivo necesario.



ANEXOS

ANEXO 1
LISTA DE EQUIPO

A.1 LISTA DE EQUIPO DEL PROCESO DE ESTABILIZACION DE CRUDO, BATERIA CENTRAL SEN

CLAVE	SERVICIO
BA-101	Calentador a fuego directo
DA-101	Torre estabilizadora de crudo
EA-101	Intercambiador de calor agua - aceite
EA-102 AD	Intercambiador lateral de la torre estabilizadora
EA-103 AB	Intercambiador de calor aceite - crudo
EC-101 AB	Enfriador de gas de baja presión
EC-102 AB	Enfriador de aceite
FA-101 AB	Separador trifásico de baja presión
FA-102	Rectificador vertical bifásico de baja presión
FA-103 AB	Deshidratador - Desalador electrostático
FA-106	Tanque colector de agua
FA-107 AB	Separador bifásico de alta presión
FB-101	Tanque de almacenamiento de techo flotante
GA-101 AB/R	Bomba de trasiego a deshidratador
GA-102/R	Bomba del calentador a fuego directo
GA-103/R	Bomba de trasiego
GA-104 AB/R	Bomba de crudo
GA-105 AB/R	Bomba del intercambiador lateral

ANEXO 2

PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO

ANEXO 3
HOJAS DE SEGURIDAD DEL GAS NATURAL

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUIMICAS		Nombre de la Empresa:
Fecha de elaboración:	Fecha de revisión	

SECCION I DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA							
1.- Nombre del fabricante o importador: NA				2.- En caso de emergencia comunicarse a: NA			
3.-Domicilio completo:							
CALLE:	NA	NO. EXT.:	NA	COLONIA:	NA	C.P.:	NA
DELEGACION / MUNICIPIO:		LOCALIDAD O POBLACION:		ENTIDAD FEDERATIVA:			
NA		NA		NA			

SECCION II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA	
1.- NOMBRE COMERCIAL: Gas Natural	2.- NOMBRE QUIMICO: Metano
3.- FAMILIA QUIMICA: Alcanos	4.- SINONIMOS: Gas Marsh
	5.- OTROS DATOS:

SECCION III IDENTIFICACION DE COMPONENTES		
1.-% Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES 76.52% Metano 12.55% Etano 6.42% Propano 2.91% Butano 1.58% Nitrógeno	2.-Nº CAS 74-82-8	3.- Nº NACIONES UNIDAS 1971 Gas Natural comprimido
	5.-IPVS ppm NO STD	6.- GRADO DE RIESGO SALUD: 0 INFLAMABILIDAD: 4 REACTIVIDAD 0
	4.-LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION NO STD	

SECCION IV PROPIEDADES FISICAS		
1.-TEMPERATURA DE FUSION (°C):	-182.6	8.-ESTADO FISICO, COLOR Y OLORES: Gas incoloro e inodoro
2.-TEMPERATURA DE EBULLICION (°C):	-161.4	9.-VELOCIDAD DE EVAPORACION (butil acetato = 1): NA
3.-PRESION DE VAPOR(mmHg 20° C)	NA	10.-TEMP. DE INFLAMACION (°C): -104
4.-DENSIDAD RELATIVA:	NA	11.-TEMP. DE AUTOIGNICION (°C): 538
5.-DENSIDAD DE VAPOR (AIRE=1):	0.61	12.-% DE VOLATILIDAD: Volátil
6.-SOLUBILIDAD EN AGUA (g/ml):	No soluble	13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD INFERIOR: 5.0% SUPERIOR: 15.0%
7.-REACTIVIDAD EN AGUA:	NA	

SECCION V RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION**1.- MEDIOS DE EXTINCION:**

NIEBLA DE AGUA: X	ESPUMA X	CO2 X	POLVO QUIMICO SECO X	OTROS (Especificar): Bloquear flujo de gas
--------------------------	-----------------	--------------	-----------------------------	---

2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO:**CHAQUETON, PANTALON, BOTAS, CASCO Y GUANTES PARA PROTECCION CONTRA FUEGO****3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:**

- 1.- Avisar inmediatamente al cuarto de control
- 2.- El personal de producción obtendrá la siguiente información: (a) Localización del incendio, (b) Magnitud del mismo, (c) Afectación a estructuras adyacentes, (d) Lesionados
- 3.- El coordinador del área de producción solicita apoyo a la Central Contra incendio
- 4.- El personal del área de producción será el primero en accionar los sistemas de emergencia y contra incendio a su alcance
- 5.- Al arribar el personal contra incendio dará continuidad a las acciones emprendidas por el área de producción
- 6.- El personal contra incendio deberá presentarse con su equipo de protección completo
- 7.- El coordinador del personal contra incendio realizará una evaluación rápida de lo afectado hasta ese momento y procederá de acuerdo a: (b) Plan de ataque, (c) Magnitud del incendio, (d) Equipo y materiales, (e) Recurso humano y (f) Extinción del incendio
- 8.- Finalmente las personas responsables de la emergencia realizarán una evaluación de los daños
- 9.- Al término de la evaluación de los daños se volverá a la normalidad si se cree conveniente

4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO O EXPLOSION NO USUALES:

- 1.- No deben efectuarse venteos de gas atmosféricos, ni realizar trabajos que puedan causar ignición (flama, chispa y alta temperatura)

5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION:

óxidos de azufre, monóxido de carbono y/o bióxido de carbono

SECCION VI DATOS DE REACTIVIDAD**1.- SUSTANCIA**ESTABLE: **X** INESTABLE:**2.- CONDICIONES A EVITAR:**

Fuentes de ignición

3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR)

Pentafluoruro de bromo, Dióxido de cloro, Trifloruro de nitrógeno, Oxígeno líquido y en general evitar contacto con oxidantes

4.- DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS:**5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:**PUEDE OCURRIR: NO PUEDE OCURRIR: **X****CONDICIONES A EVITAR:**

Fuentes de ignición

SECCION VII RIESGOS PARA LA SALUD**1A. PARTE****POR EXPOSICION AGUDA**

- a) INGESTION ACCIDENTAL: No hay datos de estudio al respecto
- b) INHALACION: Cefalea, mareo, asfixia
- c) CONTACTO CON LA PIEL: El contacto con el gas licuado puede causar congelación severa

d) CONTACTO CON LOS OJOS: Irritación ocular			
POR EXPOSICION CRONICA Dermatitis, desequilibrio, desorientación, depresión			
SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO:			
CANCERIGENA:	TERATOGENICA:	MUTAGENICA:	OTRA:
SI: _____ NO: _____	SI: _____ NO: _____	SI: _____ NO: _____	Asfixiante
NOM-010-STPS (APENICE A) SI: <input checked="" type="checkbox"/> NO: _____		INFORMACION COMPLEMENTARIA:	
FUENTE APROBADA: SI: <input checked="" type="checkbox"/> NO: _____			
ESPECIFICAR FUENTE: ACGIH Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales			

EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS	
2A. PARTE	
a) CONTACTO CON LOS OJOS:	Lavar copiosamente con agua abundante
b) CONTACTO CON LA PIEL:	Debido a que el gas no es soluble en agua no hay posibilidad de absorción
c) INGESTION:	Al ser un compuesto gaseoso es difícil su ingestión
d) INHALACION:	Retirar al lesionado del sitio de exposición e hiperventilar administrando oxígeno
1.- OTROS RIESGOS O EFECTOS PARA LA SALUD:	
2.- DATOS PARA EL MEDICO: Se deberán hacer pruebas para descartar lesiones al sistema nervioso central	
3.- ANTIDOTO (DOSIS EN CASO DE EXISTIR): No aplica	

SECCION VIII INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME	
1.- El personal de producción al percatarse de una fuga con gas natural, efectuará lo siguiente:	
a)	Llamará a la Central Contraincendio informando lo sucedido
b)	Activará los sistemas de emergencia a su alcance
c)	Realizará movimientos operacionales de acuerdo a la situación
d)	Eliminará y/o bloqueará las posibles fuentes de ignición
e)	Retirará a todo aquel personal ajeno a la planta y/o a la emergencia
f)	Solicitará el auxilio del personal que considere pertinente
2.- El personal contraincendio una vez en el lugar de la fuga actuará de acuerdo a:	
a)	Información proporcionada por producción
b)	Características y magnitud de la fuga
c)	Plan de ataque específico para fugas con gas natural
d)	Recursos humanos y materiales
e)	Controlar y/o eliminar la fuga
3.- Una vez controlada la situación, se deberá realizar una evaluación de lo sucedido	
4.- Vuelta a la normalidad	

SECCION IX EQUIPO DE PROTECCION ESPECIAL	
1.- EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL:	Chamarras, pantalón, guantes y botas contra ácido
2.- VENTILACION:	Equipo de respiración autónomo

SECCION X INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION	
1.- DEBE ESTAR DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS Y CON LAS NORMAS QUE PARA EL EFECTO SE EXPIDAN:	
Se deberá cumplir invariablemente con el capítulo III, artículo 52, 54, 55, 56 y 57 del reglamento antes mencionado	

SECCION XI INFORMACION ECOLOGICA

1.- DEBE DE ESTAR DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS EMITIDAS POR LA SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA

SECCION XII PRECAUCIONES ESPECIALES

1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Alejar toda fuente de ignición

2.-OTRAS:



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

American Petroleum Institute (API) Recommended Practice 750, First Edition, January 1990.

Beltrán, L. (1996) Evaluación de la peligrosidad de un parque industrial, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, D.F., pp. 7-25 y 43-58.

Carranza, J. E. (1995) Metodología para la aplicación de auditorías técnicas de seguridad industrial, protección ambiental y evaluación de riesgos, Tesis de Licenciatura, ESIQIE, IPN, México, D.F., pp. 2-16.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1999), Ed. Porrúa, S.A., México, D.F.

Cruz, M. (1995) Metodología de evaluación de riesgos en plantas de proceso, Tesis de Licenciatura, ESIQIE, IPN, México, D.F., pp. 1-28.

Escobedo, J. F. (1994) Metodologías de inspección ambiental y análisis de riesgo, Tesis de Licenciatura, ESIQIE, IPN, México, D.F., pp. 67-92.

González, M. A. (1996) Riesgo ambiental, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, D.F., pp. 25-56.

Guía para la elaboración de los programas para la prevención de accidentes (1999), Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.

Información referente al sistema de producción de la Batería Central Sen, proyecto FA-2728D (1998), Instituto Mexicano del Petróleo, México, D.F.

ITSEMAP (1996) Memorias del curso sobre análisis de riesgo, México, D.F.

Kenney, W. F. (1993) Process risk management systems, Ed. VCH Publishers, Inc., USA, pp. 127-128

Lees, F.P. (1980) Loss prevention in the process industries, vol. 1, Ed. Butterworth & Co., London, England, pp. 7-20.

Ley del Seguro Social. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F., 21 de diciembre, 1995)

Ley Federal del Trabajo. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F., 21 de enero, 1988)

Ley General de Salud. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F., 7 de mayo, 1991)

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). *Diario Oficial de la Federación* (México, D. F.: 13 de diciembre, 1996)

Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-1999.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F.: 13 de diciembre, 1999)

Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-1993.- Relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F.: 20 de julio, 1994)

Norma Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1999.- Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F.: 31 de mayo, 1999)

Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F.: 2 de febrero, 1999)

Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993.- 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. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F.: 8 de julio, 1994)

Norma Oficial Mexicana NOM-114-STPS-1993.- Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F.: 11 de abril, 1994)

Peña, J.L. (1998) Optimización de las instalaciones para la estabilidad del crudo ligero en una central de proceso y distribución, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, D.F., pp. 14-29 y 32-84.

Perry, R.H. (1995) Manual del Ingeniero Químico, vol. 1, Capítulo 3, Ed. McGraw-Hill, Inc, USA, pp. 28-56.

Piccinini, N. (1998) Memorias del curso de análisis de riesgos en instalaciones industriales, 17-21 agosto, México, D.F., 120 pp.

Ramírez, G. (1997) Aplicación del proceso de precipitación electrostática a la deshidratación de crudos en plataformas marinas, Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México, D.F., pp. 77-88.

Ramírez, J. (1982) Paquete de ingeniería básica para el proceso de deshidratación de crudo en plataformas marinas, Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México, D.F., pp. 4-36.

Reyes, A. (1995) Propuesta para integrar, administrar e implementar un programa de seguridad, higiene y protección al medio ambiente en la industria química, Tesis de Licenciatura, ESQIE, IPN, México, D.F., pp. 2-20

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo. *Diario Oficial de la Federación* (México, D.F.: 21 de enero, 1997)

Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A. C. (1993) IX Congreso Nacional y I Congreso Internacional de AIDIS de Norteamérica y del Caribe", 11-16 de octubre de 1993, Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C., México, D.F., capítulo 6, pp. VI-20 - VI-23

Turney, R., Pitablo, R. (1996) Risk assesment in the process industries, Institute of Chemical Engineers, Ed. Galliard, Ltd., Great Yarmouth, England, pp. 9-28.

Zinn, C. D., Lesso, W. G. (1994) Hazard assesment and risk analysis techniques for process industries, Memorias del curso impartido del 7-10 Junio, Instituto Mexicano del Petróleo, México, D.F.

Direcciones electrónicas consultadas:

- <http://www.aniq.org.mx/MASH/Boletin>
- <http://www.imp.mx/index.htm>
- <http://www.ine.gob.mx>
- <http://www.paho.org/spanish/ped/ped-chem1.htm>
- <http://www.secofi.gob.mx/normas>.
- <http://www.stps.gob.mx/312/disposi/principal.html>
- <http://info4.juridicas.unam.mx>
- <http://uninet.mty.itesm.mx/legis-demo>
- <http://www.oecdwash.org/PUBS/PERIOD/period.htm>
- <http://www.hse.gov.uk/infoserv/mhidas.htm>
- <http://www.unep.org/search/unep.asp?q=accident>
- <http://www.unece.org/env/indaccid/manual/noframe/x1.htm#G>