

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.

PROGRAMA

CURSO: IV CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL (MODULO III RIESGO AMBIENTAL.)

INSTITUCIÓN: _____

LUGAR: _____

FECHA	HORARIO	TEMA	EXPOSITOR
8-JUNIO-95	9:00-10:00	INTRODUCCION	ING. SERGIO RIVA PALACIOS CHIANG.
	10:00-13:00	FUNDAMENTOS JURIDICOS	ING. JESUS RABAGO VILLASEÑOR
	13:00-15:00	PROCEDIMIENTO DE RIESGO AMBIENTAL	ING. JUAN IGNACIO JUAREZ
9-JUNIO-95	9:00-15:00	INTRODUCCION AL CONOCIMIENTO DE METODOLOGIAS PARA LA IDENTIFICACION DE RIESGOS	ING. FERNANDO RIVEROS CRUZ ING. ARMANDO MINOR CORDOVA
12-JUNIO-95	9:00-11:00	CRITERIOS Y METODOLOGIAS PARA LA EVALUACION DE RIESGOS	ING. FERNANDO RIVERO CRUZ
*	11:00-13:00	MANEJO DEL MODULO SERIA PARA EVALUACION DE RIESGOS	ING. CARLOS PEREZ TORRES
	13:00-15:00	PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES	ING. ROBERTO LEMUS CAZARES
13-JUNIO-95	9:00-15:00	PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES	ING. ROBERTO LEMUS CAZARES
14-JUNIO-95	9:00-15:00	TALLER DE RIESGO	ING. CARLOS PEREZ TORRES
15-JUNIO-95	9:00-15:00	TALLER DE RIESGO	ING. CARLOS PEREZ TORRES
16-JUNIO-95	9:00-15:00	VISITA TECNICA A PLANTAS INDUSTRIALES DOS GRUPOS	ING. CARLOS PEREZ TORRES

DEPARTAMENTO DE CURSOS INSTITUCIONALES

MATERIAL Y EQUIPO REQUERIDO:

PROYECTOR DE ACETATOS

* EQUIPO DE COMPUTO (LABORATORIO CON UN MINIMO DE 10 EQUIPOS CON IMPRESORAS).



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

INTRODUCCION

**PALACIO DE MINERIA
1995**

I. I N T R O D U C C I O N .

A MEDIDA QUE LA TECNOLOGIA HA AUMENTADO, ASI TAMBIEN HA AVANZADO EL RIESGO ASOCIADO CON ESTA. LOS EFECTOS MAS IMPORTANTES DE LA TECNOLOGIA MODERNA SOBRE LA SALUD PUBLICA TIENEN SU ORIGEN EN LA EXPOSICION PROLONGADA Y CRONICA A EMANACIONES DE CONTAMINANTES DE LOS ALREDEDORES DE LOS COMPLEJOS INDUSTRIALES. ESTOS PROBLEMAS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA TECNOLOGIA GUARDAN RELACION ESTRECHA CON LA SEGURIDAD, PUESTO QUE RARAS SON LAS VECES EN QUE, EN LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONOMICAS, NO HAYA IMPLICITAS CUESTIONES DE SEGURIDAD; ESTO SE HACE MAS EVIDENTE EN EL CASO DE EMANACIONES ACCIDENTALES, DONDE SUS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE LLEGAN A SER EN ALGUNOS CASOS DE CONSECUENCIAS FATALES.

EN MEXICO, LOS ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y DE SERVICIO, HAN INCREMENTADO EL MAÑEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS, SIENDO LAS TOXICAS, EXPLOSIVAS E INFLAMABLES, LAS QUE PUEDEN REPERCUTIR DE MANERA MAS IMPORTANTE EN LA POBLACION.

POR OTRO LADO, EL CRECIMIENTO POBLACIONAL Y LA UBICACION DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS CON RELACION A LAS INDUSTRIAS O ESTABLECIMIENTOS PUEDEN PRESENTAR RIESGO A LA POBLACION.

ADEMAS, SI SE TOMA EN CUENTA QUE EN MEXICO, SU TERRITORIO SE ENCUENTRA UBICADO EN UNA REGION EN LA QUE SE PRESENTAN CON PROBABILIDAD SIGNIFICATIVA FENOMENOS NATURALES QUE CONDUCEN O PUEDEN CONDUCIR A DAÑOS IMPORTANTES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES, SE HACE NECESARIO CONSIDERAR EL RIESGO PRODUCIDO POR FENOMENOS NATURALES COMO LA SISMICIDAD, INUNDACIONES, ETC.

LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE EN SU ARTICULO 5o. FRACCION X CONTEMPLA: SON ASUNTOS DE ALCANCE GENERAL EN LA NACION O DE INTERES DE LA FEDERACION LA REGULACION DE ACTIVIDADES QUE DEBEN CONSIDERARSE ALTAMENTE RIESGOSAS, SEGUN ESTA Y OTRAS LEYES Y SUS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS, POR LA MAGNITUD DE LOS EFECTOS QUE PUEDAN GENERAR EN EL EQUILIBRIO ECOLOGICO O EL AMBIENTE.

LO QUE HACE QUE LA REGULACION DE TALES ACTIVIDADES CONSIDERADAS COMO ALTAMENTE RIESGOSAS POR LA MÁGNITUD O GRAVEDAD DE LOS EFECTOS QUE PUEDAN GENERAR EN EL EQUILIBRIO ECOLOGICO SEAN TRATADAS COMO ASUNTO DE ALCANCE GENERAL DE LA NACION O DE INTERES DE LA FEDERACION.

PARA LA DETERMINACION DE ESTAS ACTIVIDADES SE EMPLEO EL CRITERIO DE QUE LA ACCION O CONJUNTO DE ACCIONES, YA SEA DE ORIGEN NATURAL O ANTROPOGENICO, QUE ESTAN ASOCIADAS CON EL MANEJO DE SUSTANCIAS

TOXICAS, REACTIVAS, RADIATIVAS, CORROSIVAS O BIOLÓGICAS EN CANTIDADES TALES, QUE EN CASO DE PRODUCIRSE UNA LIBERACION, FUGA O DERRAME DE LAS MISMAS, O BIEN UNA EXPLOSION, OCASIONARAN UNA AFECTACION SIGNIFICATIVA AL AMBIENTE A LA POBLACION O A SUS BIENES.

LAMINA 2

II. MARCO JURIDICO

Al presente, la nueva "**Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y que entró en vigor el 10. de marzo del mismo año, en lo referente al capítulo IV, dedicado a las actividades riesgosas, se constituyó en una de las innovaciones más importantes, pues las disposiciones que la integran recogen la experiencia derivada de las acciones que ha puesto en marcha el Gobierno Federal para evitar riesgos al equilibrio ecológico y al bienestar de la población, resolviendo por esta vía un vacío jurídico que de no haberse superado tendría graves repercusiones para los propósitos de dicho ordenamiento. LAMINA 3

Con base a lo indicado, el **Instituto Nacional de Ecología** a través de la Dirección General de Normatividad Ambiental, ha establecido procedimientos para la evaluación de Manifestaciones de impacto Ambiental y Estudios de Riesgo, mediante los cuales se regulan las actividades altamente riesgosas; estos últimos a través de la publicación de los listados de actividades altamente riesgosas.

III. LISTADOS DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

Las sustancias incluidas en nuestro primer listado de Actividades Altamente Riesgosas, se tomaron de varias listas: en primer lugar se consideró una lista de aproximadamente 400 sustancias químicas identificadas como agudamente tóxicas por la E.P.A., también fueron considerados los listados de las sustancias identificadas por los diferentes organismos Nacionales relacionados con el control de este tipo de productos, entre los que podemos mencionar a la Secretaría de Salubridad y Asistencia; la Secretaría de Trabajo y Previsión Social; así como también se consideró los listados de otros organismos.

Después de realizar un cruzamiento, la **SEDESOL** definió la inclusión de todas las sustancias que tienen un IDLH menor de 10 mg/m³, en un listado en el que además, se incluyen las sustancias que por el alto volumen con el que se producen, manejan o transportan en México, fueron tomadas en cuenta, aunque no sean del grado Toxicológico Agudas, pero que en caso de liberarse podrían presentar problemas serios al considerarse su concentración en el ambiente.

Estas sustancias y sus cantidades de reporte se encuentran consignadas en el primer listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el miércoles 28 de marzo de 1990.

Siguiendo un procedimiento idéntico al anterior, se elaboró el listado de Actividades Altamente Riesgosas bajo criterios de inflamabilidad y explosividad, el cual se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Lunes 4 de Mayo de 1992.

Con la aparición futura del **REGLAMENTO EN MATERIA DE RIESGO**, se pretende redefinir aquellas actividades riesgosas cuya regulación es competencia de los Estados y Municipios.

El objetivo de este instrumento, es contar con el marco jurídico Reglamentario necesario para una óptima regulación de las actividades de alto riesgo, en armonía entre los sectores involucrados.

EL **REGLAMENTO EN MATERIA DE RIESGO**, contempla los siguientes aspectos:

- **CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DE ACTIVIDADES DE ALTO RIESGO**
- **AMBITO DE COMPETENCIA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL PARA LA REGULACION DE ACTIVIDADES CONSIDERADAS DE ALTO RIESGO.**
- **PLANEACION Y REORDENAMIENTO DE LAS ACTIVVIDADES DE ALTO RIESGO**
- **REGISTRO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS**
- **PRESENTACION, EVALUACION Y RESOLUCION DE LOS ESTUDIOS DE RIESGO**
- **ZONAS INTERMEDIAS DE SALVAGUARDIA**

- COMITE DE ANALISIS Y APROVACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES
- LINEAMIENTOS PARA LA EXPEDICIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD Y OPERACIÓN
- CONSULTA DE LOS ESTUDIOS DE RIESGO
- REGISTRO DE LOS PRESTADORES DE SERVICIOS EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL
- MEDIDAS DE PREVENCIÓN , CONTROL, ATENCIÓN Y SEGURIDAD EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

IV.- ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

Para evaluar el riesgo de una actividad industrial o comercial, la SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL, requiere a través del procedimiento de impacto ambiental, la presentación de **UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**, siendo éste un documento mediante el cual se da a conocer, a partir del análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra ó actividad, los riesgos que dichas obras ó actividades representen para el equilibrio ecológico ó el ambiente, así como las medidas técnicas de seguridad, preventivas y correctivas tendientes a evitar, mitigar, minimizar o controlar los efectos adversos al equilibrio ecológico en caso de un posible accidente, durante la ejecución u operación normal de la obra o actividad de que se trate.

En lo que corresponde a los accidentes industriales con serias afectaciones ambientales, es importante recordar que los tres tipos fundamentales de accidentes a considerar son: Explosión, Incendio y Fuga o Derrame de un producto de alta peligrosidad, los cuales dependen así mismo, de tres variables básicas: Presión, Temperatura y concentración de las diversas sustancias presentes, así como las condiciones de los recipientes, construcciones y diseño de los equipos y las características de la transportación de dichas sustancias.

Los accidentes se pueden presentar por diversas causas, tanto naturales, como del hombre; accidentales o premeditados.

Las medidas de prevención y mitigación de riesgos a aplicarse en las diversas instalaciones industriales, se pueden clasificar en MEDIDAS PROPIAMENTE PREVENTIVAS, cuando su finalidad es reducir los niveles originados de riesgo a valores socialmente aceptables, MEDIDAS DE CONTROL, cuando el objetivo es reducir los efectos en el ambiente de situaciones accidentales cuando se lleguen a presentar y MEDIDAS DE ATENCION cuando su objetivo es el de reducir los daños a la población y al equilibrio ecológico, cuando el accidente ha tenido lugar.

En este sentido, es importante señalar que el riesgo total que presenta una instalación industrial, conjuga dos aspectos importantes:

A).- EL RIESGO INTRINSECO DEL PROCESO INDUSTRIAL Que depende de la naturaleza de los materiales involucrados, en las modalidades energéticas utilizadas y la vulnerabilidad de los diversos equipos que integran el proceso así como su distribución y transporte.

B).- RIESGOS DE LA INSTALACION

Potencializado por las características del sitio de su ubicación a partir de los factores ambientales, mismos que pueden incrementar su nivel de riesgo al presentarse eventos naturales que inciden en el accidente o la propia magnitud de sus efectos (Población Aledaña, Ecosistemas Frágiles etc.).

Al hablar de eventos indeseados, es necesario establecer para efectos de la prevención de los accidentes con repercusiones ambientales el concepto de riesgo que involucra dos factores:

- 1).- La magnitud de los efectos del evento, cuantificados en una escala adecuada.
- 2).- La probabilidad de que se presente el evento correspondiente.

Por otra parte, es necesario definir un nivel de riesgo aceptable, que pueda ser utilizado para la evaluación de proyectos

industriales. El establecimiento de este nivel aceptable implica el considerar diversos factores:

- PROBLEMAS DEL SITIO DE LA UBICACION DE LA PLANTA.
- ESCASO ESPACIAMIENTO INTERNO Y ARREGLO GENERAL INADECUADO.
- ESTRUCTURA FUERA DE ESPECIFICACIONES.
- EVALUACION INADECUADA DE MATERIALES.
- PROBLEMAS DEL PROCESO QUIMICO.
- FALLAS DE EQUIPO.
- FALTA DE PROGRAMA EFICIENTE DE SEGURIDAD TANTO INTERNO COMO EXTERNO.

Con base en lo anterior es necesario desarrollar y establecer diversas técnicas de Análisis de Riesgo Ambiental así como políticas del uso del suelo que eviten la Coexistencia de Zonas Urbanas o ecológicamente sensibles y áreas industriales de alto riesgo para efectos de prevenir daños de consideración en el caso de presentarse emergencias ambientales.

La necesidad de evaluar el riesgo ambiental surge de la importancia de PRESERVAR EL o LOS ECOSISTEMAS, o A LA POBLACION, o A SUS BIENES circundantes a los sitios en donde se efectuan actividades riesgosas.

Muchos países tienen en práctica el uso de Metodologías para el análisis de riesgo ambiental; notable es la aplicación del procedimiento de riesgo ambiental a actividades con un elevado potencial de riesgo, instrumento mediante el cual se evalúan los proyectos de obra que representan un significativo potencial de afectación a su entorno, dadas las características inherentes a sus procesos y sustancias peligrosas que se manejan, donde destacan los proyectos de la industria química y petroquímica.

Como resultado del procedimiento establecido para la manifestación de Impacto Ambiental se determinó la aplicación del procedimiento de Análisis de Riesgo Ambiental en el que de acuerdo a las etapas o fases del mismo, se establece el Nivel de Información que debe presentar el proponente del proyecto sujeto a evaluación.

EL PROCEDIMIENTO CONSTA DE TRES NIVELES:

A) .- INFORME PRELIMINAR DE RIESGO.

TIENE COMO OBJETIVO EL CONTAR CON LA INFORMACION SUFICIENTE PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS ACTIVIDADES RIESGOSAS EN CADA UNA DE LAS FASES QUE COMPRENDE EL PROYECTO QUE DADAS SUS CARACTERISTICAS SE PUEDEN CATALOGAR COMO DE BAJO RIESGO Y CON ESTO PARA PODER INCORPORAR LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD TENDIENTES A EVITAR O MINIMIZAR LOS EFECTOS POTENCIALES A SU ENTORNO EN CASOS DE ACCIDENTES.

B) .- ANALISIS DE RIESGO.

VIENE A REPRESENTAR EL NIVEL DONDE SE REQUIERE DE UNA INFORMACION MAS PRECISA Y EXTENSA PARA EL ANALISIS Y EVALUACION DE PROYECTOS QUE SE PUEDEN IDENTIFICAR COMO DE RIESGO MODERADO.

C) .- ANALISIS DETALLADO DE RIESGO.

EL NIVEL EN EL CUAL SE REQUIERE DE TODA LA INFORMACION DETALLADA CON EL APOYO DE METODOLOGIAS SOFISTICADAS DE ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL, PARA EVALUAR LAS POSIBLES REPERCUSIONES QUE TENDRIA UNA INSTALACION DE ALTO RIESGO SOBRE SU ENTORNO.

**V.- PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACION DE ESTUDIOS DE RIESGO
CRITERIOS BASICOS DE ANALISIS DE RIESGO.**

En los estudios de análisis de riesgo que requieren elaborar las Empresas, buscando mejorar los niveles de Seguridad y Operación en sus actividades industriales, es conveniente mencionar que hay dos aspectos básicos que se deben considerar:

- DETECTAR LOS PUNTOS CRITICOS, Y
- JERARQUIZARLOS Y SELECCIONAR OPCIONES.

El primero consiste en DETECTAR LOS PUNTOS CRITICOS en los cuales se pueden presentar fallas susceptibles de impactar negativamente a las instalaciones y su entorno. En este caso, podemos utilizar procedimientos de análisis como los siguientes:

A).- LISTA DE COMPROBACIONES:

Se utiliza en instalaciones pequeñas, de bajo riesgo y tecnología muy conocida.

B).- ESTUDIOS DE RIESGO DE OPERABILIDAD: Para instalaciones complejas, de alto riesgo y tecnologías innovadoras.

El segundo aspecto básico a considerar consiste en que los riesgos identificados mediante procedimientos como los antes indicados deberán ser JERARQUIZADOS a fin de poder SELECCIONAR LAS OPCIONES para su atención, aplicando un análisis costobeneficio que permita el desarrollo industrial sin descuidar los aspectos de protección a los ecosistemas, al hombre y a sus bienes.

En la evaluación de riesgos, lo importante es establecer VALORES TOPES, ya que éstos permiten:

SALVAGUARDAR LA SALUD Y LOS BIENES DE LOS HABITANTES QUE VIVEN

13

ALREDEDOR, O EN VECINDAD CON INSTALACIONES DE ALTO RIESGO.

En este sentido, la **SEDESOL** considera como parámetro de protección los siguientes:

AFECTACION POR SUSTANCIAS TOXICAS: se valora utilizando un indice conocido como IDLH, que es el VALOR MAXIMO de una sustancia tóxica, al cual una persona puede escapar sin sufrir daños irremediables a su salud, si se expone por un período de 30 minutos. Con este valor la **SEDESOL** determina la **ZONA DE EXCLUSION** o **ZONA DE ALTO RIESGO**.

Otro tipo de medición para sustancias tóxicas es el TLV₈ y TLV₁₅, estos señalan los VALORES PROMEDIO MAXIMOS a los que una persona puede estar expuesta durante 8 horas ó 15 minutos respectivamente, sin que dañe su salud; con estos tipos de valores, se define la **ZONA DE AMORTIGUAMIENTO**, esto es, espacios que permitan cubrir los riesgos que pueda ocasionar una sustancia tóxica.

AFECTACION POR SUSTANCIAS EXPLOSIVAS: El valor que **SEDESOL** ha establecido como seguro en estos casos es el de 1/2 Lb/in², con él se calcula la **ZONA DE ALTO RIESGO**, esto es: se traza un circulo, se marca su centro y a partir de allí se mide y se señalan los puntos de la onda de presión de 1/2 Lb/in².

En este caso la **ZONA DE AMORTIGUAMIENTO** se define por la distancia en que se presentaría la onda de sobrepresión de $1/2 \text{ Lb/in}^2$ en la determinación del daño catastrófico probable

ZONA INTERMEDIA DE SALVAGUARDIA

Como resultado de todo lo anterior y de la evaluación de los estudios de riesgo que para el efecto se realicen, se establece la necesidad de instaurar una **Zona Intermedia de Salvaguardia** a fin de proteger a la población y al ambiente de los riesgos derivados de la actividad de la industria riesgosa.

LA ZONA INTERMEDIA DE SALVAGUARDIA, En términos generales, se define como aquella Zona determinada del resultado de la aplicación de criterios y modelos de simulación de riesgo ambiental, que comprende las áreas en las cuales se presentarían límites superiores a los permisibles para la salud del hombre y afectaciones a sus bienes y al ambiente en caso de fugas accidentales de sustancias tóxicas y de presencia de ondas de sobrepresión en caso de formación de nubes explosivas; esta zona está conformada, a su vez, por dos zonas: la zona de riesgo y la zona de amortiguamiento.

LA ZONA DE RIESGO Es una Zona de restricción total, en la que no se debe permitir ningún tipo de actividad, incluyendo los

asentamientos humanos y la agricultura con excepción de las actividades de forestación, el cercamiento y señalamiento de la misma, así como el mantenimiento y vigilancia:

LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO Es una zona donde se pueden permitir determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al medio ambiente, restringiendo el incremento de la población ahí asentada y capacitándola en los Programas de Emergencia que se realicen para tal efecto.

Al respecto, cabe resaltar que la autoridad municipal encargada de la protección al ambiente vigilará el cumplimiento de los planes de desarrollo de su localidad haciendo que los usos del suelo sean compatibles con la instalación industrial que se propone.

MODELOS DE SIMULACIÓN DE RIESGOS

Actualmente la SEDESOL cuenta con un programa computarizado denominado Sistema de Información Rápida de Impacto Ambiental (SIRIA), el cual surgió por la necesidad de contar con herramientas de apoyo para evaluar los impactos ambientales producidos por los proyectos de desarrollo en el país.

VI.- NORMAS TECNICAS DE SEGURIDAD Y OPERACION

En cuanto a la elaboracion de NORMAS TECNICAS DE SEGURIDAD Y OPERACION...

Como complemento a la publicacion de los listados de actividades altamente riesgosas para su regulacion, la SEDESOL determino la elaboracion de normas tecnicas de seguridad y operacion que establezcan los procedimientos minimos a seguir por las industrias que almacenen, procesen o manejen, o usen cualquier sustancia peligrosa (materia prima, productos intermedios o finales) de la industria del petroleo, quimica, petroquimica y de las pinturas, tintas y solventes que representan un elevado riesgo a la poblacion, dada la toxicidad, en caso de ser liberadas a la atmosfera.

Actualmente, a traves del Comité Consultivo Nacional de Normalizacion para la Proteccion del Ambiente se aprobaron el 10 de septiembre proximo pasado 26 Normas que contienen criterios de distanciamiento entre almacenamientos de sustancias de alto riesgo y desarrollos urbanos...

VII. PROGRAMA NACIONAL DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE ALTO RIESGO AMBIENTAL.

Finalmente, otro procedimiento por el cual se está regulando la industria de alto riesgo establecida, es a través del Programa Nacional de Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental, instruido por el C. Presidente de la República Mexicana, Lic. Carlos Salinas de Gortari, en el que se contempla el programa voluntario de elaboración de estudios de riesgo de las empresas potencialmente más riesgosas.

Actualmente se tiene un total de 527 estudios presentados, de los cuales 316 han sido dictaminados, 176 en espera de información adicional, 17 se solicitó su reelaboración y 78 se encuentran en evaluación.

CONCLUSIONES

PREVENIR RIESGOS ES MAS ECONOMICO QUE RESTAURAR DAÑOS Y ES UNA RESPONSABILIDAD QUE SE DEBE ASUMIR EN FORMA CONCIENTE, DESDE EL OPERADOR DE UNA VALVULA HASTA EL EJECUTIVO QUE DE FINE LA UBICACION DE LA PLANTA.

INICIAR CON ESTAS BASES ES ASEGURAR UN MEDIO SALUDABLE TANTO PARA LAS GENERACIONES ACTUALES COMO PARA LAS FUTURAS,ASI COMO EL DE GARANTIZAR EL DERECHO A UNA CALIDAD DE VIDA CADA VEZ MEJOR.

ES POR ESO, QUE CON LA OPORTUNA APLICACION DE PROCEDIMIENTOS DE IMPACTO AMBIENTAL A PROYECTOS CON ELEVADO POTENCIAL DE RIESGO, SE ESTA DANDO UN ENORME PASO PARA LA RESOLUCION DE LA PROBLEMATICA DE RIESGO AMBIENTAL GENERADAS POR USOS INCOMPATIBLES DEL SUELO.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

ANTECEDENTES

**PALACIO DE MINERIA
1995**

ANTECEDENTES

ACONTECIMIENTOS QUE PLANTEAN LA NECESIDAD DE CONTAR CON UNA EFICAZ PREPARACION PARA PREVENIR Y AFRONTAR CASOS DE EMERGENCIA.

Desastres Naturales

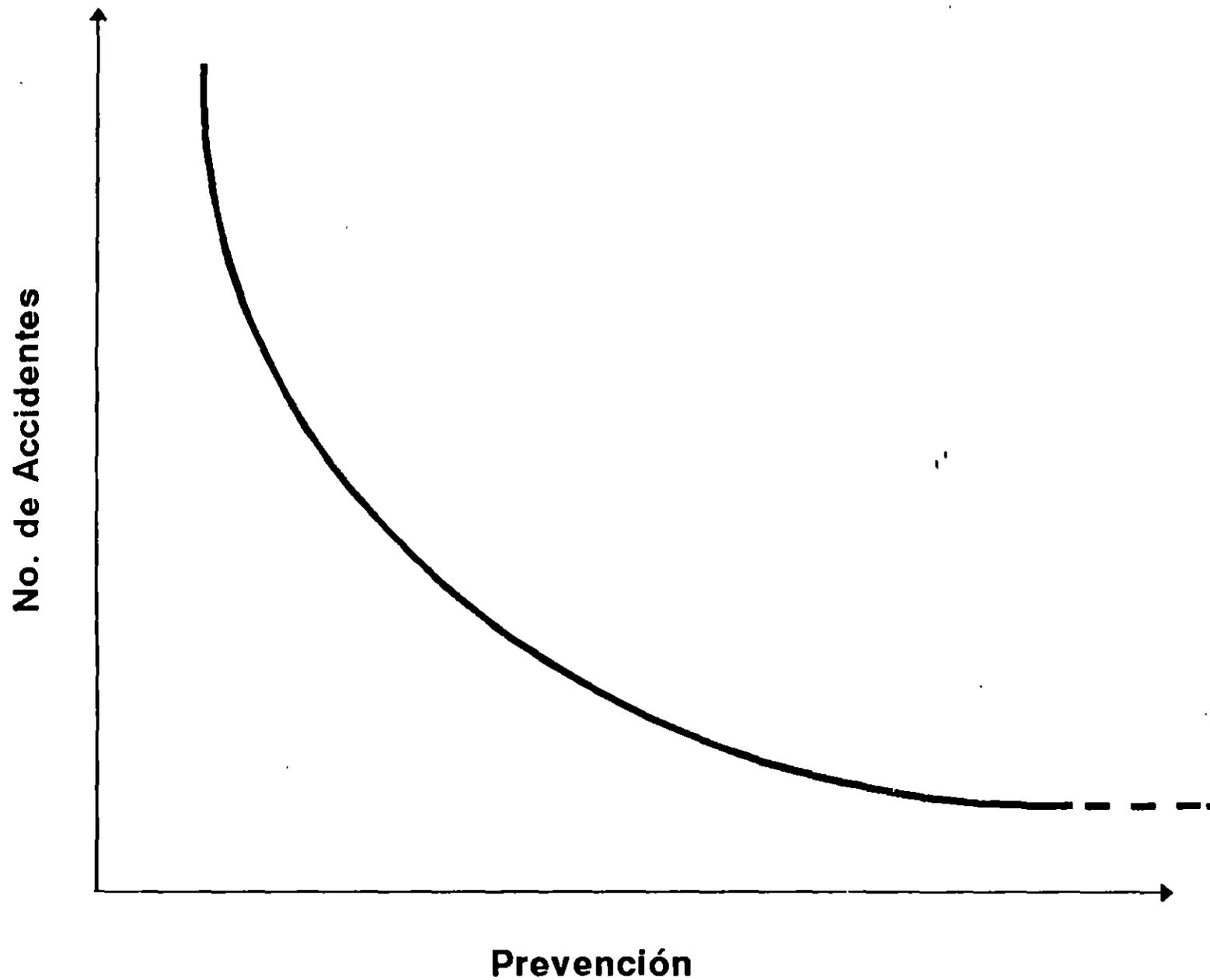
- **Terremoto de la Cd. de México en 1985**
- **Avalanchas de Lodo en Ecuador en 1987**
- **Emanaciones Tóxicas en un Lago de Camerún**
- **Terremoto de San Francisco en 1990**
- **Inundaciones en Missouri, Kentucky, Tennessee, USA. (otoño de 1993)**
- **Terremoto de Los Angeles, Cal. en enero de 1994**

Desastres Tecnológicos (Industriales)

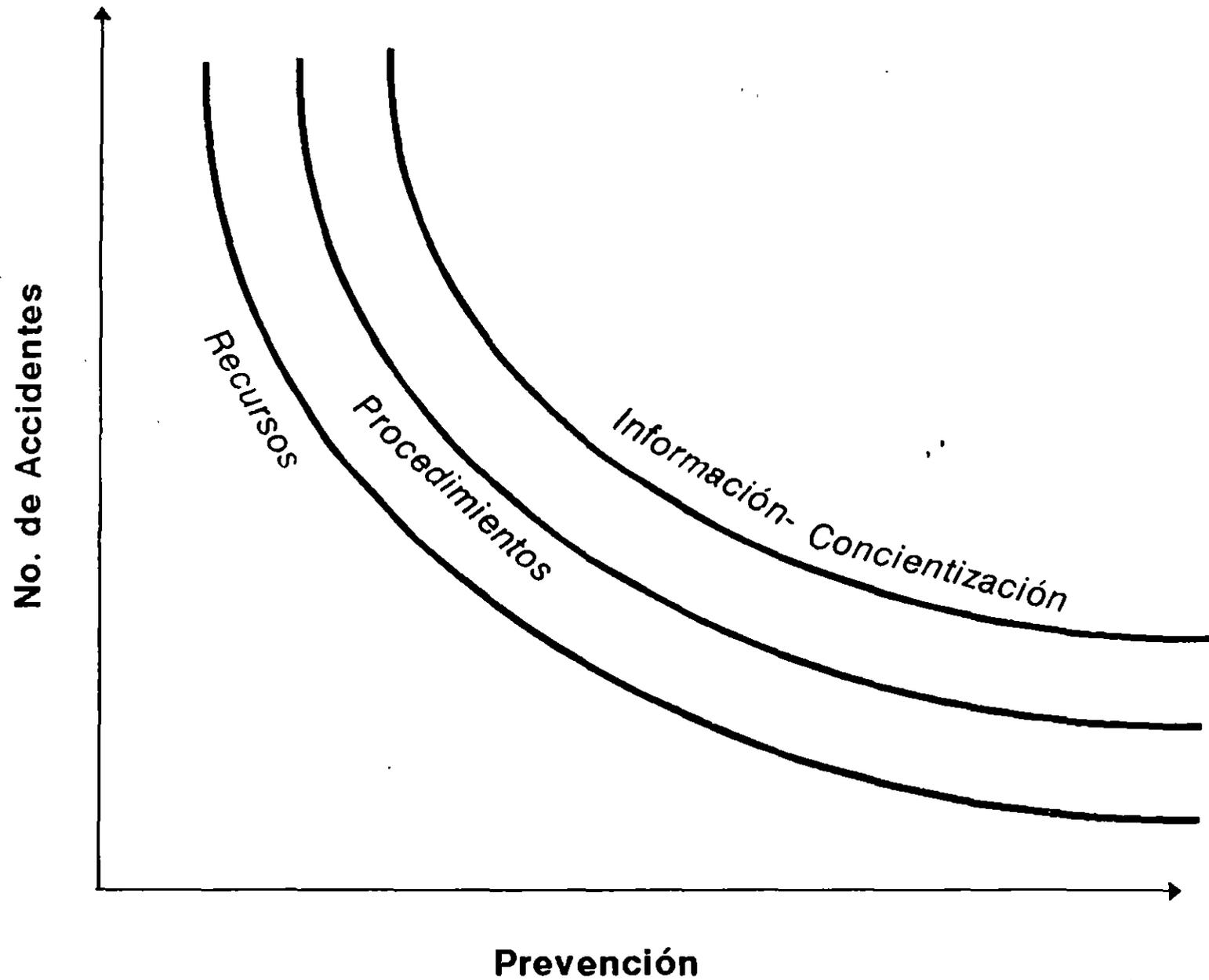
- **Fuga de Dioxina en Duphart, India. 1963**
- **Fuga de Dioxina en Seveso, Italia. 1976**
- **Fuga de Gas Metil-Isocianuro en Bhopal, India.1984**
- **Explosión de Gas Propano en la Cd. de México.1984**
- **Incendio y Descarga de AguasContaminadas al Rhin, provenientes de una Bodega de Basilea.1986**
- **Explosión y Fuga de Agroquímicos en Córdoba, Ver.Mayo de 1991**
- **Explosión de un Ducto de destilados de Petróleo en Guadalajara. Abril de 1992**

*** Accidente**

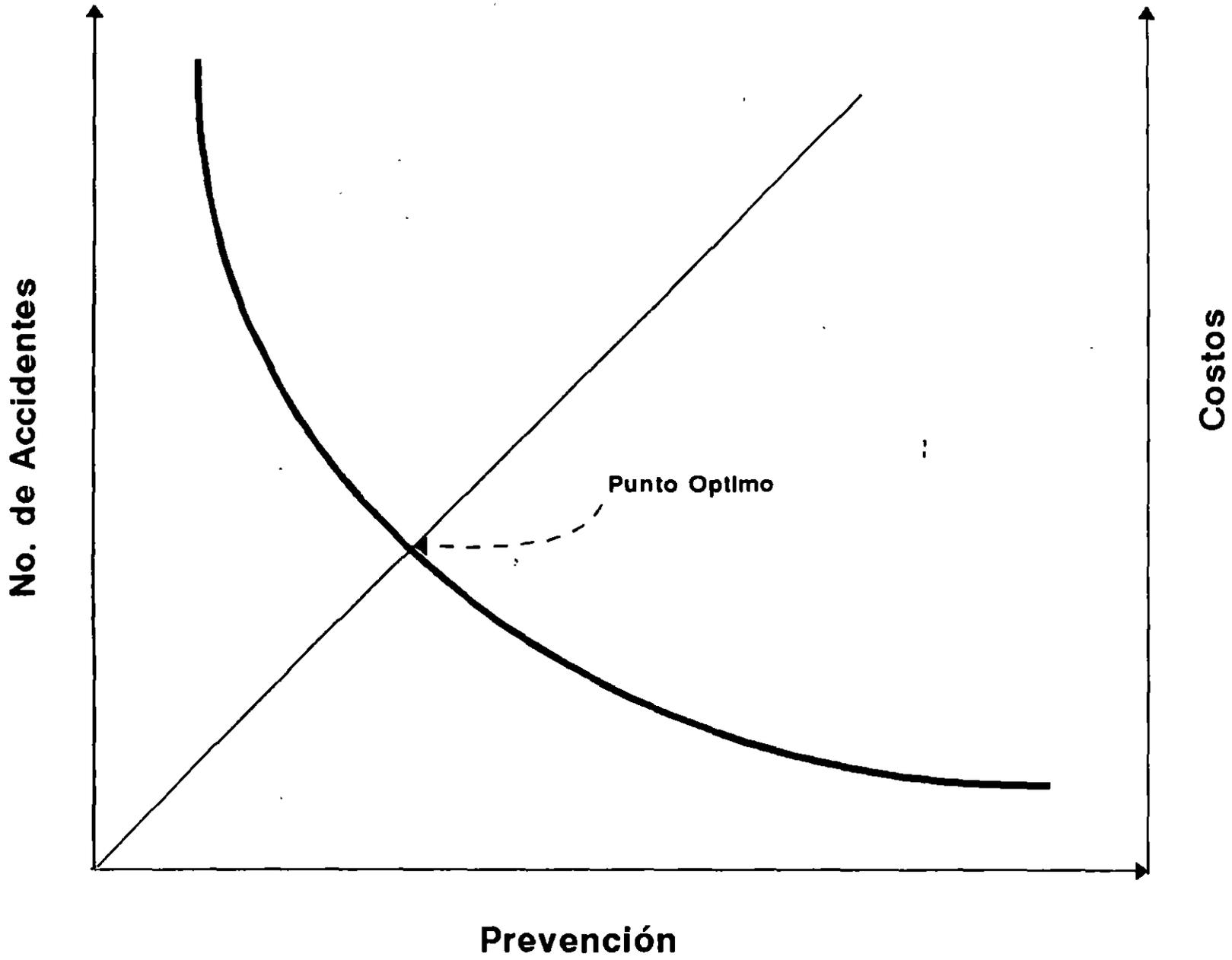
PREVENCION DE ACCIDENTES



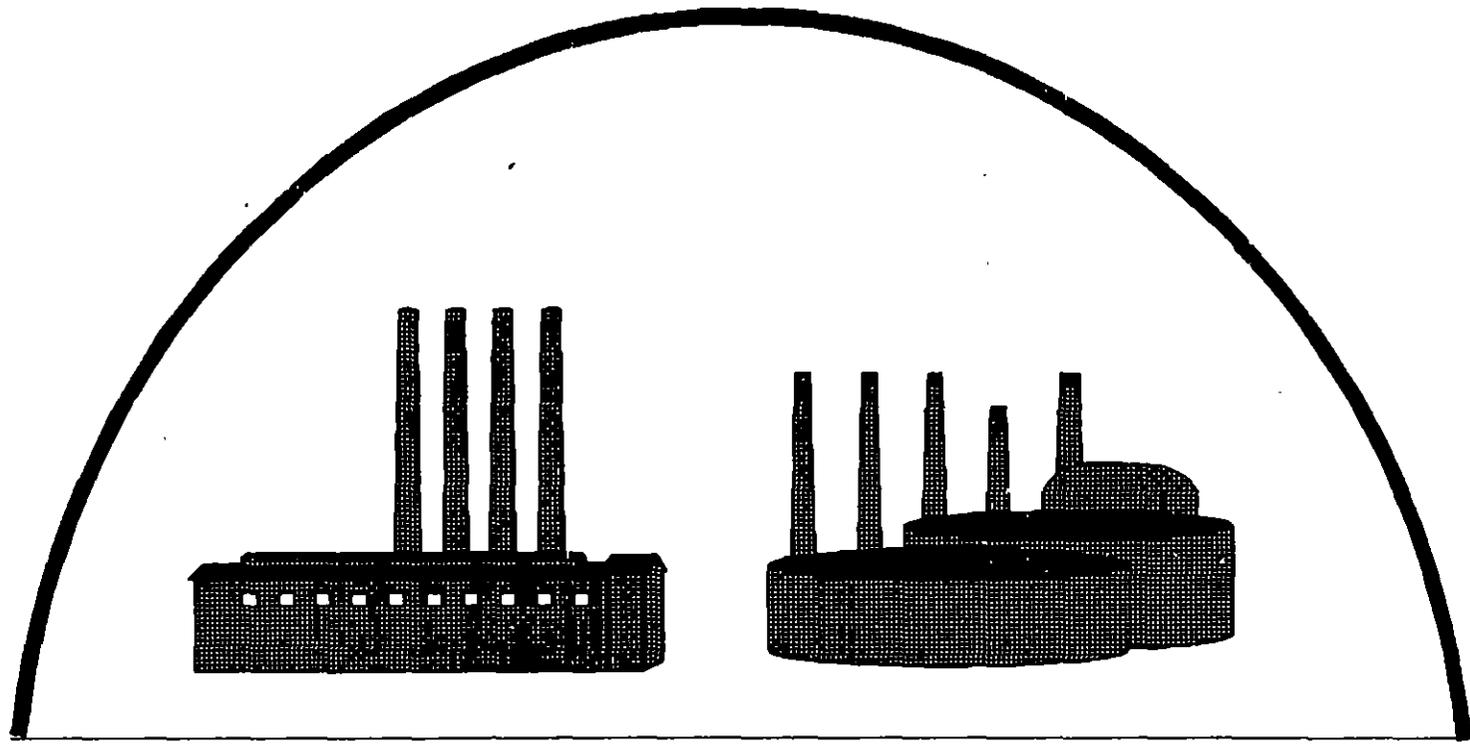
PREVENCION DE ACCIDENTES



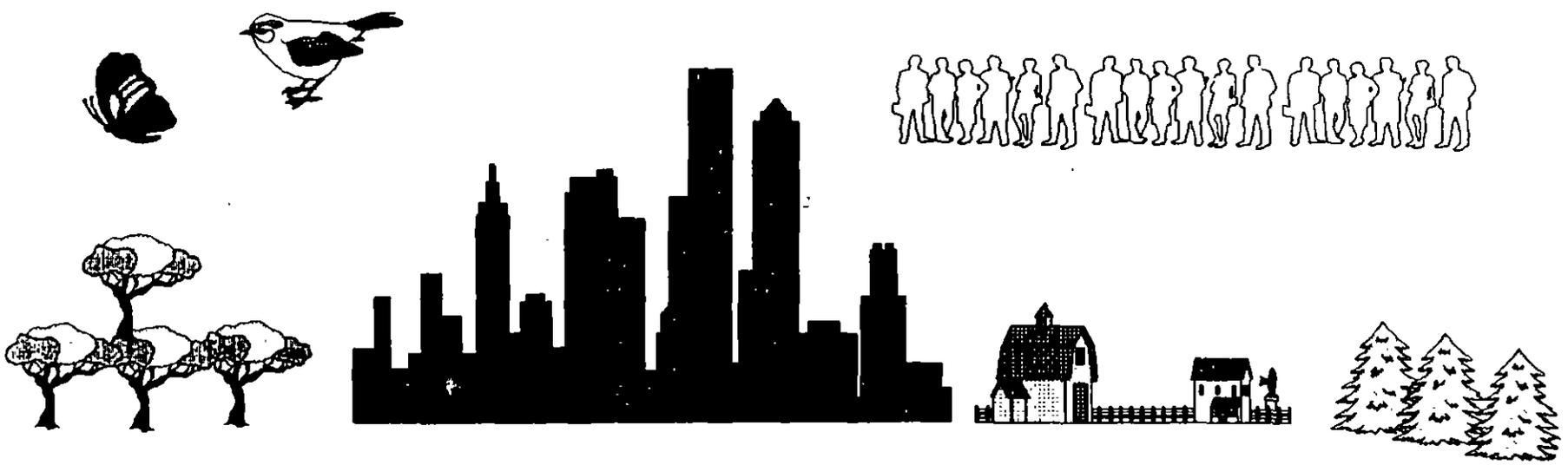
PREVENCIÓN DE ACCIDENTES



LA EMPRESA NO ES UN SISTEMA AISLADO O CERRADO



15



40

APELL

(CONCIENTIZACION Y PREPARACION DE EMRGENCIAS A NIVEL LOCAL)

DIMA (Departamento para la Industria y el Medio Ambiente)

1988

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas)



ONU

A **WARENESS**

and

P **REPAREDNESS**

for

E **MERGENCIES**

at

L **OCAL**

L **EVEL**

DESVENTAJAS DEL PROCESO APELL

- **Es muy General**
- **Preparado por un Grupo de Expertos que requiere a su vez de expertos para su implementación**
- **No opina y por lo tanto no considera, la situación jurídica de los países**
- **Cuando se pretende dearrollarlo, se requiere mayor detalle y especificación de la información.**

ELABORACION DE LOS PPA's

LINEAMIENTOS

ANTECEDENTES GENERALES DEL PROPONENTE

(Marco referencial para la Planeación y Análisis del PPA)

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

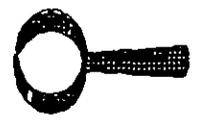
DATOS GENERALES DEL SITIO

ANALISIS DE RIESGO DE LA PLANTA

DATOS GENERALES DEL SITIO

- **UBICACION DE LA PLANTA**
- **SUPERFICIE**
- **CARACTERISTICAS FISICAS**
- **CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS**
- **CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS**

CARACTERISTICAS FISICAS



GEOLOGICAS



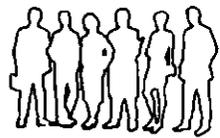
CLIMATOLOGICAS



HIDROLOGICAS

OCEANOGRAFICAS

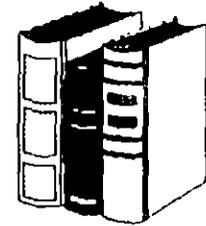
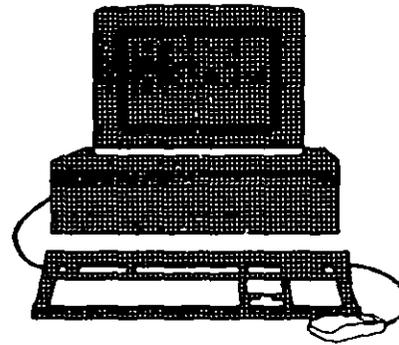
SOCIO-ECONOMICAS



BIOLOGICAS



ANALISIS DE RIESGO DE LA PLANTA



DESCRIPCION DE LOS PROCESOS

DESCRIPCION DE LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS

UBICACION DE LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS

IDENTIFICACION Y JERARQUIZACION DE LOS RIESGOS EN LA PLANTA

DETERMINACION DE LAS ZONAS DE RIESGO

NIVEL INTERNO

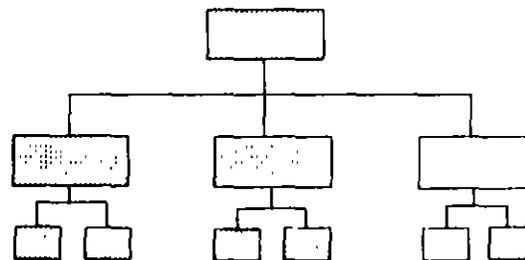
ORGANIZACION (PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES)

ESTRUCTURA

ORGANIGRAMA

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

DIRECTORIO

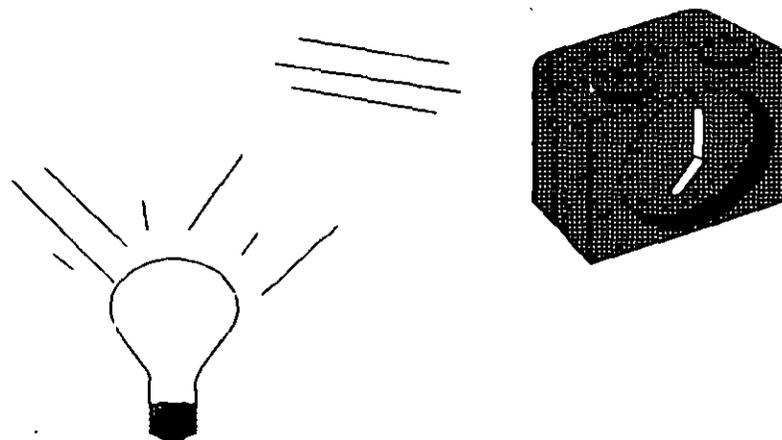
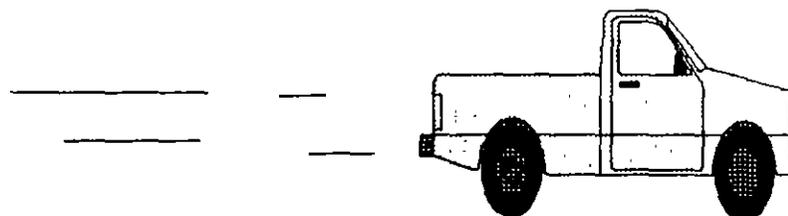


SISTEMAS DE COMUNICACION Y ALARMA

EN EL INTERIOR DE LA PLANTA

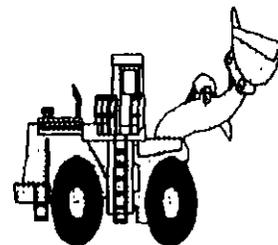


DE LA PLANTA AL EXTERIOR

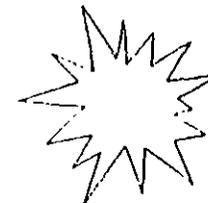
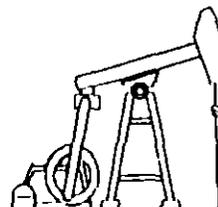


EQUIPOS Y SERVICIOS DE EMERGENCIA

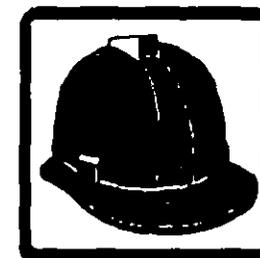
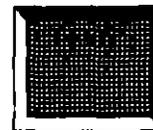
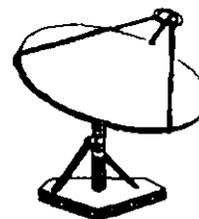
DESCRIPCION



UBICACION

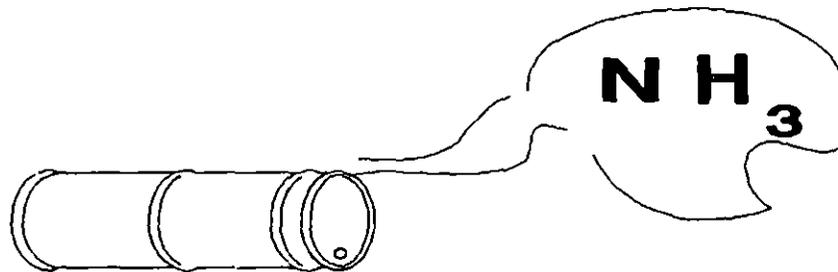


INVENTARIO



PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS

FUGAS

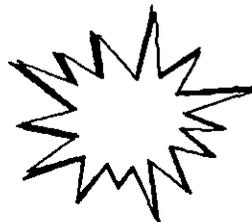


DERRAMES

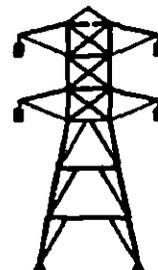
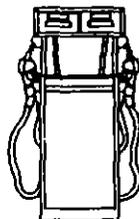


INCENDIOS

EXPLOSIONES



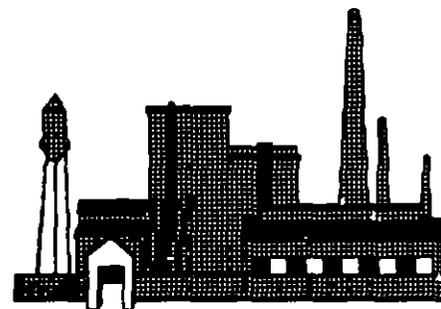
FALLA DE SERVICIOS



PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS

CONTINUACION

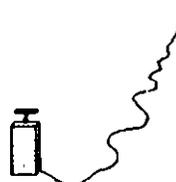
UNIDADES INDIVIDUALES DE PROCESO



EVENTOS NATURALES



SABOTAJES



PRIMEROS AUXILIOS

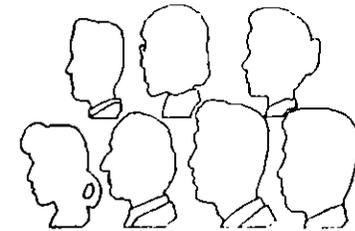
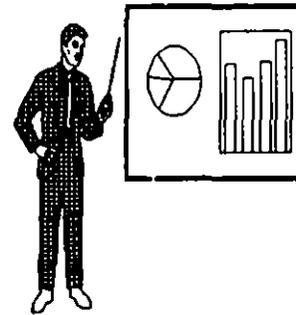


EVACUACION



PROGRAMA DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO

CONTENIDOS MINIMOS



PROGRAMA ANUAL CALENDARIZADO

A black and white illustration of a calendar grid. It consists of a table with 12 columns and 6 rows. The first row contains the numbers 1 through 12, representing the months of the year. The subsequent rows contain smaller numbers, likely representing days of the month.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE RESULTADOS

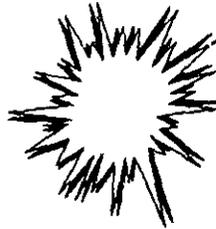


PROGRAMA DE SIMULACROS

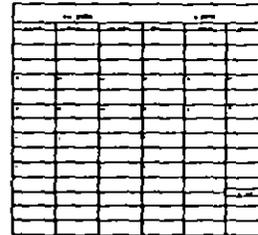
TIPOS



MSDS



PROGRAMA ANUAL CALENDARIZADO



PROCEDIMIENTO DE EVALUACION



PROCEDIMIENTOS PARA EL RETORNO A CONDICIONES NORMALES

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTO PARA DECLARAR EL FIN DE LA EMERGENCIA

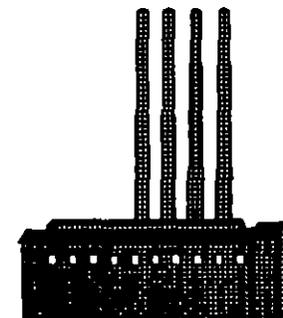
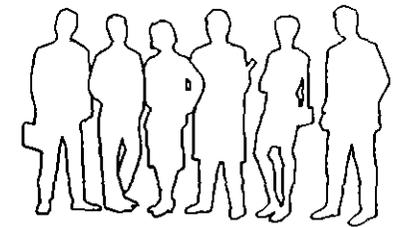
INSPECCION (MONITOREO)

REVISION Y ATENCION MEDICA DEL PERSONAL

PROCEDIMIENTOS DE DESCONTAMINACION

REANUDACION DE OPERACIONES

EVALUACION DE DAÑOS



23

85

PROGRAMA EXTERNO

54

59

ORGANIZACION LOCAL (CLAM)

PARTES INVOLUCRADAS

CONVENIOS

ESTRUCTURA

ORGANIGRAMA

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

DIRECTORIO

INVENTARIO



SISTEMAS DE COMUNICACION Y ALARMA

PARA EL PERSONAL DE LA PLANTA

DE LA PLANTA AL EXTERIOR

DEL CLAM A LA LOCALIDAD

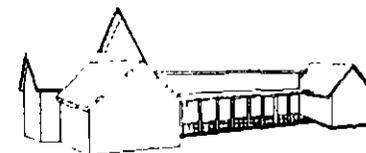
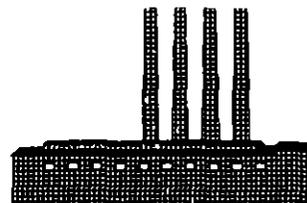
VOCERO

26

61

EQUIPOS Y SERVICIOS DE EMERGENCIA

DE LA EMPRESA PARA EL EXTERIOR



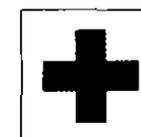
DE LAS EMPRESAS CIRCUNVECINAS Y DEL CLAM

INVENTARIO

UBICACION



DIRECTORIO DE SERVICIOS DE EMERGENCIA DE LA LOCALIDAD



PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIAS (PLAN DEL CLAM)

FUGAS

DERRAMES

INCENDIOS

EXPLOSIONES

FALLA DE SERVICIOS

EVENTOS NATURALES

SABOTAJES

PRIMEROS AUXILIOS

EVACUACION DEL SITIO

22

63

PROCEDIMIENTOS PARA EL RETORNO A CONDICIONES NORMALES Y RECUPERACION

CRITERIOS PARA DECLARAR EL FIN DE LA EMERGENCIA

PROCEDIMIENTO PARA DECLARAR EL FIN DE LA EMERGENCIA

RESPONSABLES

INSPECCION (MONITOREO) DEL CONTROL DE LA EMERGENCIA

REVISION MEDICA DEL PERSONAL Y POBLACION EXPUESTA

ATENCION MEDICA DEL PERSONAL Y POBLACION AFECTADA

PROCEDIMIENTO DE DESCONTAMINACION Y SANEAMIENTO

EVALUACION DE DAÑOS

RETORNO ACONDICIONES NORMALES DE OPERACION

29

64

PROGRAMA DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO

CONTENIDOS MINIMOS

PROGRAMA ANUAL CALENDARIZADO

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE RESULTADOS

PROGRAMA DE SIMULACROS

TIPOS

PROGRAMA ANUAL CALENDARIZADO

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION

EDUCACION PUBLICA

ACTUALIZACION DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES NIVEL EXTERNO

RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LA ACTUALIZACION

METODO

PROGRAMA CALENDARIZADO DE IMPLEMENTACION DEL PPA

PROBLEMATICA/OBSTACULOS DE LOS PPA

EXCESO DE CONFIANZA

¡ YA TENEMOS UN PLAN !

IDIOSINCRACIA

¡ YA LE TOCABA !

PREOCUPACION POR EL ASPECTO ECONOMICO

¡ ESTA RE'CARO !

43

68

PROBLEMATICA/OBSTACULOS DE LOS PPA

MANIPULACION

¡ HA SIDO EL PEOR DESASTRE... !

¡ AQUI NO HA PASADO NADA !

**NO EXISTE UNA VERDADERA PREOCUPACION POR LA
SEGURIDAD PUBLICA**



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4° CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

MARCO LEGAL DE LAS ACTIVIDADES RIESGOSAS

Y

ESTRUCTURACION DE LAS NORMAS OFICIALES
MEXICANAS EN MATERIA DE RIESGO

ING. JESUS RABAGO VILLASEÑOR
PALACIO DE MINERIA
1995

**MARCO LEGAL
DE LAS ACTIVIDADES RIESGOSAS.**

Y

**ESTRUCTURACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS
EN MATERIA DE RIESGO**

**ING. JESUS RABAGO VILLASEÑOR.
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA.**

OBJETIVO DEL TEMA

PERSPECTATIVAS QUE EL GOBIERNO
MEXICANO TIENE SOBRE LA ADMINISTRACION
DE RIESGOS EN LA INDUSTRIA

--

I N T R O D U C C I O N .

A MEDIDA QUE LA TECNOLOGIA HA AUMENTADO, ASI TAMBIEN HA AVANZADO EL RIESGO ASOCIADO CON ESTA. LOS EFECTOS MAS IMPORTANTES DE LA TECNOLOGIA MODERNA SOBRE LA SALUD PUBLICA TIENEN SU ORIGEN EN LA EXPOSICION PROLONGADA Y CRONICA A EMANACIONES DE CONTAMINANTES DE LOS ALREDEDORES DE LOS COMPLEJOS INDUSTRIALES. ESTOS PROBLEMAS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA TECNOLOGIA GUARDAN RELACION ESTRECHA CON LA SEGURIDAD, PUESTO QUE RARAS SON LAS VECES EN QUE, EN LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONOMICAS, NO HAYA IMPLICITAS CUESTIONES DE SEGURIDAD; ESTO SE HACE MAS EVIDENTE EN EL CASO DE EMANACIONES ACCIDENTALES, DONDE SUS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE LLEGAN A SER EN ALGUNOS CASOS DE CONSECUENCIAS FATALES.

EN MEXICO, LOS ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y DE SERVICIO, HAN INCREMENTADO EL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS, SIENDO LAS TOXICAS, EXPLOSIVAS E INFLAMABLES, LAS QUE PUEDEN REPERCUTIR DE MANERA MAS IMPORTANTE EN LA POBLACION.

POR OTRO LADO, EL CRECIMIENTO POBLACIONAL Y LA UBICACION DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS CON RELACION A LAS INDUSTRIAS O ESTABLECIMIENTOS PUEDEN PRESENTAR RIESGO A LA POBLACION. ADEMÁS, SI SE TOMA EN CUENTA QUE EN MEXICO, SU TERRITORIO SE ENCUENTRA UBICADO EN UNA REGION EN LA QUE SE PRESENTAN CON PROBABILIDAD

SIGNIFICATIVA FENOMENOS NATURALES QUE CONDUCCEN O PUEDEN CONDUCCIR
A DAÑOS IMPORTANTES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES, SE HACE
NECESARIO CONSIDERAR EL RIESGO PRODUCIDO POR FENOMENOS NATURALES
COMO LA SISMICIDAD, INUNDACIONES, ETC.

PARA LA DETERMINACION DE ESTAS ACTIVIDADES SE EMPLEO EL CRITERIO
DE QUE LA ACCION O CONJUNTO DE ACCIONES, YA SEA DE ORIGEN NATURAL
O ANTROPOGENICO, QUE ESTAN ASOCIADAS CON EL MANEJO DE SUSTANCIAS
TOXICAS, REACTIVAS, RADIATIVAS, CORROSIVAS O BIOLOGICAS EN
CANTIDADES TALES, QUE EN CASO DE PRODUCIRSE UNA LIBERACION, FUGA
O DERRAME, O BIEN UN INCENDIO Y/O EXPLOSION DE LAS MISMAS,
OCASIONARAN UNA AFECTACION SIGNIFICATIVA AL AMBIENTE, A LA
POBLACION O A SUS BIENES.

CONCIENTE DE ESTE PROBLEMA, EL GOBIERNO MEXICANO HA DECIDIDO
IMPLEMENTAR UNA SERIE DE ACCIONES ENCAMINADAS A CORREGIR LOS
PROBLEMAS QUE REPERCUTEN O PODRIAN REPERCUTIR EN EL MEDIO
AMBIENTE Y QUE POR LO TANTO TENDRIAN UNA AFECTACION DIRECTA O
INDIRECTA EN EL SER HUMANO.

A) LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL
AMBIENTE.

AL PRESENTE, LA "LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE", PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL 28 DE ENERO DE 1988 Y QUE ENTRO EN VIGOR EL 1º DE MARZO DEL MISMO AÑO, EN LO REFERENTE AL CAPITULO IV, DEDICADO A LAS ACTIVIDADES RIESGOSAS, SE CONSTITUYO EN UNA DE LAS INNOVACIONES MAS IMPORTANTES, PUES LAS DISPOSICIONES QUE LA INTEGRAN RECOGEN LA EXPERIENCIA DERIVADA DE LAS ACCIONES QUE HA PUESTO EN MARCHA EL GOBIERNO FEDERAL PARA EVITAR RIESGOS AL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y AL BIENESTAR DE LA POBLACION, RESOLVIENDO POR ESTA VIA UN VACIO JURIDICO QUE DE NO HABERSE SUPERADO TENDRIA GRAVES REPERCUSIONES PARA LOS PROPOSITOS DE DICHO ORDENAMIENTO.

LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, SIRVE COMO MARCO PARA REGULAR TANTO LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS COMO LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL DENTRO DEL CUAL SE INVOLUCRA EL ANALISIS DE RIESGO, LO QUE PLANTEA LA NECESIDAD DE ESTABLECER CRITERIOS ECOLOGICOS QUE SIRVAN DE INSTRUMENTO PARA LA ADECUADA PLANEACION Y LA CONSECUENTE TOMA DE DECISIONES.

LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN SU ARTICULO 5º FRACCION X CONTEMPLA QUE SON ASUNTO DE ALCANCE GENERAL EN LA NACION O DE INTERES DE LA FEDERACION, LA REGULACION DE ACTIVIDADES QUE DEBEN CONSIDERARSE ALTAMENTE RIESGOSAS, SEGUN ESTA Y OTRAS LEYES Y SUS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS, POR LA MAGNITUD O GRAVEDAD DE LOS EFECTOS QUE PUEDAN GENERAR EN EL EQUILIBRIO ECOLOGICO O EL AMBIENTE.

DE ACUERDO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, EL ARTICULO 28 INDICA: "LA REALIZACION DE OBRAS O ACTIVIDADES PUBLICAS O PRIVADAS, QUE CAUSAN DESEQUILIBRIOS ECOLOGICOS O REBASAN LOS LIMITES Y CONDICIONES SEÑALADOS EN LOS REGLAMENTOS Y LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS EMITIDAS POR LA FEDERACION PARA PROTEGER EL AMBIENTE, DEBERAN SUJETARSE A LA AUTORIZACION PREVIA DEL GOBIERNO FEDERAL, POR CONDUCTO DE LA SECRETARIA O DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS O MUNICIPIOS, CONFORME A LAS COMPETENCIAS QUE SEÑALA ESTA LEY, ASI COMO AL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS QUE SE LES IMPONGAN UNA VEZ EVALUADO EL IMPACTO AMBIENTAL QUE PUDIEREN ORIGINAR, SIN PERJUICIO DE OTRAS AUTORIZACIONES QUE CORRESPONDA OTORGAR A LAS AUTORIDADES COMPETENTES".

CUANDO SE TRATE DE LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL POR LA REALIZACION DE OBRAS O ACTIVIDADES QUE TENGAN POR OBJETO EL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES, LA SECRETARIA REQUERIRA A LOS INTERESADOS QUE EN LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL

CORRESPONDIENTE, SE INCLUYA LA DESCRIPCION DE LOS POSIBLES EFECTOS DE DICHAS OBRAS O ACTIVIDADES EN EL ECOSISTEMA DE QUE SE TRATE, CONSIDERANDO EL CONJUNTO DE ELEMENTOS QUE LO CONFORMAN Y NO UNICAMENTE LOS RECURSOS QUE SERIAN SUJETOS DE APROVECHAMIENTO.

COMO COMPLEMENTO A LO ANTERIOR, EL ARTICULO 32 SE INDICA: "PARA LA OBTENCION DE LA AUTORIZACION A QUE SE REFIERE EL ARTICULO 28 DEL PRESENTE ORDENAMIENTO, LOS INTERESADOS DEBERAN PRESENTAR ANTE LA AUTORIDAD CORRESPONDIENTE, UNA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL. EN SU CASO, DICHA MANIFESTACION DEBERA IR ACOMPAÑADA DE UN ESTUDIO DE RIESGO DE LA OBRA, DE SUS MODIFICACIONES O DE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS, CONSISTENTE EN LAS MEDIDAS TECNICAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS ADVERSOS AL EQUILIBRIO ECOLOGICO DURANTE SU EJECUCION, OPERACION Y EN CASO DE ACCIDENTE".

DENTRO DE LAS ACTIVIDADES CONSIDERADAS COMO RIESGOSAS, EL ARTICULO 145 SEÑALA QUE "LA SECRETARIA PROMOVERA QUE EN LA DETERMINACION DE LOS USOS DEL SUELO SE ESPECIFIQUEN LAS ZONAS EN LAS QUE SE PERMITA EL ESTABLECIMIENTO DE INDUSTRIAS, COMERCIOS O SERVICIOS CONSIDERADOS RIESGOSOS POR LA GRAVEDAD DE LOS EFECTOS QUE PUEDAN GENERAR EN LOS ECOSISTEMAS O EN EL AMBIENTE, TOMANDOSE EN CONSIDERACION:

- I. LAS CONDICIONES TOPOGRAFICAS, METEOROLOGICAS Y CLIMATOLOGICAS DE LAS ZONAS;

- II. SU PROXIMIDAD A CENTROS DE POBLACION, PREVIENDO LAS TENDENCIAS DE EXPANSION DEL RESPECTIVO ASENTAMIENTO Y LA CREACION DE NUEVOS ASENTAMIENTOS;
- III. LOS IMPACTOS QUE TENDRIA UN POSIBLE EVENTO EXTRAORDINARIO DE LA INDUSTRIA, COMERCIO O SERVICIO DE QUE SE TRATE, SOBRE LOS CENTROS DE POBLACION Y SOBRE LOS RECURSOS NATURALES;
- IV. LA COMPATIBILIDAD CON OTRAS ACTIVIDADES DE LAS ZONAS;
- V. LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE Y NECESARIA PARA LA ATENCION DE EMERGENCIAS ECOLOGICAS, Y
- VI. LA INFRAESTRUCTURA PARA LA DOTACION DE SERVICIOS BASICOS.

ASIMISMO, EL ARTICULO 147 SOSTIENE QUE "QUIENES REALICEN ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS, ELABORARAN, ACTUALIZARAN Y EN LOS TERMINOS DEL REGLAMENTO CORRESPONDIENTE SOMETERAN A LA APROBACION DE LA SECRETARIA Y DE LAS SECRETARIAS DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL, DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, DE SALUD Y DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, GOBERNACION, LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES EN LA REALIZACION DE TALES ACTIVIDADES QUE PUEDAN CAUSAR GRANDES DESEQUILIBRIOS ECOLOGICOS.

B) LISTADOS DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

A NIVEL INTERNACIONAL Y NACIONAL SE HAN CONSTITUIDO DIVERSOS LISTADOS DE SUSTANCIAS TOXICAS, PARA DAR CUMPLIMIENTO A LAS LEGISLACIONES RELATIVAS A CREAR CONDICIONES PARA EL MANEJO Y ELIMINACION SEGURA Y AMBIENTALMENTE ADECUADAS A LOS PRODUCTOS QUIMICOS TOXICOS O PELIGROSOS.

LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, EN SU ARTICULO 146, ESTABLECE QUE LA SECRETARIA CORRESPONDIENTE, DETERMINARA Y PUBLICARA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION LOS LISTADOS DE LAS ACTIVIDADES QUE DEBAN CONSIDERARSE ALTAMENTE RIESGOSAS PARA EFECTO DE ESTA LEY.

ES ASI QUE EL 29 DE MARZO DE 1990, SE PUBLICO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL ACUERDO QUE EXPIDE EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS QUE INCLUYE LAS SUSTANCIAS TOXICAS.

--

EL SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS, PUBLICADO EL 4 DE MAYO DE 1992, INCLUYE LAS SUSTANCIAS INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS, QUEDANDO POR PUBLICAR EL LISTADO DE SUSTANCIAS REACTIVAS Y CORROSIVAS.

EN LOS LISTADOS PUBLICADOS SE SEÑALA COMO CRITERIO PARA CONSIDERAR RIESGOSA UNA ACTIVIDAD, EL QUE INVOLUCRE ACCIONES ASOCIADAS EN EL MANEJO DE SUSTANCIAS CON PROPIEDADES INFLAMABLES, EXPLOSIVAS, TOXICAS, REACTIVAS, RADIATIVAS, CORROSIVAS Y BIOLÓGICAS, EN CANTIDADES TALES QUE, EN CASO DE PRODUCIRSE SU LIBERACION SEA POR FUGA O DERRAME DE LAS MISMAS O BIEN UNA EXPLOSION, PUEDAN OCASIONAR AFECTACION SIGNIFICATIVA AL AMBIENTE, A LA POBLACION O A SUS BIENES.

LAS SUSTANCIAS INCLUIDAS EN NUESTRO PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS, SE TOMARON DE VARIAS LISTAS: EN PRIMER LUGAR SE CONSIDERO UNA LISTA DE APROXIMADAMENTE 400 SUSTANCIAS QUIMICAS IDENTIFICADAS COMO AGUDAMENTE TOXICAS POR LA E.P.A., TAMBIEN FUERON CONSIDERADOS LOS LISTADOS DE LAS SUSTANCIAS IDENTIFICADAS POR LOS DIFERENTES ORGANISMOS NACIONALES RELACIONADOS CON EL CONTROL DE ESTE TIPO DE PRODUCTOS, ENTRE LOS QUE PODEMOS MENCIONAR A LA SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA; LA SECRETARIA DE TRABAJO Y PREVISION SOCIAL; ASI COMO TAMBIEN SE CONSIDERO LOS LISTADOS DE OTROS ORGANISMOS.

DESPUES DE REALIZAR UN CRUZAMIENTO, LA SECRETARIA DEFINIO LA INCLUSION DE TODAS LAS SUSTANCIAS QUE TIENEN UN IDLH MENOS DE 10 mg/m³, EN UN LISTADO EN EL QUE ADEMAS, SE INCLUYEN LAS SUSTANCIAS QUE POR EL ALTO VOLUMEN CON EL QUE SE PRODUCEN, MANEJAN O TRANSPORTAN EN MEXICO, FUERON TOMADAS EN CUENTA, AUNQUE NO SEAN DEL GRADO TOXICO-AGUDAS, PERO QUE EN CASO DE LIBERARSE PODRIAN PRESENTAR PROBLEMAS SERIOS AL CONSIDERARSE SU CONCENTRACION EN EL AMBIENTE.

ESTAS SUSTANCIAS Y SUS CANTIDADES DE REPORTE SE ENCUENTRAN
CONSIGNADAS EN EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE
RIESGOSAS.

SIGUIENDO UN PROCEDIMIENTO IDENTICO AL ANTERIOR, SE ELABORO EL
LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS BAJO CRITERIOS DE
INFLAMABILIDAD Y EXPLOSIVIDAD.

**C) REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y
PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE ACTIVIDADES
ALTAMENTE RIESGOSAS**

CON LA APARICION FUTURA DEL REGLAMENTO EN MATERIA DE ACTIVIDADES
ALTAMENTE RIESGOSAS, SE PRETENDE REDEFINIR AQUELLAS ACTIVIDADES
RIESGOSAS CUYA REGULACION ES COMPETENCIA DE LOS ESTADOS Y
MUNICIPIOS.

EL OBJETIVO DE ESTE INSTRUMENTO, ES CONTAR CON EL MARCO JURIDICO
REGLAMENTARIO NECESARIO PARA UNA OPTIMA REGULACION DE LAS
ACTIVIDADES DE ALTO RIESGO, EN ARMONIA ENTRE LOS SECTORES
INVOLUCRADOS.

D) NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION.

EN CONSECUENCIA A LA PUBLICACION DEL PRIMER Y SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS Y COMO COMPLEMENTO A SU REGULACION, LA SECRETARIA DETERMINO LA ELABORACION DE LAS **NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION**, QUE ESTABLEZCAN LOS PROCEDIMIENTOS MINIMOS A SEGUIR POR LAS INDUSTRIAS QUE ALMACENEN, PROCESEN, MANEJEN O USEN CUALQUIER SUSTANCIA PELIGROSA (MATERIA PRIMA, PRODUCTOS INTERMEDIOS O FINALES) DE LA INDUSTRIA DEL PETROLEO, QUIMICA, PETROQUIMICA Y DE LAS PINTURAS, TINTAS Y SOLVENTES, QUE REPRESENTAN UN ELEVADO RIESGO A LA POBLACION, DEBIDO A LA TOXICIDAD E INFLAMABILIDAD DE LAS SUSTANCIAS EN CASO DE SER LIBERADAS A LA ATMOSFERA.

LOS CRITERIOS UTILIZADOS EN LA ELABORACION DE LAS **NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION**, PARA LA IDENTIFICACION DE LOS PROCEDIMIENTOS, CONDICIONES, SON LOS SIGUIENTES:

- * LOCALIZACION Y CLASIFICACION DE LA NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACION INTERNACIONAL Y NACIONAL EXISTENTE PARA EL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS EN LA INDUSTRIA DEL PETROLEO, PETROQUIMICA, QUIMICA Y DE PINTURA, LAS TINTAS Y LOS SOLVENTES.

* RECOPIACION Y ANALISIS DE LAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES INTERNACIONALES Y NACIONALES RELACIONADAS CON SUSTANCIAS PELIGROSAS, EN FUNCION DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA MANEJO, LLENADO, DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS.

* SE CONSIDERARON LAS ESPECIFICACIONES I.C.C. (COMISION INTERESTATAL DE COMERCIO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA) RESPECTO A LOS RECIPIENTES Y ENVASES PARA ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS ASI COMO LAS ESPECIFICACIONES D.O.T. (DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DE E.U.A.).

**DEFINICION DEL MARCO JURIDICO DE LAS NORMAS OFICIALES
MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION.**

* ANALISIS DE LOS FUNDAMENTOS CONTENIDOS EN LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL.

* ANALISIS DE LOS FUNDAMENTOS CONTENIDOS EN LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.

* DEFINICION DE LOS ELEMENTOS JURIDICOS QUE INTEGRARON LAS NORMAS OFICIALES DE SEGURIDAD Y OPERACION.

- * FUNDAMENTOS DE ACUERDO
- * CONSIDERANDOS
- * DISPOSICIONES GENERALES
- * DISPOSICIONES ESPECIFICAS
- * DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS
- * SANCIONES POR INCUMPLIMIENTO

* SE RECOPILO Y ANALIZO LA LEGISLACION EXISTENTE EN EL PAIS EN RELACION CON EL ALMACENAMIENTO, USO O MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.

ESTRUCTURACION TECNICA DE LA NORMA.

LA NORMATIVIDAD SE FORMULO ANALIZANDO LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS TOXICAS E INFLAMABLES QUE SE MANEJAN EN LAS INDUSTRIAS DEL PETROLEO, PETROQUIMICA, QUIMICA Y DE LAS PINTURAS, LAS TINTAS Y SOLVENTES.

CONSIDERANDO EL 1º Y 2º LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS, SE SELECCIONARON SUSTANCIAS POR SU CANTIDAD DE REPORTE, IDLH Y NIVEL DE USO INDUSTRIAL, PARA ELABORAR EN UNA PRIMERA ETAPA SUS NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION DE ACUERDO A LA ETAPA DE PROCESO, IDENTIFICANDO LO SIGUIENTE:

1) DEFINICION DE LOS PROCEDIMIENTOS MINIMOS NECESARIOS DE PREVENCIÓN, MITIGACION O CONTROL DE RIESGO AMBIENTAL, POR ALMACENAMIENTO, LLENADO, DESCARGA Y MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS, TOXICAS E INFLAMABLES.

- ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL POR ALMACENAMIENTO, LLENADO, DESCARGA Y MANEJO.
- ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO, LLENADO, DESCARGA Y MANEJO.
- IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE FUGAS Y DERRAMES MAS COMUNES POR EL TIPO DE ALMACENAMIENTO, EN MANIOBRAS DE CARGA, DESCARGA Y EN EL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.
- IDENTIFICACION DE LOS TIPOS Y CARACTERIZACION DE LOS ENVASES, RECIPIENTES Y EQUIPO DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.

2) DEFINICION DE LOS FACTORES DE SEGURIDAD Y OPERACION QUE INTERVIENEN EN LAS ETAPAS DE ALMACENAMIENTO, LLENADO, DESCARGA Y MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.

- ALMACENAMIENTO, TIPO DE ENVASES Y RECIPIENTES, MATERIALES DE CONSTRUCCION, CAPACIDADES, PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO, CONDICIONES Y VOLUMEN MAXIMO DE ALMACENAMIENTO.

- LLENADO Y DESCARGA, MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA, TIPO DE ENVASES Y RECIPIENTES A UTILIZAR EN LAS MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA, PROCEDIMIENTOS, CONDICIONES Y VOLUMEN MAXIMO DE LLENADO.

- MANEJO, PROCEDIMIENTOS Y CONDICIONES EN EL MANEJO, MANIOBRAS RECOMENDABLES, VOLUMENES MAXIMOS A MANEJAR, ENVASES, RECIPIENTES Y EQUIPO A EMPLEAR.

ACTUALMENTE, EXISTE UN COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION PARA EL MEDIO AMBIENTE INTEGRADO POR LA ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA (ANIQ), CANACINTRA, PEMEX, SECOFI, SSA, STPS, SEMIP, CFE, SCT, PROCURADURIA FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE (PROFEPA) Y EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGICA (INE) COMO COORDINADOR DE DICHO COMITE.

EN ESTE COMITE, A TRAVES DEL SUBCOMITE DE RIESGO SE HAN ELABORADO NORMAS SOBRE EL DISTANCIAMIENTO ENTRE EL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS (INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS) CON RELACION A ASENTAMIENTOS HUMANOS, LAS CUALES SE ENCUENTRAN EN PROCESO DE REVISION POR EL AREA JURIDICA DE LAS DIFERENTES INSTANCIAS PARTICIPANTES EN EL COMITE PARA SU APROBACION Y PROXIMA PUBLICACION.

ASIMISMO, PARA SUSTANCIAS PELIGROSAS (TOXICAS) SE CUENTA CON EL PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA DE SEGURIDAD Y OPERACION PARA EL ORO, AMONIACO Y ACIDO FLUORHIDRICO, LAS CUALES HAN SIDO ELABORADAS Y APROBADAS EN EL SENO DEL COMITE Y PROXIMAMENTE SE REMITIRAN AL AREA JURIDICA PARA SU REVISION, APROBACION Y POSTERIOR PUBLICACION.

CON BASE A LO INDICADO, EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA HA ESTABLECIDO PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACION DE MANIFESTACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE RIESGO, MEDIANTE LOS CUALES SE REGULAN LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS; ESTOS ULTIMOS A TRAVES DE LA PUBLICACION DE LOS LISTADOS DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

GUIA PARA LA ELABORACION DEL ESTUDIO DE RIESGO

MODALIDAD ANALISIS DE RIESGO

**ING. CARLOS PEREZ TORRES
PALACIO DE MINERIA
1995**

**GUIA PARA LA ELABORACION DEL ESTUDIO DE RIESGO,
MODALIDAD ANALISIS DE RIESGO.**

I.- DATOS GENERALES:

(La presente guía no debe ser considerada como si fuera un simple cuestionario, sino como un resumen de los lineamientos fundamentales para elaborar un documento serio y formal, que reporte el empleo de la metodología mas idónea sobre análisis de riesgo para la actividad proyectada).

- I.1.- Nombre de la Empresa u Organismo.
- I.2.- Registro Federal de Causantes.
- I.3.- Objeto de la Empresa u Organismo.
- I.4.- Cámara o Asociación a la que pertenece.
- I.4.1.- Número de Registro de la Cámara o Asociación.
- I.4.2.- Fecha.
- I.5.- Instrumento jurídico mediante el cual se constituyó la empresa u organismo. (escritura pública, decreto de creación, etc)
- I.6.- Departamento proponente.
- I.6.1.- Domicilio para oír y recibir notificaciones.
- Estado _____ Ciudad _____
- Municipio _____ Localidad _____
- Código Postal _____ Tel. _____
- I.6.2.- Nombre completo de la persona responsable.
- Anexar comprobantes que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la Empresa, suficientes para suscribir el presente documento.
- I.6.3.- Puesto.
- I.6.4.- Instrumento jurídico mediante el cual se concede poder suficiente al responsable para suscribir el presente documento (mandato, nombramiento, etc.). Anexar comprobante.
- I.6.5.- Firma del responsable bajo protesta de decir verdad.

II.- DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO:

(Para contestar la información que se solicita en este apartado si es necesario anexar hojas adicionales. Cuando la localización del predio sea fácilmente identificable, no contestar el renglón de las coordenadas del predio).

II.1.- NOMBRE DEL PROYECTO.

II.1.1.- Naturaleza del proyecto (descripción general, capacidad proyectada, inversión, vida útil).

II.1.2.- Planes de crecimiento futuro.

II.2.- UBICACION DEL PROYECTO.

Estado _____ Municipio _____ Localidad _____

Anexar planos de localización, marcando puntos importantes de interés cercanos al plan o proyecto, la escala de plano puede ser 1:20,000 ó 1:25,000 en la microregión y 1:100,000 en la región.

II.2.1.- Coordenadas del predio.

II.2.2.- Describir las colindancias del predio y los usos del suelo en un radio de 200 metros en su entorno, anotando los datos pertinentes del registro público de la propiedad correspondiente.

II.2.3.- Superficie total. _____ requerida _____
(M²) (M²)

II.2.4.- Origen legal del predio (compra, venta, concesión, expropiación, arrendamiento, etc.).

II.2.5.- Descripción de acceso (marítimos, terrestres y/o aéreos).

II.2.6.- Infraestructura necesaria (actual y proyectada).

II.3.- Actividades conexas (industriales, comerciales y servicios).

II.4.- Lineamiento y programas de contratación de personal.

II.5.- Programas de capacitación y adiestramiento de personal.

II.6.- Especificar si cuentan con otras autorizaciones oficiales para realizar la actividad propuesta (licencia de funcionamiento, permiso de uso del suelo, etc.). Anexar comprobantes.

III.- ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO:

Describe el sitio seleccionado para la realización del proyecto bajo los siguientes parámetros contestando negativa o afirmativamente y especificando los elementos relevantes en su caso.

- III.1.- Es una zona de cualidades estéticas únicas o excepcionales (por ejemplo: miradores sobre paisajes costeros naturales) ? _____
- III.2.- Es o se encuentra cercano a una zona donde hay hacina-
miento ? _____
- III.3.- Es o se encuentra cercano a un recurso acuatico (lago,
río, etc.)? _____
- III.4.- Es o se encuentra cercano a un lugar o zona de atrac-
ción turística? _____
- III.5.- Es o se encuentra cercano a una zona de recreo (par-
ques, escuelas u hospitales)? _____
- III.6.- Es o se encuentra cercano a zonas que se reservan o
debieran reservarse para habitat de fauna silvestre?

- III.7.- Es o se encuentra cercano a una zona de especies
acuáticas? _____
- III.8.- Es o se encuentra cercano a una zona de ecosistemas
excepcionales? _____
- III.9.- Es o se encuentra cercano a una zona de centros cultu-
rales, religiosos o históricos del país? _____
- III.10.- Es o se encuentra cercano a una zona de parajes para
fines educativos (por ejemplo: zonas ricas en caracte-
rísticas geológicas o arqueológicas)? _____
- III.11.- Es o se encuentra cercano a una zona de pesquerías
comerciales? _____
- III.12.- Se están evaluando otros sitios donde sería posible
establecer el proyecto? ¿Cuáles son? _____
- III.13.- Se encuentra incluido el sitio seleccionado para el
proyecto en un programa de planificación adecuado o
aplicable (por ejemplo: el Plan de Ordenamiento
Ecológico del Area)? _____

III.14.- Dentro de un radio aproximado de 10 km. del área del proyecto, qué actividades se desarrollan?

- Tierras cultivables
- Bosques
- Actividades industriales (incluidas las minas)
- Actividades comerciales o de negocios
- Centros urbanos
- Núcleos residenciales
- Centros rurales
- Zona de uso restringido (por motivos culturales, históricos, arqueológicos o reservas ecológicas)
- Cuerpos de agua.

III.15.- Está el lugar ubicado en una zona susceptible a:

- Terremotos (sismicidad)?
- Corrimientos de tierra?
- Derrumbamientos o hundimientos?
- Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)?
- Inundaciones (historial de 10 años, promedio anual de precipitación pluvial)?
- Pérdidas de suelo debido a la erosión?
- Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión?
- Riesgos radiológicos?

III.16.- Ha habido informes sobre contaminación del aire, de las aguas o por residuos sólidos debido a otras actividades en la zona del proyecto? especificar

III.17.- Existirán durante las etapas de construcción y operación del proyecto, niveles de ruido que pudieran afectar a las poblaciones cercanas a el?

III.18.- Existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto?

III.19.- Existen especies animales, vegetales (terrestres o acuáticos) en peligro de extinción o únicas, dentro del área del proyecto?

III.20.- Existe alguna afectación a los habitats presentes?

Describa en términos de su composición biológica, física y su grado actual de degradación.

III.21.- Es la economía del área exclusivamente de subsistencia?

III.22.- Cuál es el ingreso medio anual per cápita de los habitantes del área del proyecto en un radio de 10 km. en relación con el resto del país? Describa asimismo, los aspectos demográficos y socioeconómicos del área de interés.

III.23.- Creará el proyecto una demanda excesiva de:

- () Fuerza de trabajo de la localidad?
- () Servicios para la comunidad (vivienda y servicios en general)?
- () Sistema de servicios públicos y de comunicaciones?
- () Instalaciones o servicios de eliminación de residuos?
- () Materiales de construcción?

III.24.- Cortará o aislará sectores de núcleos urbanos, vecindarios (barrios o distritos) o zonas étnicas o creará barreras que obstaculicen la cohesión y continuidad cultural de vecindarios?

III.25.- Además de los equipos de control de la contaminación del suelo, aire y agua, se tienen contempladas otras medidas preventivas o programas de contingencias para evitar el deterioro del medio ambiente?

IV.- INTEGRACION DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.

Este apartado se deberá desglosar de acuerdo con los distintos capítulos que conforman el Plan Nacional de Desarrollo y que tengan vinculación directa con el proyecto propuesto.

IV.1.- ETAPA DE CONSTRUCCION.

Materiales requeridos por etapa del proyecto

Material	Cantidad.
----------	-----------

IV.1.1.- Requerimiento de mano de obra.

IV.1.2.- CONSTRUCCION (DESGLOSE POR ETAPAS) Y MANTENIMIENTO.

IV.1.2.1.- Funcionarios.

IV.1.2.2.- Técnicos.

- IV.1.2.3.- Empleados.
- IV.1.2.4.- Obreros.
- IV.1.3.- Equipo requerido por etapa del proyecto (en cantidad, tiempo estimado de uso y descripción).
- IV.1.4.- Requerimiento de agua y energía:
 - IV.1.4.1.- Agua (origen, fuente, suministro, cantidad, almacenamiento).
 - IV.1.4.2.- Agua cruda.
 - IV.1.4.3.- Agua potable.
 - IV.1.4.4.- Electricidad (origen, fuente de suministro, potencia, voltaje).
 - IV.1.4.5.- Combustibles (origen, suministro, cantidad, características, almacenamiento).
- IV.2.- ETAPA DE OPERACION.
 - IV.2.1.- Descripción del proyecto (debiendo anexar diagramas de flujo y de bloques).
 - IV.2.2.- METABOLISMO INDUSTRIAL.
 - IV.2.2.1.- Descripción de líneas de producción, reacción principal y secundaria.
 - IV.2.2.2.- Materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso. (Especificando: sustancia, equipo de seguridad, cantidad o volumen y concentración).
 - IV.2.2.3.- Tipo de recipientes y/o envase de almacenamiento (Especificando características, tipo, dimensionamiento y cantidad o volumen por recipiente).
- IV.3.- SUSTANCIAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO.
 - IV.3.1.- COMPONENTES RIESGOSOS.
 - IV.3.1.1.- Porcentaje y nombre de componentes riesgosos.
 - IV.3.1.2.- Número CAS.
 - IV.3.1.3.- Número de Naciones Unidas.
 - IV.3.1.4.- Nombre del fabricante o importador.
 - IV.3.1.5.- En caso de emergencia comunicarse al teléfono o fax número: _____

IV.3.2.- PRECAUCIONES ESPECIALES.

IV.3.2.1.- Precauciones que deben ser tomadas en cuenta para el manejo y almacenamiento.

IV.3.2.2.- Especificar cumplimiento de acuerdo con la regulación de transporte.

IV.3.2.3.- Especificar cumplimiento de acuerdo a la reglamentación ecológica.

IV.3.2.4.- Otras precauciones.

IV.3.3.- PROPIEDADES FISICAS.

Datos de las sustancias peligrosas que se manejan como: materia prima, producto y subproducto.

IV.3.3.1.- Nombre comercial _____ Nombre químico _____

IV.3.3.2.- SINONIMOS _____

IV.3.3.3.- Fórmula química _____ Estado físico _____

IV.3.3.4.- Peso molecular _____ (gr/grmol).

IV.3.3.5.- Densidad a temperatura inicial (T1) _____ (gr/ml).

IV.3.3.6.- Punto de ebullición _____ (°C).

IV.3.3.7.- Calor de evaporización a (T2) _____ (cal/gr).

IV.3.3.8.- Calor de combustión (como líquido) _____ (BTU/lb).

IV.3.3.9.- Calor de combustión (como gas) _____ (BTU/lb).

IV.3.3.10.- Temperatura del líquido en proceso _____ (°C).

IV.3.3.11.- Volumen a condiciones normales _____ (ft).

IV.3.3.12.- Volumen del proceso _____ (gal).

IV.3.3.13.- Presión de vapor, (mmHg a 20°C).

IV.3.3.14.- Densidad de vapor, (aire=1).

IV.3.3.15.- Reactividad en agua.

IV.3.3.16.- Velocidad de evaporación, (butil-acetona=1).

IV.3.3.17.- Temperatura de autoignición.

IV.3.3.18.- Temperatura de fusión, (°C).

IV.3.3.19- Densidad relativa.

- IV.3.3.20.- Solubilidad en agua.
- IV.3.3.21.- Estado físico, color y olor.
- IV.3.3.22.- Punto de inflamación.
- IV.3.3.23.- Por ciento de volatilidad.
- IV.3.3.24.- Otros datos.

IV.3.4.- RIESGOS PARA LA SALUD.

- IV.3.4.1.- Ingestión accidental.
- IV.3.4.2.- Contacto con los ojos.
- IV.3.4.3.- Contacto con la piel.
- IV.3.4.4.- Absorción.
- IV.3.4.5.- Inhalación.
- IV.3.4.6.- Toxicidad

IDLH _____ (ppm o mg/m3)
 TLV 8 horas _____ (ppm o mg/m3)
 TLV 15 min. _____ (ppm o mg/m3)

- IV.3.4.7.- Daño genético: Clasificación de sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos, por ejemplo Instructivo No. 10 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social u otros. Especificar.

IV.3.5.- RIESGO DE FUEGO O EXPLOSION.

- IV.3.5.1.- Medios de extinción:
 - () Niebla de agua.
 - () Espuma.
 - () Halon.
 - () CO₂.
 - () Químico seco.
 - () Otros.
- IV.3.5.2.- Equipo especial de protección, (general) para combate de incendio.
- IV.3.5.3.- Procedimiento especial de combate de incendio.
- IV.3.5.4.- Condiciones que conducen a un peligro de fuego y explosión no usuales.
- IV.3.5.5.- Productos de combustión.

- IV.3.5.6.- **Inflamabilidad:**
 - Límite Superior de Inflamabilidad (%). _
 - Límite Inferior de Inflamabilidad (%). _

- IV.3.6.- **DATOS DE REACTIVIDAD.**
- IV.3.6.1.- Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua, y potencial de oxidación.
- IV.3.6.2.- Estabilidad de las sustancias.
- IV.3.6.3.- Condiciones a evitar.
- IV.3.6.4.- Incompatibilidad, (sustancias a evitar).
- IV.3.6.5.- Descomposición de componentes peligrosos.
- IV.3.6.6.- Polimerización peligrosa.
- IV.3.6.7.- Condiciones a evitar.
- IV.3.7.- **CORROSIVIDAD.**
Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.
- IV.3.8.- **RADIOACTIVIDAD.**
Clasificación de sustancias por radioactividad.

- IV.4.- **RESIDUOS PRINCIPALES (CARACTERÍSTICAS, VOLUMEN, EMISIONES ATMOSFÉRICAS, DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES).**
- IV.4.1.- Residuos sólidos y líquidos:
 - Inocuos.
 - Peligrosos.
- IV.4.2.- Metodología para su clasificación.
- IV.4.3.- Sistema y tecnología de control y tratamientos (descripción general, características y capacidad).
- IV.4.4.- Disposición final: (Volumen, composición y cuerpos receptores)
- IV.4.5.- Aguas de proceso y servicio.
- IV.4.6.- Factibilidad de reciclaje.

IV.4.7.- Uso del agua corriente abajo del proyecto (abastecimiento público, riego, recreo, deporte, habitat de especies acuáticas, únicas o valiosas). No contestar en caso de que la descarga se realice a la red de alcantarillado municipal.

IV.5.- CONDICIONES DE OPERACION

IV.5.1.- Características de instrumentación y control (debiendo incluir diagrama lógico de control y planos de tuberías e instrumentación).

IV.5.2.- Métodos usados y bases de diseño en el dimensionamiento y capacidad de los sistemas de relevo y venteo.

IV.5.3.- Equipos de proceso y auxiliares (descripción, características, tiempo estimado de uso y localización). Asimismo se deberán anexar diagramas de pátalos y arreglo general de la planta.

IV.5.4.- Asimismo se deberá incluir: (temperaturas extremas de operación, presiones extremas de operación y estado físico de las diversas corrientes del proceso).

IV.5.5.- Características del regimen de la instalación.

IV.5.6.- Características de los recipientes y/o envases para almacenamiento (tipo de recipientes y/o envases, diámetro del recipiente, tipo de material, capacidad y densidad máxima de llenado).

V.- RIESGO AMBIENTAL

V.1.- Antecedentes de riesgo del proceso.

V.2.- Determinar los puntos de riesgo, de todas las instalaciones, reportando la metodología empleada para su identificación.

V.2.1.- Jerarquizar los riesgos identificados.

V.3.- Describir los riesgos potenciales de accidentes ambientales por:

V.3.1.- Fugas de productos tóxicos o carcinogénicos.

V.3.2.- Derrame de productos tóxicos.

V.3.3.- Explosión.

V.3.4.- Modelación de el o los eventos probables máximos de

riesgo.

- V.4.- Descripción de medidas de seguridad y operación para abatir el riesgo.
- V.5.- Describir los dispositivos de seguridad con que se cuenta para el control de eventos extraordinarios.
- V.6.- Descripción de normas de seguridad y operación para captación y traslado de: materias primas, productos y subproductos utilizados que se consideran tóxicos, inflamables, explosivos, etc.
- V.7.- Descripción de rutas de traslado de sustancias que se consideren tóxicas, inflamables, explosivas, etc.
- V.8.- Descripción del entrenamiento para capacitación de los operarios de los transportes.
- V.9.- Descripción de riesgos que tengan afectación potencial al entorno de la planta, señalando el área de afectación en un plano de localización a escala 1:5000.
- V.10.- Definición y justificación de las zonas de protección alrededor de la instalación.
- V.11.- Respuesta a la lista de comprobaciones detallada de seguridad.
- V.12.- Descripción de auditorias de seguridad.
- V.13.- **DRENAJES Y EFLUENTES ACUOSOS.**
- V.13.1.- Planos de distribución de drenajes.
- V.13.2.- Diagrama de la instalación del sistema de segregación de drenajes.
- V.13.3.- Frecuencia de monitoreo de la calidad físicoquímica de los efluentes y parametros analizados en los mismos.
- V.13.4.- Registro y medición de los gastos volumétricos de los efluentes.
- V.13.5.- Tratamiento o disposición actual de los efluentes.
- V.13.6.- Manifiesto y condiciones particulares de descarga de efluentes.
- V.13.7.- Colectores o cuerpos de agua de descarga de sus efluentes.

VI.- CONCLUSIONES.

VI.1.- Hacer un resumen de la situación general que presenta la planta o proyecto, en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas.

VI.2.- Recomendaciones para corregir, mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

MODELOS DE SIMULACION DE RIESGOS

**PALACIO DE MINERIA
1995**

**MODELOS DE SIMULACION
DE RIESGOS**

MODELOS DE SIMULACION DE RIESGOS

A raíz de algunos problemas ambientales originados por el descontrol en las actividades productivas de la Industria Química, surgió la necesidad de estudiar y detectar las causas que originan este tipo de eventos. Se desarrollaron una serie de metodologías para identificar los riesgos inherentes en los procesos químicos (Check List, Hazop, etc.), así como para jerarquizar aquellos con una mayor probabilidad de ocurrencia (Arbol de Fallas).

Asimismo, fue necesario contar con instrumentos matemáticos que permitieran evaluar la zona de afectación producida por un evento de riesgo.

DEFINICION

Un Modelo de Simulación es una herramienta matemática que permite evaluar el área de afectación producida por un evento de riesgo (fuga o derrame de alguna sustancia tóxica, incendio y/o explosión de una sustancia inflamable).

Anteriormente los modelos de simulación eran una serie de ecuaciones tipo algebraicas, cuyo resolución requería de una gran inversión de tiempo. Posteriormente con el desarrollo de la computación, se crearon una serie de programas en diversos lenguajes, logrando con ello la evaluación en un tiempo muy pequeño de una serie de situaciones de riesgo en todo un proceso, lo que permitió una mejor planeación, así como implementación de medidas, dispositivos y sistemas de seguridad.

MODELACION DE LAS CONSECUENCIAS

Para realizar una modelación se requiere definir el acontecimiento para poder evaluar la gravedad de las consecuencias. Después de determinar el encadenamiento que conducen al accidente, es necesario modelizar el desarrollo de dicho accidente.

Formación de nubes explosivas

Por ejemplo para una sustancia inflamable, el evento estaría dado por las siguientes fases: la liberación accidental del combustible, la dispersión y evolución en el tiempo de las características de esta nube, seguidas de la inflamación y de la propagación a través de la carga de combustible de una zona de reacción exotérmica.

Este último proceso conlleva dos efectos principales: el primero es el efecto de radiación térmica (incendio) por la producción de una gran cantidad de gases de combustión, a una temperatura del orden de 2,200 °C, por la transformación de energía química en energía térmica; el segundo efecto es un efecto mecánico de presión, vinculado a la expansión de volumen que, al atravesar la zona reactiva, sufre el caudal de los gases frescos consumidos. La explosión se manifiesta a través de varios efectos graves sobre el medio ambiente: la onda de presión aérea, la onda de suelo asociada y la emisión de proyectiles. Sin embargo, el efecto dominante más apremiante es la sobrepresión aérea incidente.

Dicha explosión es la concretización del riesgo industrial. Es por lo tanto el accidente principal cuyas consecuencias, en cuanto a daños, afecta no sólo al lugar en que se dá el siniestro (emplazamiento industrial o vía de comunicación), sino también a todo el entorno humano, natural, urbano e industrial; entorno que queda tanto más afectado cuanto que, generalmente, no fue dimensionado para un riesgo así. En inglés se conoce esto como UVCE (unconfined vapor, cloud explosion; explosión no confinada de una nube de vapores inflamables).

La llama vuelve al punto de emisión de la fuga, a su paso provoca incendios, y así, se va propagando el incendio, generalizándose a todo el conjunto del lugar accidentado. Dicho efecto se conoce como dominó. Estos pequeños incendios exponen a las llamas todo cuanto hay almacenado. Bajo el efecto de una elevación de temperatura y de presión, todo estalla, saliendo disparado en forma de proyectiles que generan bolas de fuego de intensa radiación térmica. Este fenómeno se conoce en inglés como BLEVE (boiling liquid expansion vapor explosion, que se traduce como la explosión de vapores a consecuencia de la expansión de un líquido en ebullición.

Son muchos los factores que influyen en la amplitud y las consecuencias de la explosión de una nube; los más importantes son: la fracción de producto susceptible de evaporación instantánea, la concentración de la nube, las dimensiones de la nube formada, las condiciones de dilución (que están determinadas por las condiciones meteorológicas del lugar), la deriva peligrosa de la nube, la probabilidad de incendio y la naturaleza del elemento que lo causa (propiedades fisicoquímicas).

Cada accidente es un caso particular, sobre todo si se toma en cuenta la diversidad de las situaciones accidentales posibles, la variedad de los modos de almacenamiento y de transporte, la naturaleza de los productos y su estado físico, los tamaños de las fisuras, las condiciones ambientales posibles (meteorológicas y topográficas), etc. por lo tanto, es difícil, y en muchas ocasiones resulta imposible, prever el conjunto de las situaciones accidentales que pueden presentarse, por lo que las estimaciones completas y exactas de las distancias de seguridad o de los efectos de una eventual explosión siempre tienen que hacerse a priori en estudios globales, aunque realistas de peligrosidad y seguridad.

En los últimos años, se han desarrollado algunas metodologías destinadas a proporcionar al diseñador de instalaciones industriales, una herramienta práctica, de fácil empleo y operativa, y que permita establecer un ajustado orden de magnitud e incluso una evaluación algo abultada de las zonas presumibles afectada y de las probables consecuencias.

Estos métodos estiman el riesgo teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de un accidente como su gravedad y progresivamente han ido mejorándose. El conjunto de estos métodos o modelos sirve para evaluar las consecuencias que una unidad de producción, almacenamiento o transporte de materiales peligrosos, puede originar al medio ambiente.

Cuando se produce la liberación accidental de un fluido, cualquier apreciación que se haga de un eventual efecto de presión o de una distancia de exclusión necesita la cuantificación del factor fuente, expresión con la cual se designa el conjunto de los fenómenos físicos que conducen, a partir de una ruptura, la formación de una nube tóxica o inflamable.

El análisis de los accidentes realmente permite elaborar un esquema general de la secuencia del accidente y definir las condiciones de la ruptura. Entre estas últimas las que más influyen en el desarrollo del accidente son: el tamaño de la fuga (orificio o fisura en el tanque o tubería) y el estado físico en el que se almacena o transporte el producto.

Existe literatura sobre modelos matemáticos, con suficiente aproximación y cierta sofisticación, que permiten calcular el caudal del derrame del producto en función del tiempo. Dentro de la literatura que maneja este tipo de eventos podemos considerar el de Mecánica de fluidos del CRANE, en donde conjunta una serie de ecuaciones para casos especiales que permiten calcular el caudal originado por la ruptura, fisura u orificio en tanques, tuberías, válvulas y otros accesorios, tomando en cuenta las condiciones de manejo o almacenamiento, propiedades fisicoquímicas de las sustancias y tiempo que dura en evento.

Según el estado físico del producto y emplazamiento de la fisura, el escape del producto puede ser gaseoso, si el producto es gaseoso; bifásico si el producto está licuado a presión, con posibilidad de formación de un aerosol; o líquido si el recipiente o licuado criogénico.

Cuando se aborda la fase de extensión y de evaporación del fluido, se conoce el caudal del derrame del líquido en función del tiempo. Pueden entonces contemplarse dos casos. Si el producto está licuado a presión, hay una expansión brusca de la presión interna del recipiente a la presión atmosférica y por lo tanto, evaporación instantánea de una parte del gas licuado liberado (se le conoce también como evaporación flash), la parte complementaria del gas licuado se derrama en capa líquida sobre el suelo o sobre el agua, y se evapora gracias a la aportación térmica del medio ambiente. Si el producto es líquido o licuado criogénico y está almacenado a presión atmosférica, el fenómeno de evaporación instantánea no aparece. El producto liberado se expande por el suelo o sobre el agua, formando una capa líquida que se evapora.

La dispersión atmosférica

La particularidad esencial de las nubes formadas a consecuencia de accidentes en los que intervienen productos peligrosos, es que están formadas en la mayor parte de los casos, por una mezcla más pesada que el aire; lo que puede ser causa de la masa molar del producto considerado (Cloro, por

ejemplo); a causa de su temperatura de almacenamiento (como el etano); o porque se produce una mezcla de vapor y gotitas (el caso del amoniaco).

Las técnicas utilizables para evaluar la dispersión atmosférica son de varios tipos: la modelación numérica de tipo integral, la modelación tridimensional o el estudio sobre maqueta en túnel aerodinámico. Estas diferentes técnicas pueden ser válidas a partir de resultados experimentales obtenidos a partir de ensayos que resultan costosos. Algunas comparaciones de los resultados obtenidos experimentalmente mostraron que los modelos numéricos de tipo integral dan resultados aceptables. Estos modelos son actualmente operativos y calculan en función del tiempo y de la distancia al punto de emisión , las características geométricas de la nube y las concentraciones medias en su interior.

Las limitaciones de los modelos de tipo integral son muy conocidas: mala simulación de las condiciones meteorológicas extremas (alta estabilidad, viento débil, etc.) y descuido del relieve y de los eventuales obstáculos de confinamiento. Actualmente, se están desarrollando modelos tridimensionales que resuelven las ecuaciones de flujo atmosférico y difusión, teniendo en cuenta los efectos gravitatorios en una retícula. Por otra parte un túnel de dispersión atmosférica es un instrumento muy útil para la evaluación del comportamiento de las nubes de gases pesados en la atmósfera. Permite sobre todo el estudio de la influencia de los relieves , los edificios y los obstáculos artificiales utilizados como pantallas, por ejemplo taludes, fosas, cortinas de agua o de árboles, etc.

MODELADO Y EVALUACION DE CONSECUENCIAS

En este tipo de modelaciones se estiman tanto las consecuencias de escenarios accidentales específicos, tales como flujo de calor de incendios, sobrepresiones por explosiones y el movimiento y concentración de plumas de emisiones a la atmósfera así como la evaluación de los efectos sobre la instalación y comunidad aledaña.

Tipos de Modelos

La meta del modelado de consecuencias es la de predecir correcta y adecuadamente la magnitud del efecto del calor del incendio, las sobrepresiones por explosión o las concentraciones de la liberación de una gas tóxico así como

del área afectada. Existen muchos tipos de modelos, desde los muy simples hasta los altamente complejos. Las concentraciones atmosféricas de gases tóxicos o vapores liberados en un accidente se pueden predecir respecto a la distancia y tiempo desde el punto fuente. Muchos modelos emplean ecuaciones de dispersión tipo gaussiano que están acopladas con condiciones meteorológicas para estimar la concentración y distribución de la pluma.

Los modelos de simulación que estudiaremos, son aquellos que cuentan con los criterios y fundamentos técnicos más actualizados y a los que se les han desarrollado una serie de modificaciones en su estructura de programación con el objeto de hacerlos más versátiles, ellos son:

SIRIA (Sistema de Evaluación Rápida de Impacto Ambiental).

ARCHIE (Automated Resource for Chemical Hazard).

CHARM (Complex Hazardous Air Release Model).

S I R I A

Sistema de Evaluación Rápida de Impacto Ambiental

Es el modelo empleado por la SEDESOL, el cual surgió de la necesidad de contar con una herramienta de apoyo para la evaluación de los impactos ambientales producidos por los proyectos de desarrollo en el país. Su estructura es la siguiente:

- Módulo de Registro de Proyectos
- Módulo de Evaluación de Afectaciones Ambientales
- Módulo de Evaluación de Riesgos Ambientales
- Módulo de Apoyo Decisional

Para nuestro estudio, el Módulo de Evaluación de Riesgos Ambientales es el de nuestro interés. Dicho módulo contiene una serie de modelos, de los cuales analizaremos los MODELOS DE EVALUACION DE RIESGOS AMBIENTALES:

- Fugas y Derrames
- Fuga Masiva e Instantánea (PUFF)

17

- Evaluación de Nubes Explosivas
- Evaluación de Nubes Flamables

FUGAS Y DERRAMES

Este modelo esta basado en la ecuación de Difusión Gaussiana de un gas o vapor. Su algoritmo ha sido diseñado para proveer de una estimación el Area de Riesgo o de "Exclusión" generada por una fuga continúa de un gas o de un vapor proveniente de un líquido que se evapora. Para aplicar este modelo es necesario establecer una concentración máxima permisible de exposición (Cmpe), la cual permite estimar el área de exclusión ó área de evacuación en caso de accidente. Las ecuaciones gaussianas se emplean bajo el supuesto que las concentraciones máximas se registran a nivel de piso i.e. (z=0 m), y que el gasto de emisión es constante durante el tiempo de modelación, así como las características meteorológicas.

La primera etapa del algoritmo de cálculo se refiere al establecimiento del gasto de emisión. En la ocurrencia de una fuga de un gas, el gasto emitido Q (g/s) estará determinado por las características del almacenamiento o línea donde se produzca. En la ocurrencia de una ruptura de un almacenamiento el gasto podrá depender del tamaño de la ruptura y de la presión a la que se encuentre almacenado el gas. Para una fuga en una línea de conducción el gasto será función del diámetro de la misma y de la velocidad a la cual es transportado el gas. Para estos tipos de eventos, el modelo asume que el gasto es conocido por el usuario. Sin embargo, para fines prácticos de prevención se recomienda modelar considerando un gasto máximo probable de gas fugado.

Para el caso de un derrame de un líquido que se evapora, el modelo tiene incorporados dos procedimientos para estimar el gasto de vapor emitido.

El primero se basa en la estimación de un porcentaje de evaporación del líquido. Emplea una función del tipo

$$\% \text{ Evap} = f \left(\frac{\text{P.V.L.}}{760 \text{ mm Hg}} \times 100 \right) \quad (1)$$

donde :

% Evap = Porcentaje de Evaporación del Líquido
 P.V.L. = Presión del Vapor del Líquido (mm Hg a 20°C)

Esta función fué determinada para una gran variedad de combustibles para cohetes, considerando un derrame de 600 m, un viento de 4.3 m/s, una temperatura del aire de 80° F y asumiendo que no existe absorción o calentamiento por el suelo.

El gasto de la emisión viene dado por :

$$Q = Q_L \quad (\% \text{ EVAP})$$

donde :

$$Q = \text{Gasto de emisión de vapor (g/s)}$$

$$Q_L = \text{Gasto de líquido derramado (l/s) x densidad del líquido (g/l)}$$

El segundo procedimiento se basa en las siguientes ecuaciones:

$$Q = Q_e S^2 \quad (3)$$

$$Q_e = 0.001315 (P^{1.353} \text{ PM}^{0.60327})$$

donde :

$$Q = \text{Gasto de Emisión de Vapor (g/s)}$$

$$Q_e = \text{Gasto de Evaporación del Líquido (g/ s}^2\text{m}^2\text{)}$$

$$P = \text{Presión de Vapor del Líquido (mm Hg)}$$

$$\text{PM} = \text{Peso Molecular del Líquido (g/molg)}$$

$$S = \text{Longitud del Derrame (m)}$$

Como se puede observar en estas expresiones se involucran tanto las características del líquido como la superficie cubierta por el derrame.

La segunda etapa de cálculo corresponde a la determinación de la curva de isoconcentración para C_{mpe} (Concentración máxima permisible) requiriéndose la siguiente información:

S_y = Coeficiente de Dispersión en la Dirección y, (m)

S_z = Coeficiente de Dispersión en la Dirección z, (m)

H_e = Altura de Emisión, (m)

C_{mpe} = Concentración Máxima Permisible de Exposición, (g/m³)

U = velocidad media del viento (m/s).

2.º

Para el caso de derrame líquido la emisión se estima asumiendo una fuente de área y considerando que su forma es cuadrangular.

Para una fuente de área es necesario efectuar una modificación en el cálculo del coeficiente de dispersión lateral S_y , asumiendo una desviación estándar inicial S_{y0} que toma en cuenta una emisión en línea cuya dispersión se efectúa en forma gaussiana.

Las ecuaciones de cálculo de la concentración para la dispersión del vapor son:

$$C(x, 0, 0; 0) = \frac{Q}{\pi S_y S_z U}$$

$$C(x, y, 0, 0) = C_{mpe}$$

Como el derrame ocurre a nivel del piso $H_e = 0$ m.

Los cálculos anteriores darán como resultado importante la distancia máxima (X_{max}) alcanzada por la curva de isoconcentración C_{mpe} y el ancho máximo de la elipse Y_{max} . Cabe mencionar que en cualquier punto dentro de la elipse se tendrá una concentración superior a C_{mpe} .

La tercera etapa de cálculo se refiere a la determinación del área de exclusión. Debido a que ésta última estará determinada por las condiciones de estabilidad atmosférica y por la dirección del viento, se ha definido un ángulo de variación o fluctuación (θ) de la pluma de gas o vapor, que es función del tipo de estabilidad.

El área de exclusión estará entonces definida por un sector con un ángulo θ más la distancia Y_{max} a ambos lados.

Este modelo cuenta con procedimientos para estimar los gastos de evaporación de líquidos y fugas de gases. A continuación se presentan las nuevas rutinas incorporadas al modelo.

?

donde:

Ed = energía generada expresada en peso de TNT, que produce una fuerza equivalente a la explosividad de la nube (Ton TNT)

U_{Hc} = calor de combustión del material (Btu/lb) 4.03×10^6 = calor de combustión del TNT (Btu/ton)

E = factor de explosividad

El factor E es adimensional y determina la fracción del calor de combustión que sirve para producir las ondas de sobrepresión. Para muchos materiales el valor de E se encuentra dentro del rango 0.01 a 0.1. Los valores utilizados por default son: E = 2/100 para DMP y E = 10/100 para DMC.

DMP = Daño Máximo Probable

DMC = Daño Máximo Catastrófico

E) Determinación del Diámetro de las Ondas Expansivas (Doe)

Las ondas expansivas (o de sobrepresión) consideradas se expresan en unidades de presión y van desde 0.5 psi hasta 30 psi.

La determinación de los diámetros de los círculos de sobrepresión se efectúa a través de funciones del tipo.

$$Doe = Z (Ed)^{1/3} \quad (10)$$

donde:

Doe = diámetro de la onda expansiva (ft)

Ed = energía desprendida por la explosión (ton TNT)

Z = distancia escalada para la sobrepresión considerada (ft/ton^{1/3})

F) Determinación de los Daños Ocasionados

A fin de determinar los daños ocasionados por la nube explosiva se emplea la información de los efectos de diversos valores de sobrepresión sobre instalaciones y equipos en refinerías y plantas químicas. A estos daños se deben adicionar posibles incendios y explosiones subsecuentes.

3/

I) ALGORITMOS DE EVAPORACION DE LIQUIDOS EN UN DERRAME - EMISION CONTINUA

A continuación se presentan algunos métodos para estimar el gasto de evaporación de una substancia proveniente del derrame de un líquido.

a) Fórmula de Sutton

Determina el Gasto de evaporación en kg/s a partir de los siguientes datos:

$g =$ Densidad del gas, (Kg/m^3)

$V =$ Velocidad del viento, medido a la altura Z_0 , (m/s)

$Z_0 =$ Altura a la que se mide el viento, (m)

$L_d =$ Longitud del derrame, (m)

$A =$ Area del derrame, (m^2)

b) Fórmula de Whitacre y Myriski

Calcula el Gasto de Evaporación en kg/hr a partir de los siguientes datos:

$V =$ Velocidad del viento, (m/s)

$A =$ Area del derrame, (m^2)

$M_w =$ Peso molecular a temperatura normal, (cm^3/g)

$P_v =$ Presión de vapor, (mmHg)

$T =$ Temperatura, ($^{\circ}\text{K}$)

c) Fórmula de la USAF - ESL

Determina el gasto de evaporación en kg/hr

$V =$ Velocidad del viento, (m/s)

$A =$ Area del derrame, (m^2)

T_p = Temperatura del líquido derramado, ($^{\circ}C$)

Z = Factor de volatilidad

$Z = 1$ para la Hidrazina, para otras sustancias se tiene

$$Z = \frac{P_{vs}}{P_{vh}} \frac{M_s}{M_h}$$

Donde :

$P_{vs,h}$ = Presión de vapor

$M_{s,h}$ = Peso molecular

s = Se refiere a la sustancia otra que la Hidrazina

h = Se refiere a la Hidrazina.

d) Fórmula de Fleisher

1) Determina el gasto de evaporación en kg/s para líquidos en el derrame a temperatura inferior a su temperatura de ebullición normal, requiriéndose los siguientes datos:

$$Q_a = K_g A_p P_s m / R^* T_a$$

Donde :

Q_a = Gasto de evaporación, ($\bar{K}g/s$)

K_g = Coeficiente de transferencia de masa, (m/s)

A_p = Area del derrame, (m^2)

P_s = Presión de vapor del compuesto a la temperatura T_a , (N/m^2)

m = Peso molecular

R^* = Constante de los gases, (8.31436 joules/mol $^{\circ}K$)

T_a = Temperatura ambiente, ($^{\circ}K$)

El coeficiente de transferencia se calcula con

$$K_g = 0.00482 N_{sc}^{-0.67} V^{0.78} d^{-0.11}$$

Donde :

V = Velocidad del viento, (m/s)

d = Profundidad del derrame, (m)

N_{sc} = Número de Schmidt = U/D_m

U = Viscosidad cinemática

D_m = Difusividad molecular

2) Para líquidos en el derrame con temperatura de ebullición superior a la temperatura ambiente :

$$Q_a = C_d V (g_s - g)$$

Donde :

g_s = Densidad de saturación del gas en condiciones ambiente, (kg/m³)

g = Densidad del gas en condiciones actuales a una altura de 10 metros sobre el derrame, (kg/m³)

C_d = Coeficiente de resistencia (tiene un valor de alrededor de 0.001)

V = velocidad del viento a 10m sobre el derrame, (m/s)

II) ALGORITMO DE EVAPORACION DE LIQUIDOS EN UN DERRAME - FLASHEO

Cuando se tiene un líquido con temperatura de ebullición inferior la ambiente, se produce una evaporación instantánea o "flasheo", el procedimiento que a continuación se describe permite estimar la cantidad evaporada de un líquido por éste fenómeno.

La ecuación de flasheo propuesta es (Ref. 11):

$$Q_f = \frac{Q_l C_p (T - T_b)}{L}$$

Donde :

Q_f = Gasto de evaporación por flasheo, (kg/s)

Q_l = Gasto total de líquido que se derrama, (kg/s)

C_p = Calor específico del líquido (promediado entre T y T_b), (joules/Kg °K)

T = Temperatura del líquido en el tanque, (°K)

T_b = Temperatura de ebullición normal del líquido, (°K)

L = Calor de vaporización del líquido, (joules/Kg)

Se debe tener que $T_b < T$ para que se produzca el flasheo.

Para un tanque, el gasto de líquido que está siendo descargado se estima con:

$$Q_l = C_o A R_l \left[\frac{2 (P - P_a)}{R_l} + 2 gH \right]^{1/2}$$

Donde :

Q_l = Gasto del líquido derramado, (Kg/s)

C_o = Coeficiente de descarga

R_l = Densidad del líquido, (Kg/m³)

A = Area de la apertura, (m²)

P = Presión del tanque, (N/m²)

P_a = Presión atmosférica, (N/m²)

g = Aceleración de la gravedad, (9.8 m/s²)

H = Altura de la columna de líquido por encima de la apertura, (m).

Si no se conoce C_o , un valor conservativo es 0.6.

III) ALGORITMO DE FUGAS DE GASES

El procedimiento que se describe a continuación permite estimar la cantidad de gas que fuga de un recipiente que se encuentra a una cierta presión.

Primero se define si la fuga tiene una velocidad superior o inferior a su velocidad sónica ó velocidad crítica.

Para condiciones de flujo crítico se tendrá que :

$$P/P_a = ((\bar{U} + 1) / 2)^{\bar{U}/(\bar{U}-1)}$$

Donde :

p = Presión absoluta del tanque, (N/m^2)

P_a = Presión atmosférica absoluta, (N/m^2)

\bar{U} = C_p/C_v = Relación de calores específicos del gas

C_p = Capacidad calorífica a presión constante

C_v = Capacidad calorífica a volumen constante

Para un gas ideal que fuga a través de un orificio bajo condiciones isotrópicas, el gasto de gas bajo condiciones críticas está dado por :

$$Q = C_o A P \left[\left(\frac{\bar{U} m}{R^* T} \right)^{1/2} \left(\frac{\bar{U} + 1}{\bar{U} - 1} \right)^{1/2} \right]$$

Donde :

Q = Gasto de emisión de gas, (kg/s)

C_o = Coeficiente de descarga del orificio, (adimensional)

A = Area de la apertura, (m^2)

m = Peso molecular del gas, (kg/mol)

R^* = Constante de los gases (8.31 joules /mol °K)

T = Temperatura absoluta del gas en el tanque, (°K)

Para condiciones de flujo sub-crítico, el gasto de emisión estará dado por :

$$Q = C_o A \{ 2 R_p P [\dot{U}/\ddot{U}-1] \left[\left(\frac{P_a}{P} \right)^{2/\ddot{U}} - \left(\frac{P_a}{P} \right)^{(\ddot{U}+1)/\ddot{U}} \right]^{1/2} \}$$

Donde :

Rp = Densidad del gas en el tanque, (Kg/m³)

MODELO DE NUBES EXPLOSIVAS

El modelo de evaluación de daños provocados por la explosión de una nube de gas o vapor inflamable involucra el cálculo para determinar un potencial explosivo aproximado de sustancias empleadas en la industria. Dentro de las sustancias que se contemplan en el modelo como factibles de formar nubes explosivas se tienen:

- A) Gases contenidos a una presión de 500 psi ó más.
- B) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de alta presión.
- C) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de baja temperatura.
- D) Líquidos combustibles o inflamables mantenidos a una temperatura superior a la de su punto de ebullición y que se encuentran en estado líquido por efecto de presión (se excluyen las sustancias cuya viscosidad sea mayor a 1 xE 6 centipoises o que posean puntos de fusión mayores a 100°C).

Existen una serie de suposiciones inherentes al modelo que le permiten efectuar las estimaciones y predicciones de daños provocados por la explosión de la nube, destacando las siguientes:

- La fuga de material (almacenado o en proceso) es instantánea, excluyéndose escapes paulatinos de gas a menos que se trate de fugas en tuberías de gran capacidad.

37

- El material fugado se vaporiza en forma instantánea formándose inmediatamente la nube; la vaporización y formación de la nube se efectúa de acuerdo con las propiedades termodinámicas del gas o líquido antes de producirse la fuga.
- Se asume una nube de forma cilíndrica cuya altura corresponde a su eje vertical. Se supone que la nube cilíndrica no es distorsionada por el viento ni por estructuras o edificios cercanos.
- La composición de la nube es uniforme y su concentración corresponde a la media aritmética de los límites superior e inferior de explosividad del material.
- El calor de combustión del material se transforma a un equivalente en peso de trinitrotolueno (TNT) (calor de combustión del TNT = 1830 Btu /lb).
- La temperatura del aire ambiente se considera constante e igual a 21.1°C (70°F).
- Se considera que una nube originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior del mismo.

Una vez que se produce la explosión, se generan una serie de ondas expansivas circulares, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetro mayores.

El objetivo del modelo es entonces determinar la magnitud de los diámetros asociados a la sobrepresión de las ondas y los daños producidos en instalaciones.

La metodología de funcionamiento del modelo involucra varios pasos que son:

- Cálculo del peso de material en el sistema
- Cálculo del peso de material en la nube
- Cálculo del diámetro de la nube formada
- Cálculo de la energía desprendida por la explosión
- Determinación del diámetro de las ondas expansivas
- Determinación de los daños ocasionados.

A) Cálculo del Peso de Material en el Sistema (W_g ó W_l)

Si el material en el proceso es un gas mantenido a 500 psi de presión o más, el peso de material se estima a partir de la ley de los gases ideales. Requiriéndose para ello de los siguientes datos:

- V_g = Volúmen del gas en el proceso (ft ³) a condiciones normales (0°C y 1 atm).
Se deberá tomar en cuenta su factor de compresibilidad.
- M = Peso molecular del gas (lb/lb-mol)
- R = Constante de los gases (atm. ft ³ /lb-mol °K)
- P = Presión (atm). .
- T = Temperatura (°K).

Si el material en el proceso se encuentra en estado líquido, el peso de material se calcula con su volumen y densidad, utilizándose los siguientes datos:

- W_l = Peso del líquido en el proceso (lb)
- R_o = Densidad del líquido en el proceso (g/ml) a temperatura del proceso (T_p)
- V_l = Volúmen del líquido en el proceso (gal)

B) Cálculo del Peso de Material en la Nube (W)

El peso de material en la nube se estima de acuerdo a las características del material en el proceso :

- a) Para un gas mantenido a 500 psi o más de presión, el peso de material en la nube se asume igual al peso de material en el proceso:

$$W = W_g$$

donde W está dado en libras.

- b) Para los gases licuados por efecto de presión o temperatura, al producirse la fuga se considera que todo el material pasa a la fase gaseosa:

$$W = W_l$$

39

- c) Para líquidos con un punto de ebullición inferior o igual a la temperatura ambiente (considerada de 21.1°C) se asume que se produce una vaporización total del 100% del material en el proceso, de donde:

$$W = W_1$$

- d) Si el líquido posee un punto de ebullición superior a 21.1°C, la cantidad vaporizada se calcula con:

$$W = W_1 \frac{\overline{C_p} (T_p - T_{eb})}{\dot{U}_{Hv}}$$

donde:

T_p = temperatura del líquido en el proceso (°C)

T_{eb} = temperatura de ebullición del líquido (°C)

$\overline{C_p}$ = media geométrica de los calores específicos del líquido (cal/g°C) a diferentes temperaturas entre T_{eb} y T_p .

\dot{U}_{Hv} = calor de vaporización del líquido (cal/g) a la temperatura de ebullición T_{eb} .

- C) Cálculo del Diámetro de la Nube Formada (D)

Como se mencionó anteriormente se asume que la nube es de forma cilíndrica, cuyo diámetro se calcula a partir de la altura de la nube, el peso molecular del material y un parámetro factor ("F") que corresponde a la fracción de la nube representada por gas o vapor, si la nube en su totalidad se encuentra a una concentración explosiva media, por lo anterior el factor "F" se calcula como el valor medio en del Límite Inferior de Explosividad (LIE) y el Límite Superior de Explosividad (LSE) expresado en fracción.

- D) Cálculo de la Energía desprendida por la Explosión (Ed)

Se asume que la energía desprendida por la explosión de la nube se expresa por su equivalente en toneladas de TNT.

La ecuación representativa es:

$$E_d = \frac{W \dot{U}_{Hc} E}{4.03 \times 10^6}$$

40

MODELO DE FUGA MASIVA E INSTANTANEA (PUFF)

El modelo está desarrollado en base a las ecuaciones de dispersión gaussiana de una nube ó "puff" tridimensional, formada por la masa de una substancia gaseosa que es liberada a la atmósfera en unos cuantos segundos, tal como sería la liberación de una nube de gas tóxico provocada por una explosión o ruptura de un almacenamiento.

Una característica básica del modelo es que se asume que la dispersión de la nube a lo largo de la dirección del viento (x), es igual a la dispersión en la dirección lateral (y). Por lo tanto, se considera que el viento interviene únicamente como un vector de movimiento del puff, condicionando su posición viento abajo del punto de emisión, no existiendo dilución debida al viento. Así mismo, el modelo involucra sólo concentraciones a nivel del piso i.e. : $z = 0$.

La ecuación de la dispersión gaussiana tridimensional que constituye este modelo calcula la concentración a nivel de piso en la posición (x,y) a partir del centro de la nube en g/m³; para ello se requiere alimentar una serie de datos al programa los cuales son:

- Q = Emisión total de gas (g).
- He = Altura de emisión de la nube (m).
- Sp = Sy = Sx = Coeficientes de Dispersión de la nube en las direcciones x e y (m).
- Sz = Coeficiente de Dispersión de la nube en dirección z (m).
- Pi = 3.1416
- t = Tiempo de desplazamiento o recorrido de la nube (s)
- U = Velocidad promedio del viento (m/s)
- x = Distancia a partir del centro de la nube en la dirección del Viento x (m).
- y = Distancia a partir del centro de la nube en la dirección Lateral y (m).
- z = Distancia a partir del centro de la nube en la dirección Vertical z (m).

Los coeficientes de dispersión Sy y Sz, los cuales definen el tamaño de la nube, son función de la distancia recorrida por el mismo (Ut) y de las condiciones de estabilidad atmosférica prevalecientes. En el modelo se asume que la estabilidad, así como el viento, permanecen constantes durante todo el recorrido del puff; los coeficientes Sy y Sz se determinan de acuerdo con el procedimiento de Pasquill. El tamaño inicial de la nube se estima considerando una distancia ficticia xf en la cual $S_{y0} = S_{z0} = \text{Radio del recipiente} / 2.15$.

Los resultados suministrados por el modelo son la distancia recorrida por el puff, el tiempo recorrido, y la concentración en el centro del mismo a nivel de piso, así como una gráfica de concentración-distancia en el centro del puff.

Igualmente se determinan las curvas de isoconcentración, correspondientes a la concentración de interés suministrada por el usuario, en varios puntos del recorrido del puff.

Debido a las suposiciones efectuadas, en particular que $S_x = S_y$ se tiene que la curva de isoconcentración estará representada por un círculo. Cabe recalcar que en cualquier punto situado dentro del círculo se tendrá que la concentración en el punto es superior a la concentración máxima de exposición (C_{mpe}) suministrada por el usuario.

Al igual que en el modelo de fugas y derrames, es necesario mencionar que las características de la ecuación gaussiana empleada en el modelo puff condicionan su aplicación considerando las suposiciones y restricciones señalados en el modelo puntual continuo, además de las siguientes:

- El gas es emitido masiva e instantáneamente
- La dispersión horizontal es igual a la lateral ($S_x = S_y$)
- El viento no provoca una dilución de la nube en la dirección x.

MODELO DE EVALUACION DE NUBES FLAMABLES

Este modelo es un modelo de cribado para estimar la formación de nubes de gases flamables provenientes de una emisión continua, el cual es dispersado predominantemente por difusión turbulenta lo que asume que la densidad del gas es cercana a la del aire y la fuente se considera elevada.

La ecuación representativa de tal situación requiere de una serie de datos los cuales son:

X, Y, Z = Coordenadas viento abajo, lateral y vertical, (m)

C_y, C_z = Parámetros de difusión, ($m^{n/2}$)

4/2

H = Altura del punto de emisión, (m)
 Q = Gasto volumétrico de emisión, (m³ /s)
 U = Velocidad del viento, (m/s)
 n = Índice de difusión.

El origen de las coordenadas en este modelo, se sitúa en el punto de salida del gas. La concentración máxima a nivel de piso se encuentra a una distancia X_{mnp}, la cual esta dada por la siguiente ecuación:

$$X_{mnp} = \left(\frac{H^2}{Cz} \right)^{1/(2-n)} \quad (4)$$

Los valores del índice n y de los coeficientes de difusión generalizados C_y, C_z, para los primeros 10 metros sobre el nivel del piso son los siguientes:

Condiciones de estabilidad	n	C _y n/2 m	C _z n/2 m
Gradiente vertical de la temperatura	1/5	0.37	0.21
Condiciones neutras	1/4	0.21	0.12
Inversión moderada	1/3	0.13	0.08
Inversión fuerte	1/2	0.11	0.06

Para la aplicación del modelo es necesario determinar las concentraciones de gas que representan ya un riesgo, para ello se consideran los límites superior e inferior de flamabilidad:

C_s = Concentración del límite superior de flamabilidad, (fracción mol)
 C_I = Concentración del límite inferior de flamabilidad, (fracción mol)

7/2

Asumiendo el siguiente escenario:

Se tiene entonces que el procedimiento de cálculo consiste en encontrar las distancias X_i y X_s en los cuales se tienen las concentraciones de los límites inferior y superior de flamabilidad.

Este rango de X_s a X_i , representa la zona de riesgo por flamabilidad de una sustancia para unas condiciones de emisión y de estabilidad atmosférica dadas.

A R C H I E

Automated Resource for Chemical Hazard

Surgió como una necesidad del Gobierno Federal de los Estados Unidos, para analizar y evaluar los impactos potenciales sobre la población y el medio ambiente, originados por el manejo de materiales peligrosos. Las agencias que participaron en su creación fueron: the Federal Emergency Management Agency (FEMA), The Department of Transportation (DOT) y la Environmental Protection Agency (EPA).

Objetivo

El principal objetivo del ARCHIE es proporcionar varios métodos de estimación para evaluar los impactos originados por la dispersión de un vapor, fuego ó explosión, producidos por la descarga de materiales peligrosos al medio ambiente.

Características Generales

La estructura del ARCHIE comprende un grupo de procedimientos de evaluación de riesgos y modelos que pueden utilizarse secuencialmente para evaluar la consecuencias originadas por las descargas potenciales de materiales riesgosos al medio ambiente y por medio de ésto apoyar en el desarrollo de planes de emergencia y definir zonas potenciales de alto riesgo con el objeto de delimitarlas de los asentamientos humanos. Considerando lo anterior podemos establecer las aplicaciones generales de este programa: 1) Apoya la creación de regulaciones para el manejo de materiales

44

peligrosos, considerando su naturaleza y grado de peligrosidad; 2) Determina la secuencia de eventos que pueden tomar lugar al presentarse una contingencia; ,3) Ayuda a determinar las acciones que deben desarrollarse para mitigar los impactos adversos sobre la población, el medio ambiente y sobre las mismas instalaciones de la planta, al presentarse una emergencia.

Contenido General

Los modelos o procedimientos de cálculo incorporados dentro del ARCHIE son los siguientes:

- Nueve métodos para estimar la velocidad y duración de descarga de un gas ó líquido que se fuga o derrama de un tanque ó tubería.
- Siete métodos que permiten al usuario estimar el área de derrame de una sustancia líquida.
- Dos métodos para estimar la velocidad de evaporación y tiempo de duración de este fenómeno hasta el momento en que el derrame es agotado.
- Un método para estimar la zona de riesgo que requiere ser evacuada o necesita otro tipo de protección a la población, originada por la fuga de un gas o vapor tóxico a la atmósfera.
- Un método para evaluar la radiación térmica resultante del incendio originado por el derrame de una sustancia flamable ó combustible.
- Dos métodos para estimar el área que estaría sujeta a los efectos originados por la explosión de gases o vapores en el aire, los cuales se encuentran en concentraciones apropiadas para presentar dicho evento.
- Un método para evaluar las consecuencias de una explosión originada por la sobrepresurización de un recipiente , originada por un calentamiento externo o reacción interna, aunado con el inadecuado venteo del tanque o falla del dispositivo de liberación de presión.
- Un método para evaluar las consecuencias de una explosión originada de la ignición de un material altamente explosivo en estado sólido ó líquido.

El menú general del ARCHIE, contiene los siguientes módulos de evaluación, dentro de los cuales se encuentran los modelos anteriormente citados, una descripción general de los mismos se presenta a continuación:

Estimar tasa de descarga de líquido/gas

Grupo de procedimientos para estimar la tasa y duración de la descarga bajo varias condiciones. Tres modelos orientados a contenedores no presurizados que contengan líquidos; tanques presurizados que contengan gases o líquidos y hacia tuberías extensas con gases y líquidos.

Estimar área de derrame

Varios procedimientos para estimar la tasa de evaporación o quema de la piscina formada por la quema de un líquido. Bajo ciertas condiciones, el área de la piscina puede calcularse a partir de la tasa de salida resultante del modelo de fuga.

Estimar tasa de vaporización del derrame

Un modelo diseñado para estimar la tasa a la cual un líquido derramado se evapora de la piscina formada. El modelo requiere el área de la piscina de evaporación determinada por el modelo descrito anteriormente (Estimar área del derrame).

Evaluar dispersión de vapores tóxicos

Modelo para análisis de peligros debidos a la dispersión de gases o vapores tóxicos debido a su fuga hacia la atmósfera. El Modelo da la distancia vientos abajo en que la concentración tóxica excederá un nivel determinado por el usuario. Comprende una tabla de concentraciones y distancias de evacuación inicial sugeridas y ancho de la zona de concentración como función de la distancia vientos abajo. El modelo utiliza las tasas y duración de salida del modelo de descarga o de evaporación, dependiendo de si dicha descarga es un líquido o un gas.

Evaluar radiación del Incendio

Un modelo para estimar el radio de la zona en la cual pueden esperarse muertes y quemaduras de segundo grado, si la piscina de líquido inflamable o combustible se prendiera. El modelo utiliza el área de la piscina calculado con el modelo descrito anteriormente (Estimar área del derrame).

Evaluar radiación y riesgo de BLEVE

Modelo para evaluar zonas de riesgo para muertes y lesiones y otras características de la Bola de Fuego resultante de la exposición de un tanque cerrado, con líquidos inflamables o gas comprimido envuelto en llamas. El modelo mira el riesgo de la radiación térmica de la Explosión de Vapores en Expansión de Líquidos en Ebullición, conocido también como BLEVE. El modelo contiene un opción que analiza los efectos de estallido y la onda de choque de esos eventos. Ningún modelo considera los riesgos debidos a los fragmentos del tanque que son lanzados al aire a altas velocidades.

Evaluar riesgo de antorcha

Gases inflamables que ventean desde un tanque bajo presión forman mecheros si se prenden. El modelo calcula el largo de la llama del mechero y las distancias de separación segura.

Evaluar riesgo de la nube de vapor

La ignición de una nube o pluma de un gas o vapor inflamable en el aire, resulta en una llamarada o en una explosión. El modelo estima distancias vientos abajo, el ancho de la zona de riesgo, y el peso de la nube de vapor o gas inflamable o explosivo en el aire cuando la nube se forma. Para ello usa resultados del modelo de tasa de descarga cuando los gases salen a la atmósfera. Para evaporación de líquidos regados utiliza los resultados del modelo de evaporación de piscinas.

Evaluar explosión de la nube de vapor

La ignición de una nube de gas o vapor inflamable en el aire puede generar una explosión de nube de vapor no contenida. Este modelo usa el peso del gas/vapor por inflamable o explosivo determinado por el modelo descrito anteriormente (evaluar riesgo de la nube de vapor).

Evaluar ruptura del tanque por sobrepresión

Cualquier contenedor cerrado que es sobrepresurizado debido a reacciones internas o por sobrecalentamiento, puede romperse violentamente tal como lo hace un Globo cuando se le inyecta mucho aire. Este modelo evalúa los efectos de la explosión en esos eventos, pero no considera el impacto resultante de los fragmentos del contenedor proyectados por el aire.

Evaluar explosión de sólido o líquido

Este modelo de explosión esta diseñado para evaluar los efectos del estallido de verdaderos materiales altamente explosivos, como TNT, la Dinamita, la Nitroglicerina y otros similares.

C H A R M

Complex Hazardous Air Release Model

Adicionalmente a los modelos anteriormente descritos, existen otros más complejos; uno de ellos es el CHARM de la Corporación RADIANT. (Complex Hazardous Air Release Model), que calcula y predice el movimiento y concentración de plumas a partir de la liberación de sustancias químicas en una serie de emisiones para mayor precisión en los resultados. Adicionalmente a la dispersión de los gases, el CHARM tambien provee de información sobre la radiación térmica resultante de chorros y derrames encendidos, sobrepresiones de explosiones de BLEVES y de la ignición de las plumas.

A diferencia del SIRIA, EL CHARM no está limitado a productos químicos neutros con valores de liberación continuos sino que toma en consideración las propiedades químicas de cada sustancia modelada incluyendo su densidad de vapor, tal que la liberación puede ser más o menos densa que el aire.

A continuación se presentan algunos de los datos necesarios para una corrida del CHARM para diversos escenarios de modelación. Como se vé, CHARM puede calcular velocidades de liberación para distintos escenarios; también puede considerar alturas de liberación, presiones de almacenamiento, tamaño de derrames, diferentes superficies de derrame, etc.

Para la descripción del riesgo por incendio, la aproximación usual es el modelado de la radiación de calor para determinar que tipo de daño puede resultar a las instalaciones. Para explosión, se modela la zona de impacto para diferentes niveles de sobrepresión. El modelo empleado para esto, diseñado por Radian Corporation 8CHARM9 posee ecuaciones desarrolladas por Imperial Chemical Industries (ICI) e Industrial Risk Insurers (IRI). A continuación se describe el algoritmo empleado por la compañía Radian en el Modelo de Liberación al Aire de Complejos Peligrosos (CHARM de su acrónimo en Inglés).

CHARM es un programa de modelación que calcula y predice la dispersión y concentración de plumas emitidas al aire liberadas de productos químicos. También predice las hellas de radiación térmica y sobrepresiones, resultando muy útil en la evaluación del impacto de liberaciones accidentales, en el diseño de planes de respuesta a emergencias e implementando programas de entrenamiento. El programa CHARM provee una base de datos químicos que contiene información acerca de las propiedades físicas, químicas y tóxicas de más de 100 compuestos. CHARM necesita nada más que se seleccione el compuesto químico, se describa la liberación y se especifiquen las condiciones meteorológicas del lugar donde es la fuga. La liberación puede ser instantánea o continua, contenida o incontenida, líquida o gaseosa. La liberación puede ser una alberca incendiada una explosión de vapor expandido proveniente de un líquido en ebullición o un chorro continuo de fuego. También pueden predecirse las sobre presiones para una nube de vapor inflamable o una falla mecánica de un recipiente a presión.

La información meteorológica puede obtenerse mediante instrumentos colocados en el lugar o bien mediante información recopilada.

CHARM es un modelo de emisión que condera a cualquier emisión como una serie de puffs cada uno de los cuales puede ser descrito independientemente. El modelo trata de variaciones temporales en la velocidad de emisión mediante la aproximación de emisiones continuas con una serie de puffs pequeños y discretos. Cada puffs es considerado como una nube simétrica de contaminantes, que se dispersa debido a los vientos predominantes dadas las condiciones atmosféricas de mezclado. El modelo usa una distribución Gausiana para describir la concentración dentro del puff.

Algoritmo de la fuente

La información introducida es tomad por el programa dividiendo la liberación en un número de puffs para describirlos posteriormente. El módulo fuente dtermina las condiciones iniciales de cada puff. Los cálculos necesarios dependerán de las propiedades termodinámicas de las especies liberadas, el mecanismo de la liberación y las condiciones meteorológicas.

El módulo fuente calcula lo siguiente:

- Posición X, Y, Z del puff
- Masa química (fases líquida y vapor)
- Temperatura del puff
- Dirección y velocidad de movimiento del puff
- Dimensiones del puff
- Masa de vapor de agua, y
- Energía latente

Los cálculos empleados por el módulo "fuente" se determinan por el tipo de liberación.

- Liberación continua de líquidos retenidos
 - Liberación continua de gases o líquidos no retenidos
 - Liberación violenta de gas o de líquidos
 - Liberación específica
 - Incendio en un área abierta, y
 - Explosiones
- 20

Liberación continua de líquidos retenidos

Es aquella en la que la velocidad del líquido que entra en contacto con el aire se determina por la velocidad de evaporación de un área abierta. El módulo empleado es semejante al de fuga violenta de líquidos.

Liberación continua de líquidos o gases no contenidos

Puesto que los tanques a menudo contienen tanto fase gaseosa como líquida, un módulo de CHARM maneja una liberación continua no retenida de líquido o de gas. En el se consideran tanto la fase gaseosa como la líquida. Este tipo de fuga asume un tanque horizontal o vertical con un agujero a través del cual se emite la masa total. El módulo calcula el número total de puffs requeridos así como las características de cada uno. Los datos que deben introducirse son:

- Altura de la fuga sobre el piso
- Especificación si se trata de fuga de gas o también de líquido
- Presión de almacenamiento
- Temperatura de almacenamiento
- Geometría del contenedor (vertical u horizontal)
- Dimensiones del contenedor
- Profundidad de líquido en el contenedor y,
- Diámetro del agujero, orientación y altura desde la base

CHARM indica el tipo de liberación con base en cada uno de los tres grupos de condiciones siguientes:

- El líquido sale del agujero, se forma un charco y se evapora
- Todo el vapor contenido en un recipiente presurizado escapa hasta que la presión interna del recipiente alcanza la atmosférica.

Si la emisión está arriba del nivel del piso de tal forma que ninguna parte del puff se asume como esférica. El volumen del puff se determina por la cantidad de masa emitida, la

temperatura del puff y la presión ambiental. Si el puff esta en contacto con el suelo, se asume bajo la forma de un toroide con igual diámetro que altura.

La velocidad de salida de la porción gaseosa de la liberación se divide en tres componentes a lo largo de los ejes X, Y, Z, dependiendo de la orientación del agujero. La velocidad máxima permitida es la de la velocidad del sonido. Un cálculo de enfriamiento adiabático determina la fracción del material presente emitido en forma de gotas. No se asume mezcla de agua o aire con el material del puff.

Se asume que la velocidad de escape de la liberación de un derrame de líquido en el aire y el líquido evaporado del interior del recipiente es cero.

Los criterios anteriormente mencionados son los que basicamente utiliza este modelo, la precisión de los resultados obtenidos dependerá de los criterios optados por el usuario y de la veracidad de los datos alimentados al mismo.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

**METODOLOGIAS DE IDENTIFICACION
Y EVALUACION DE RIESGOS**

**ING. ARMANDO MINOR CORDOVA
ING. FERNANDO RIVEROS CRUZ
PALACIO DE MINERIA
1995**

CURSO TEORICO-PRACTICO DE:

*** METODOLOGIAS DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE RIESGOS ***

ELABORADO POR:

ING. ARMANDO MINOR CORDOVA.

ING. FERNANDO RIVEROS CRUZ.

* C O N T E N I D O *

I. OBJETIVOS.

II. INTRODUCCION.

III. METODOLOGIAS DE IDENTIFICACION DE RIESGOS.

1. ANALISIS DE SEGURIDAD
2. LISTA DE VERIFICACION
3. CLASIFICACION DE JERARQUIZACION
4. ANALISIS PRELIMINAR DE RIESGO
5. QUE PASA SI...
6. QUE PASA SI.../LISTA DE VERIFICACION
7. ANALISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD (HAZOP)
8. ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS
9. ANALISIS DE ARBOL DE FALLAS
10. ANALISIS DE ARBOL DE EVENTOS
11. ANALISIS DE CAUSA-CONCECUENCIA
12. ANALISIS DE FIABILIDAD HUMANA

IV. METODOLOGIAS DE EVALUACION DE RIESGOS

IV.1 GENERALIDADES

IV.2 INDICES DOW Y MOND

IV.3 MODELOS DE SIMULACION DE RIESGO AMBIENTAL

IV.3.1 DEFINICION

IV.3.2 TIPOS DE MODELOS DE SIMULACION

- A) CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL MODELO
- B) MODELOS DE DISPERSION DE CONTAMINANTES (FUGAS-DERRAMES, PUFF).
 - 1. DESCRIPCION
 - 2. CONCEPTOS GENERALES Y CONSIDERACIONES
 - 3. DATOS REQUERIDOS
 - 4. RESULTADOS
- C) MODELO DE NUBES EXPLOSIVAS
 - 1. OBJETIVO
 - 2. CONCEPTOS GENERALES Y CONSIDERACIONES
 - 3. DATOS REQUERIDOS
 - 4. RESULTADOS
- D) MODELO DE NUBES FLAMABLES
 - 1. DESCRIPCION
 - 2. INFORMACION REQUERIDA
 - 3. RESULTADOS

IV.4 FUENTES DE INFORMACION PARA LOS DATOS REQUERIDOS POR LOS MODELOS DE SIMULACION

IV.5 INTERPRETACION DE RESULTADOS

- A) EFECTO DOMINO
- B) DETERMINACION DE LA ZONA INTERMEDIA DE SALVAGUARDIA.
 - ZONA DE ALTO RIESGO.
 - ZONA DE AMORTIGUAMIENTO.

V. TALLER DE RIESGO AMBIENTAL

VI. BIBLIOGRAFIA.

APENDICES

I. O B J E T I V O S

- * QUE LOS ASISTENTES A ESTE CURSO CONOZCAN COMO SE LLEVA A CABO LA IDENTIFICACION Y EVALUACION DE RIESGOS.

- * FAMILIARIZARSE CON ALGUNAS DE LAS METODOLOGIAS PARA IDENTIFICAR Y/O EVALUAR EL RIESGO.

- * RESOLVER DUDAS Y DEJAR UNA IDEA CLARA ACERCA DE LAS METODOLOGIAS Y EJEMPLOS MANEJADOS.

- * CONJUNTAR GRUPOS DE TRABAJO PARA UNA PARTICIPACION ACTIVA.

II. INTRODUCCION.

Una evaluación de riesgos es un acercamiento organizado y sistemático (incluyendo documentación) para identificar riesgos, además estas evaluaciones pueden ser desarrolladas para minimizar la frecuencia de incidentes o disminuir las consecuencias que pudiera acarrear un incidente. La evaluación de los riesgos es una de las mas poderosas herramientas disponibles para aplicar un efectivo programa de control de perdidas.

¿ Cuando Realizar Una Revision ?

Se pueden considerar una serie de evaluaciones de riesgo a través del ciclo de vida de un proyecto.

Concepción de un proyecto: Esta es la primera etapa para la realización de un proyecto, y en la cual en la mayoría de las veces una simple exploración nos puede dar un panorama de los posibles riesgos del proceso y en general el camino a seguir para manejar estos riesgos de la forma mas adecuada (ver tabla #1), o para poder considerar medidas de seguridad ya establecidas de acuerdo a las características de riesgo encontradas.

Investigación y Desarrollo: Se puede considerar que los proyectos en esta fase, tienen tres etapas a revisar y que resultan determinantes para la evaluación de riesgos: experimentos iniciales, utilización de volúmenes de proceso y desarrollo en plantas piloto. Dentro de los objetivos principales para esta fase en cuanto a la evaluación e identificación de los riesgos son los de identificar interacciones químicas que puedan causar reacciones inesperadas, incendios, explosiones o liberación de gases tóxicos, así como el de la identificación de los datos requeridos para seguridad del proceso.

Diseño: Esta etapa es quizá la mas adecuada para realizar una evaluación de riesgos ya que se pueden considerar ciertos beneficios prácticos al llevar acabo el análisis de riesgo, en el sentido de que resulta relativamente mas sencillo cambiar ciertos dispositivos que pudieran reducir el riesgo de las instalaciones o contorno de estos en un plano que en lugar de que estos estuvieran ya instalados.

Operación: Se deberá de evaluar en todas las operaciones de la planta. Adicionalmente se deberá de llevar acabo periódicamente a procesos base (dependiendo del grado de peligrosidad asociado en el proceso). La experiencia y conocimientos ganados con el tiempo, ayudan a resolver los peligros para tenerlos previamente detectados.

En la siguiente tabla se muestran las frecuencias recomendadas de evaluación de riesgos para varios procesos.

GRADO DE RIESGO	EJEMPLOS	FRECUENCIA DE REVISIÓN RECOMENDADA
ALTA	Produccion o almacenamiento de materiales explosivos. Operaciones donde los problemas pudieran ocasionar rupturas en equipo. Manejo de materiales tóxicos con la posibilidad de llegar a la concentración IDLH fuera del lugar.	< 2 años.
MODERADA	Produccion o manejo de materiales tóxicos o flamables en cantidades suficientes con las que un incidente pueda significar un impacto en el lugar y en menor forma en el exterior.	< 3 años.
BAJA	Producción o manejo de combustible o materiales bajamente tóxicos. Operaciones con bajo potencial de fuego, explosión o problemas químicos.	< 4 años.

Cambios en el proceso: Conduce a una revisión de todos los cambios realizados al proceso, y en el cual se pudiera incrementar la probabilidad o seguridad de un incidente. Los cambios en los procesos incluyen cualquier cambio en las condiciones del proceso (temperatura, presión, incremento de flujo, concentraciones), capacidades, instrucciones de operación, equipo (incluyendo recipientes, tuberías y válvulas), instrumentación, control de horarios, resistencia de materiales, catálisis, utilidades, mantenimiento, etc.

Preparándose para una revisión:

Grupo de Trabajo: el primer paso para llevar a cabo una revisión de riesgos, es el de conjuntar un equipo de trabajo, preferentemente incluyendo un coordinador o jefe del grupo. Usualmente el coordinador es seleccionado por el grupo. Normalmente un grupo para realizar este tipo de trabajo es de 5 a 7 gentes, aunque esto no excluye que se pudiera tratar de un proceso o planta pequeña, por lo que se requerirían menos gentes o de caso contrario de un proceso muy grande o complicado que requiriera de mas gente.

Un grupo de trabajo típico de evaluación de riesgos podrá incluir:

- Gente del area de seguridad.
- Técnicos en Investigación y desarrollo.
- De produccion.
- De Mantenimiento.
- Ingenieros de proyecto y de proceso.
- Especialistas de la planta.

Se requiere también de cierto material básico utilizado por el equipo que realizara la revisión, el cual se indica a continuación:

- Diagramas de tubería e instrumentación.
- Hojas de datos de seguridad (MSDS).
- Propiedades físicas y químicas.
- Información de cinéticas de reacción (exotermicas, tiempo de incremento máximo, temperatura adiabatica)
- Planos Lay-outs.
- Especificaciones de diseño.
- Procedimientos de operación.
- Procedimientos de emergencia.
- Reportes de incidentes.
- Estandares de Prevención de Pérdidas.

A continuación se dará una revisión de los métodos de evaluación y análisis de riesgos, incluyendo los criterios para la aplicación de cada uno de ellos.

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DE TECNICAS DE EVALUACION
DE RIESGOS**

- * MOTIVOS PARA LA REALIZACION DEL ESTUDIO.
- * TIPO DE RESULTADOS REQUERIDOS.
- * TIPO DE INFORMACION DISPONIBLE PARA LA REALIZACION DEL ESTUDIO.
- * CARACTERISTICAS DEL PROBLEMA DE ANALISIS.
- * RIESGOS DETECTADOS ASOCIADOS CON EL PROCESO O ACTIVIDAD.
- * RECURSOS DISPONIBLES.

TIPO DE RESULTADOS REQUERIDOS

* LISTA DE RIESGOS.

* LISTA DE SITUACIONES POTENCIALES DE ACCIDENTES.

* LISTA DE ALTERNATIVAS PARA REDUCIR O AREAS QUE REQUIEREN UN ANALISIS CON MAYOR DETALLE.

* PRIORIZACION DE RESULTADOS.

* COSTOS GENERADOS POR UN ANALISIS CUALITATIVO DE RIESGO.

ASPECTOS QUE DEBERAN CONSIDERARSE PARA LA SELECCION DE UNA TECNICA
ADECUADA DE EVALUACION DE RIESGO

- * OBJETIVO PRINCIPAL DEL ESTUDIO
- * TIPO DE RESULTADOS REQUERIDOS
- * RECURSOS INICIALES CON QUE SE CUENTA
- * FECHAS LIMITE PARA LA REALIZACION DEL TRABAJO.

CUALESQUIERA QUE SEAN LOS METODOS DE ANALISIS A EMPLEAR, ESTOS DEBERIAN CUMPLIR DE FORMA OPTIMA LOS REQUERIMIENTOS DE LA TAREA ESPECIFICA. LOS DIFERENTES METODOS DE ANALISIS DE PELIGRO TIENEN VENTAJAS E INCONVENIENTES QUE DEPENDEN DE COMO Y DONDE SE USEN.

SE PUEDEN DIFERENCIAR DOS TIPOS BASICOS DE ANALISIS DE PELIGRO :

- * INDUCTIVO Y
- * DEDUCTIVO

EN EL PRIMER TIPO -EL INDUCTIVO- ENCONTRAMOS METODOS BIEN CONOCIDOS, COMO LOS QUE SE INDICAN A CONTINUACION:

- ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGROS (FHA - PRELIMINARY HAZARD ANALYSIS)
- ANALISIS GLOBAL DE PELIGROS (GHA - GROSS HAZARD ANALYSIS)
- ANALISIS DE MODO DE FALLA Y DE CONSECUENCIAS (FMEA - FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)
- ESTUDIOS DE PELIGRO Y OPERABILIDAD (HAZOP - HAZARD AND OPERABILITY STUDIES)
- ANALISIS DE CONSECUENCIA DE MODOS DE FALLA Y DE CRITICIDAD (FMECA - FAILURE MODE EFFECT AND CRITICALITY ANALYSIS)
- ANALISIS DEL PELIGRO DE ERRORES (FHA - FAULT HAZARD ANALYSIS)

EL SEGUNDO TIPO -EL DEDUCTIVO- POSTULA QUE EL SISTEMA O PRODUCTO BAJO INVESTIGACION HA FALLADO REAL MENTE. ESTA TECNICA DEDUCTIVA ESTA REPRESENTADA PRINCIPALMENTE POR EL ANALISIS DEL ARBOL DE FALLAS (FTA - FAULT TREE ANALYSIS), EL CUAL SE UTILIZA TÍPICAMENTE EN INVESTIGACIONES DE ACCIDENTES PARA SISTEMAS SOFISTICADOS, O PRODUCTOS CON MODOS DE FALLO CONOCIDO.

SI SE COMPARARAN LOS METODOS INDUCTIVO Y DEDUCTIVO, SE PODRIA CONCLUIR QUE LOS INDUCTIVOS SON APROPIADOS PARA DETERMINAR LOS FALLAS POSIBLES EN EL SISTEMA. SIN EMBARGO, LOS METODOS DEDUCTIVOS SE USAN PARA DETERMINAR COMO SE PODRIA PRODUCIR UN MODO DE FALLA SUPUESTO. CON EL OBJETIVO DE TENER UNA INGENIERIA DE RIESGOS EFECTIVA, ES IMPORTANTE INVESTIGAR LO QUE PUEDE SUCEDER. NATURALMENTE ESTO CONFIERE UNA MAYOR IMPORTANCIA A LOS METODOS INDUCTIVOS.

III. METODOLOGIAS.

3.1. METODOLOGIAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

Las metodologías para la identificación de riesgos son básicamente procedimientos estructurados para reconocer los puntos de riesgo dentro un proceso o planta de proceso, en los siguientes puntos se describirán los procedimientos más utilizados y sus principales características, campos de aplicación y limitaciones.

TECNICAS DE EVALUACION DE RIESGOS:

f

ANALISIS DE SEGURIDAD

LISTA DE VERIFICACION

JERARQUIZACION RELATIVA

ANALISIS PRELIMINAR DE RIESGOS

ANALISIS QUE PASA SI..

ANALISIS DE QUE PASA SI.. / LISTA DE VERIFICACION

ANALISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS

ANALISIS DE ARBOL DE FALLAS

ANALISIS DE ARBOL DE EVENTOS

ANALISIS DE CAUSA CONSECUENCIA

ANALISIS DE CONFIABILIDAD HUMANA

--

1.0 EVALUACION DE SEGURIDAD

1.1 Descripción

Sin duda, la técnica de evaluación de seguridad fue el primer método para evaluar el riesgo. Esta técnica puede usarse en cualquier etapa de la vida de un proceso. Cuando el análisis se hace en operaciones existentes involucra un paso de inspección que puede variar desde un examen informal y rutinario hasta un examen formal, realizado por un equipo, que puede demorar varias semanas. Para procesos que todavía se están diseñando, un equipo de proyecto de diseño puede, por ejemplo, evaluar una copia de los dibujos durante una reunión.

La evaluación de seguridad tienen por objetivo identificar las condiciones de la planta o procedimientos de operación que podrían producir un accidente o resultar en daños a personas o propiedad, o al ambiente. Una evaluación de seguridad típica incluye entrevistas con muchas personas en la empresa: operadores, personal de mantenimiento, ingenieros, administradores, personal de seguridad, y otros dependiendo de la organización de la planta. La evaluación de seguridad debe considerarse como un esfuerzo común para mejorar la seguridad en general y el funcionamiento de la planta, en vez de una interferencia con las funciones normales o como una reacción punitiva a un problema percibido. La cooperación es esencial; si no se hace un gran esfuerzo para presentar la evaluación como un beneficio al personal afectado de la planta y a diseñadores es muy probable que los trabajadores se pongan a la defensiva. Con el apoyo y colaboración de todos estos grupos, la examinación será completa.

Generalmente, la Evaluación de Seguridad se enfoca en situaciones de mayor riesgo. Juzgar el nivel de mantenimiento y la moral del personal en general no son objetivos normales de una Evaluación de Seguridad, aunque pueden ser indicadores significantes de lugares donde se necesita mejorar. La Evaluación de Seguridad debe complementar otras actividades de seguridad del proceso, como inspecciones visuales rutinarias y otras técnicas de la evaluación de riesgo como son el Análisis de Listas de Verificación y el Análisis de ¿Que si?

Al finalizar la Evaluación de Seguridad, el anajista recomienda acciones específicas que se necesitan hacer, justifica recomendaciones, recomienda responsabilidades, e indica fechas límites. Una evaluación adicional o una reinspección se puede planear para verificar que las correcciones se hayan llevado a cabo debidamente.

1.2 Objetivo

Evaluaciones de Seguridad se pueden hacer para asegurar que la planta y sus prácticas de operación y de mantenimiento son consistentes con la intención de diseño y normas de construcción. El procedimiento de la Evaluación de Seguridad:

- Mantiene alerta al personal con respecto a los riesgos de proceso
- Evalúa los procedimientos operativos para revisiones necesarios
- Identifica cambios en equipo o procesos que podrían haber introducido nuevos riesgos
- Evalúa el diseño básico de control y de seguridad
- Evalúa la aplicación de nueva tecnología para riesgo existente,
- Evalúa la suficiencia de inspecciones de mantenimiento y seguridad.

La técnica de Evaluación de Seguridad se utiliza a menudo para realizar una revisión de seguridad de un proceso antes de comenzar su operación.

1.3 Tipos de Resultados

Los resultados de una Evaluación de Seguridad son las descripciones cualitativas de problemas de seguridad potenciales y recomendaciones correctivas. El informe del equipo de inspección incluye desviaciones de las intenciones del diseño tanto de procedimientos autorizados como listas de temas de seguridad recién descubiertos. La responsabilidad para implementar acciones correctivas recae sobre la administración de la planta.

1.4 Requerimientos de Recursos

Los miembros del equipo necesitan acceso a claves y códigos aplicables para una evaluación completa; descripciones detalladas de la planta incluyendo distribución de las cañerías e instrumentos y diagramas de flujo; procedimientos de la planta para comenzar y terminar operaciones normales; archivos de mantenimiento, como chequeos de instrumentos críticos, pruebas de las válvulas de auxilio a presión e inspecciones de vasos de presión; y características de materiales de proceso, por ejemplo, información sobre su toxicidad y reactividad.

El personal asignado a las inspecciones de Evaluación de Seguridad debe estar muy familiarizado con las normas de seguridad y procedimientos. Habilidades técnicas especiales y experiencia ayudan a la evaluación de instrumentos, sistemas eléctricos, envases de presión, materiales de proceso y química, y otros tópicos de énfasis especial. La tabla 6-1 estima el tiempo que necesita cada miembro del equipo para hacer una Evaluación de Seguridad.

Tabla 6-1. Estimaciones de Tiempo para Usar la Técnica de Evaluación de Seguridad

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Simple/Sistema Pequeño	2 a 5 HORAS	6 a 12 HORAS	4 a 8 HORAS
Complejo/Proceso Grande	1 a 3 DIAS	3 a 5 DIAS	3 a 6 DIAS

2.0 ANÁLISIS DE LISTA DE VERIFICACION

2.1 Descripción

Un Análisis de Lista de Verificación (ALV) usa una lista escrita de rubros o pasos de procedimiento para verificar el estado del sistema. Listas de verificación tradicionales varían ampliamente en nivel de detalle y se usan muy a menudo para indicar conformidad con normas y prácticas. El método de ALV es fácil de usar y se puede aplicar en cualquier etapa de la vida de un proceso. Listas de verificación se pueden usar para familiarizar al personal sin experiencia con un proceso mediante la comparación de los atributos de un proceso a varios requerimientos de una lista de verificación. Listas de verificación también proveen una base común para la revisión administrativa de la evaluación de un proceso u operación.

Una lista de verificación detallada provee la base para una evaluación estándar de los riesgos de proceso. La misma puede ser tan extensiva como sea necesario para satisfacer la situación específica, pero debe aplicarse concienzudamente para identificar problemas que requieren mayor atención. Las listas de verificación de riesgos genéricos frecuentemente se combinan con otras técnicas de evaluación de riesgos para evaluar las situaciones de peligro. Listas de verificación están limitadas por las experiencias de los autores; así es que las listas de verificación deben ser formuladas por autores con experiencia variada y peritos en los sistemas que están analizando. Muy a menudo, las verificaciones se hacen mediante la simple organización de información de claves pertinentes y corrientes, normas y regulaciones. Listas de verificación deben ser consideradas como documentos vivos y deben ser revisadas y actualizadas con regularidad.

Muchas organizaciones usan listas de verificación estándar para controlar el desarrollo de un proyecto desde el diseño inicial hasta el cierre de la planta. La lista de verificación completa debe ser aprobada a menudo por varios miembros del personal y cuerpo administrativo antes de que un proyecto pueda moverse de una a otra etapa. De esta manera, sirve como un método de comunicación y una forma de control. Normalmente se hacen copias de las listas de verificación, aunque en algunos casos existen versiones computarizadas.

2.2 Objetivo

Listas de verificación tradicionales se usan primordialmente para asegurar que las organizaciones están de acuerdo con las prácticas estándar. En algunos casos, los analistas usan una lista de verificación más general en combinación con otro método de evaluación de riesgo para descubrir riesgos comunes para los cuales la lista de verificación podría resultar en equivocaciones.

2.3 Tipos de Resultados

Para crear una lista de verificación tradicional, el analista define el diseño estándar o práctica de operación y lo usa entonces para generar una lista de preguntas basadas en deficiencias o diferencias. Una lista de verificación completa contiene respuestas de "sí," "no," "no aplicable," o "necesita más información," a las preguntas. Resultados cualitativos varían según la situación específica, pero generalmente se elevan a una decisión de "sí" o "no" con respecto a si están de acuerdo con procedimientos estándar. Además, conocimiento de estas deficiencias usualmente resultan en una lista fácilmente desarrollada de alternativas de posibles mejoras de seguridad para que considere la administración.

2.4 Requerimientos de Recursos

Para realizar esta técnica en forma correcta, se necesita una lista de verificación apropiada, procedimientos de diseño de ingeniería y un manual de prácticas operativas, y alguien que tenga conocimiento básico del proceso bajo revisión que pueda completar la lista de verificación. Si se tiene disponible una lista de verificación pertinente de un trabajo previo, los analistas deben poder usarlo siempre que cuenten con la guía necesaria. Si no existe una lista de verificaciones pertinente, una persona (a veces varias personas) deben preparar una lista de verificación y hacer una evaluación. Un administrador o un ingeniero de planta con experiencia debe revisar los resultados del ALV y dirigir el próximo paso.

El método de ALV es versátil. El tipo de evaluación hecho con una lista de verificación se puede utilizar:

- Rápidamente para evaluaciones simples
- Para evaluaciones más profundas y costosas.

Es muy efectivo con respecto a costo para identificar riesgos comúnmente reconocidos. La tabla 6-2 estima el tiempo que se necesita para una evaluación de riesgo usando la técnica del ALV.

Tabla 6-2. Estimaciones de Tiempo para Usar la Técnica de Análisis de Lista de Verificación

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Simple/Sistema Pequeño	2 a 4 HORAS	4 a 8 HORAS	4 a 8 HORAS
Complejo/Proceso Grande	1 a 3 DIAS	3 a 5 DIAS	2 a 4 DIAS

3.0 CLASIFICACION RELATIVA

3.1 Descripción

La Clasificación Relativa (CR) es una estrategia de análisis en vez de un método bien definido. Esta estrategia permite que analistas de riesgo comparen las características de varios procesos o actividades para determinar si poseen aspectos riesgosos que son bastante significativos para justificar mayor estudio. La CR también se puede utilizar para comparar la ubicación de varias fábricas, diseños genéricos, u opciones para la distribución del equipo, y proveer información con respecto a cual alternativa parece ser la mejor opción o la opción menos riesgosa. Estas comparaciones se basan en valores numéricos que representan el grado de significado relativo que el analista asigna a cada riesgo. Estudios de CR normalmente deben realizarse al comienzo de la "vida" de un proceso, antes de que se complete el diseño detallado, o, lo más antes posible en el desarrollo del programa de análisis de riesgo de una instalación. El método de CR también se puede aplicar a un proceso existente para definir los riesgos de varios aspectos de la operación de procesos.

Se usan varios métodos formales de Clasificación Relativa. Por ejemplo, el DOW FIRE y EXPLOSION INDEX (F&EI) ha estado en existencia por muchos años, y un folleto describiendo este método, ha sido publicado 7 veces por AIChE. El DOW F&EI evalúa la existencia y el significado de riesgos de fuego y explosiones en muchas áreas grandes de una instalación de procesos. El analista divide el proceso o actividad en unidades de proceso separados y asigna índices basados en características materiales, físicas y químicas; condiciones de proceso; distribución de la planta y equipo; y otros factores. Los distintos factores se combinan en un puntaje de F&EI que se puede clasificar contra el puntaje de otras unidades de proceso que han sido evaluados. El DOW F&EI también se puede usar por peritos para discernir cuando se necesita un mejoramiento del sistema general, por ejemplo, protección de fuego. Otro método que se utiliza mayormente en Inglaterra se llama el ICI Mond Index. Este índice se usa para evaluar riesgos químicos y toxicidad, tanto como los riesgos de fuego y explosión, asociados con el área de proceso u operación.

Muchas organizaciones han creado sus propios índices especializados para clasificar los riesgos asociados con instalaciones, procesos, y operaciones. Por ejemplo, la compañía química DOW tiene varios índices que usa para evaluar y manejar el riesgo de sus procesos y actividades. Uno de ellos se llama el Índice de Exposición Química [Chemical Exposure Index (CEI)]. El CEI se usa para clasificar la relatividad de los riesgos agudos a la salud asociados con la liberación potencial de sustancias químicas. El CEI usa una fórmula simple para clasificar el uso de cualquier sustancia química tóxica, basado sobre cinco factores:

- Medida de toxicidad
- Cantidad de material volátil disponible para liberación
- Distancia a cada área de preocupación
- El peso molecular de la sustancia química que se está evaluando
- Variables del proceso que pueden afectar las condiciones de liberación como temperatura, presión, reactividad, etcétera.

Algunos índices se han desarrollado y empleado por organizaciones para determinar la aplicación de ciertas prácticas industriales o requerimientos regulatorios. Recientemente la OSHA y el Instituto de Petróleo Americano (API) han sugerido usar un Índice de Sustancia Peligrosa (SHI) para ayudar a determinar si los esfuerzos de manejo de procesos de seguridad deben dirigirse a procesos particulares o a actividades industriales.

3.2 Objetivo

El objetivo central de usar métodos de clasificación Relativa es para determinar las áreas de proceso o operaciones que son las más significativas con respecto al riesgo objeto del estudio. La teoría de los métodos de Clasificación Relativa tienen sus raíces en las tres preguntas básicas usadas en el análisis de riesgo:

- ¿Qué trastorno puede ocurrir?
- ¿Cuán probable es?
- ¿Cuáles serían los efectos?

La filosofía de los métodos de Clasificación Relativa es contestar estas preguntas del análisis de riesgo para determinar la importancia relativa de un proceso o de las actividades desde un punto de vista de seguridad antes de realizar análisis de riesgo adicionales y más costosos. Así

es que se comparan relaciones aproximadas de procesos atribuidos para determinar cuales áreas presentan el riesgo relativo mas grande.

Subsiguientemente, estudios adicionales de evaluación de riesgo deben ser hechos primero en las áreas que presentan mayor preocupación.

3.3 Tipos de Resultados

Todos los métodos de Clasificación Relativa deben resultar en una lista ordenada de procesos, equipo, operaciones, o actividades. Esta lista tiene varios estratos según su significado. Otros resultados como índices, escalas de factores, calificaciones, gráficos etc., dependen de la técnica usada para ejecutar la clasificación. Es importante notar que mientras que todas estas técnicas tratan de contestar las tres preguntas de la evaluación de riesgo de alguna manera, los analistas no deben considerar los resultados de tales estudios como estimaciones concretas del riesgo asociado con un proceso o actividad. La técnica de Clasificación Relativa generalmente no está basada en secuencias de accidentes específicos; así es que, normalmente no se presta al desarrollo de recomendaciones específicas para el mejoramiento de seguridad.

3.4 Requerimientos de Recursos

La información requerida por un estudio de Clasificación Relativa depende de las necesidades particulares de cada método de clasificación. Generalmente un estudio de Clasificación Relativa requiere dibujos detallados de los procesos; sin embargo, se necesita usualmente información sobre el nivel máximo de inventarios de materiales, las condiciones de los procesos de planta, y la disposición geográfica de las áreas de almacenamiento de material.

Un estudio de Clasificación Relativa se puede llevar a cabo solamente por un analista. Varios analistas pueden trabajar juntos en un proceso grande y complejo cuando tienen experiencia con la técnica de Clasificación Relativa y tienen acceso a todos los datos que se necesitan para el estudio. A veces es mejor tener un analista entrenado que pueda trabajar con alguien que pueda localizar e interpretar rápidamente la materia necesaria y los datos de proceso que se necesitan para el análisis. Aunque se puede necesitar más de un analista, dependiendo de la complejidad y tamaño del proceso y actividad y la cantidad y tipo de riesgo, es crucial que todos los analistas sean "calibrados" de la misma forma para que sus dictámenes sean consistentes.

El tiempo y el costo de hacer una evaluación de riesgo usando el método de Clasificación Relativa dependerá de la técnica seleccionada los requerimientos de datos, y la cantidad de áreas de proceso y riesgos evaluados. La tabla 6-3 estima el tiempo que demora un estudio de evaluación de riesgo usando la técnica de Clasificación Relativa.

Tabla 6-3. Estimaciones de Tiempo Usando la Técnica de Clasificación Relativa

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Sistema Pequeño/ Simple	2 a 4 HORAS	4 a 8 HORAS	4 a 8 HORAS
Proceso Grande/ Complejo	1 a 3 DIAS	3 a 5 DIAS	3 a 5 DIAS

4.0 ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGRO

4.1 Descripción

Un Análisis Preliminar de Peligro se (APP) enfoca de forma general sobre los materiales peligrosos y las áreas de procesos principales de la planta. El estudio se hace comúnmente al comienzo del desarrollo de un proceso cuando hay poca información sobre los detalles de diseño o procedimientos de funcionamiento, y frecuentemente es precursor a un análisis de riesgo. Se incluye aquí para ilustrar una técnica de poco costo para identificar los riesgos al comienzo de la vida de una planta.

El APP formula una lista de los riesgos y las situaciones genéricas de riesgo en la que se consideran las siguientes características de proceso:

- Materiales crudos, productos intermedios y finales, y su reactividad
- Ambiente Operacional
- Equipo de planta
- Actividades operacionales (pruebas, mantenimiento, etc.)
- Distribución de la planta
- Interacción entre los componentes del sistema.

Uno o varios analistas de riesgo evalúan el significado de riesgo del proceso y asignan una calificación crítica a cada situación. Esta calificación crítica se usa para dar prioridad a cualquier recomendación para mejorar la seguridad que ha resultado del análisis.

4.2 Objetivo

El APP se usa más frecuentemente para evaluar los riesgos al comienzo de la "vida" de un proceso. Un APP generalmente se aplica durante el diseño conceptual o la fase de investigación y desarrollo de una planta procesadora y puede ser muy útil para seleccionar su ubicación. También se usa como un método para reexaminar el diseño antes de que se desarrolle un diagrama de cañerías e instrumentos de proceso.

Mientras que la técnica del APP normalmente se usa en la fase preliminar del desarrollo de la planta para casos donde no se tiene experiencia para discernir los potenciales problemas de seguridad, también puede ser útil en el análisis de grandes instalaciones o cuando se tiene que dar prioridad a riesgos porque las circunstancias no permiten el uso de una técnica más extensiva.

4.3 Tipos de Resultados

Un APP describe cualitativamente los riesgos relacionados con un diseño de proceso. Una APP también califica cualitativamente situaciones riesgosas que se pueden usar para dar prioridad a recomendaciones para reducir o eliminar riesgos en fases subsecuentes del ciclo de vida de un proceso.

4.4 Requerimientos de Recursos

El uso de la técnica APP requiere que el analista tenga acceso a todos los criterios de diseño de planta, especificaciones de equipo, especificaciones de materiales, y otras fuentes de información. Un APP se puede hacer por una o dos personas que tengan experiencia en seguridad de proceso. Personal con menos experiencia puede realizar el APP, pero el estudio no será tan exhaustivo, puesto que el estudio requiere que los analistas propongan juicios personales. La tabla 6-4 estima el tiempo que se necesita para hacer un estudio de evaluación de riesgo usando la técnica de APP.

Tabla 6-4. Estimaciones de Tiempo para Usar la Técnica Análisis Preliminar de Peligrose

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Sistemas Pequeños/ Simples	4 a 8 HORAS	1 a 3 HORAS	1 a HORAS
Procesos grandes/ Complejo	1 a 3 DIAS	4 a 7 DIAS	4 a 7 DIAS

5.0 ANALISIS ¿QUE SI?

5.1 Descripción

La técnica del Análisis ¿Que Si? (AQS) es un intercambio de ideas por el cual un grupo de peritos familiares con el proceso hacen preguntas o expresan preocupaciones con respecto a posibles eventos indeseables. No tiene la estructura de otras técnicas, en cambio, requiere que el analista adapte el concepto básico a la aplicación específica. Sin embargo, se usa frecuentemente en la industria en casi todas las etapas de la vida de un proceso y goza de buena reputación entre los que tienen la habilidad para emplearla.

El concepto de AQS estimula al equipo de evaluación de riesgo a formular preguntas que empiezan con "¿Que si?" Sin embargo, se puede dar voz a cualquier preocupación de seguridad de proceso sin expresar una pregunta. Por ejemplo:

- Estoy preocupado que nos manden el material equivocado
- ¿Que si la bomba A deja de funcionar durante el comienzo del proceso?
- ¿Que si el operador abre la válvula B en vez de la válvula A?

Usualmente, el reportero anota todas las preguntas en un cuaderno o computadora. Subsiguiente las preguntas se dividen en áreas específicas de investigación (usualmente relacionadas con consecuencias de interés), como la seguridad de electricidad, protección contra el fuego, o seguridad del personal. Cada área se toma en cuenta por un equipo de una o más personas que conocen el tema. Las preguntas se formulan con base en experiencia y se aplican a dibujos del sistema y descripciones del proceso; para una planta en funcionamiento, la investigación puede incluir entrevistas con el personal de la planta que están representados en el equipo de evaluación de riesgos (ER) (Puede ser que no haya un patron específico para estas preguntas a no ser que, el líder provéa un orden lógico como la división del proceso en sistemas funcionales). También, las preguntas pueden considerar cualquier condición de la planta que no sea normal y no solo fallas de componentes o variaciones en los procesos.

5.2 Objetivo

El objetivo del Analisis ¿Que Si? es el identificar los riesgos, situaciones peligrosas, o eventos de accidentes específicos que podrían producir una consecuencia indeseable. Un grupo de peritos identifican situaciones de posible(s) accidente(s), y sugieren alternativas para reducir el riesgo. El método puede involucrar el examen de posibles desviaciones del diseño de construcción, modificación, o intenciones de operación. Requiere un entendimiento básico de la intención del proceso, junto con la habilidad de combinar mentalmente posibles desviaciones

del diseño que podrían resultar en un accidente. Este procedimiento es poderoso si el personal tiene experiencia; de otro modo los resultados probablemente serán incompletos.

5.3 Tipos de Resultados

En su forma más simple, la técnica del Análisis ¿Que Si? genera una lista de preguntas y respuestas sobre el proceso. También puede resultar en una lista de situaciones peligrosas (sin clasificar o implicar cuantitativamente el escenario del accidente potencial identificado), sus consecuencias, salvaguardas, y opciones posibles para reducir el riesgo.

5.4 Requerimientos de Recursos

Puesto que el Análisis ¿Que Si? es tan flexible, puede ser realizado en cualquier etapa de la vida del proceso, usando cualquier información y conocimiento disponible. Para cada área del proceso, dos o tres personas deben ser asignadas para hacer el análisis; sin embargo, se puede preferir un equipo más grande. Es mejor usar un grupo grande para un proceso complejo, dividiendo el proceso en secciones pequeñas, en vez de usar un grupo pequeño por un tiempo extendido en todo el proceso.

El tiempo y el costo de un Análisis ¿Que Si? es proporcional a la complejidad de la planta y la cantidad de áreas que se analizan. Una vez que una organización tiene experiencia con esta técnica, puede llegar a ser una manera eficiente y de bajo costo para evaluar riesgos en cualquier fase del proyecto. La tabla 6-5 estima el tiempo que se necesita para un estudio de evaluación de riesgo usando la técnica del Análisis ¿Que Si?

Tabla 6-5. Estimaciones de Tiempo para Estudio de Evaluación

Alcance	Preparación*	Evaluación	Documentación*
Sistema pequeño/ Simple	4 a 8 HORAS	4 a 8 HORAS	1 a 2 DIAS
Proceso grande/ Complejo	1 a 3 DIAS	3 a 5 DIAS	1 a 3 SEMANAS

* Esencialmente el jefe de equipo y el reportero

6.0 ANÁLISIS ¿QUE SI?/LISTA DE VERIFICACION

6.1 Descripción

La técnica de Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación (AQS/LV) combina los aspectos creativos del Análisis ¿Que Si? con los aspectos sistemáticos del método de Lista de Verificación. Este método híbrido usa las ventajas y compensa las desventajas de las dos técnicas. Por ejemplo, el método de Análisis de Lista de Verificación es una técnica basada en experiencia y la calidad de un estudio de evaluación de riesgo usando este método, depende altamente en la experiencia de los autores de la lista de verificación. Si la lista de verificación no es completa, puede ser que el análisis no trate una situación peligrosa de una manera efectiva. La porción de la técnica que corresponde al Análisis ¿Que Si? estimula al equipo de evaluación de riesgo a considerar accidentes potenciales y consecuencias que están afuera del alcance de la experiencia de los autores de una buena lista de verificación y, por lo tanto, no está en la lista de verificación. Por otra parte, la porción de la lista de verificación de esta técnica presta un aspecto más sistemático que el Análisis ¿Que Si?. La técnica del Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación puede ser usada en cualquier etapa de la vida de un proceso.

Como muchos otros métodos de evaluación de riesgo, éste da mejores resultados cuando lo realiza un equipo que tiene experiencia en el proceso bajo estudio. Generalmente, esta técnica se usa para analizar los peligros más comunes que existen en el proceso aunque es capaz de evaluar el significado de los accidentes en casi cualquier nivel de detalle. El Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación usualmente se enfoca en un nivel de resolución menos detallado que, por ejemplo el Análisis de Modas de Falla y Eventos. Muchas veces, un Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación es la primera evaluación de riesgo que se hace sobre un proceso y, por lo tanto, es un precursor de estudios subsecuentes y más detallados.

6.2 Objetivo

El objetivo del Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación es el de identificar riesgos, evaluar cualitativamente los efectos de los accidentes, y determinar si los salvaguardas contra estas posibles situaciones son adecuados. Los miembros del equipo de evaluación de riesgo frecuentemente sugieren mejoras al funcionamiento del proceso a fin de reducir el riesgo.

6.3 Tipos de Resultados

Un equipo de evaluación de riesgo que usa el Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación usualmente genera una tabla de accidentes potenciales, efectos, salvaguardas, y acciones. Los resultados del estudio pueden también incluir una lista de verificación en estilo narrativo para documentar los resultados de estos estudios.

6.4 Requerimientos de Recursos

Casi todo Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación está hecho por un equipo de peritos en el diseño, operación, y mantenimiento del proceso bajo estudio. El número de personas necesario para tal estudio depende de la complejidad del proceso, y hasta cierto punto, la etapa del proceso que se está evaluando. Normalmente, un estudio de evaluación de riesgo, usando esta técnica, requiere menos personas, y reuniones más cortas que una técnica más estructurada como el Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP). La tabla 6-6 estima el tiempo que se necesita para hacer una evaluación de riesgo usando la técnica de Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación.

Tabla 6-6. Estimaciones de Tiempo para Usar el Análisis ¿Que Si?/Lista de Verificación

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Pequeño Sistema/ Simple	6 a 12 HORAS	6 a 12 HORAS	4 a 8 HORAS
Proceso Grande/ Complejo	1 a 3 DIAS	4 a 7 DIAS	1 a 3 SEMANAS

7.0 ANALISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD (HAZOP)

7.1 Descripción

El Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP) fue desarrollado para identificar y evaluar los riesgos de seguridad en una fábrica de proceso, y para identificar problemas de operabilidad, los cuales aunque no peligrosos podrían comprometer la capacidad de la fábrica para lograr su productividad de diseño. Aunque el HAZOP fue formulado para anticipar peligros y problemas de operabilidad para tecnología con la cual las organizaciones tengan poca experiencia, se ha encontrado que tiene un uso muy efectivo con operaciones existentes. El uso de la técnica HAZOP requiere información detallada con respecto al diseño y operación de un proceso. Por lo tanto, se usa más frecuentemente para analizar procesos durante o después de la etapa de diseño detallado. La industria química utiliza variaciones de la técnica HAZOP.

En el análisis HAZOP un equipo interdisciplinario utiliza un enfoque creativo y sistemático para identificar peligros y problemas operativos que han resultado de desviaciones al intento del diseño del proceso que podrían llegar a consecuencias indeseables. El líder del grupo, con base en su experiencia, guía al equipo sistemáticamente por el diseño de la planta usando un "juego" de palabras fijas (palabras guía). Estas palabras se aplican en puntos específicos o

"study nodes" en el diseño de la planta y se combinan con parámetros de proceso específicos para identificar posibles desviaciones del intento de la operación de la planta.

Por ejemplo, la palabra de guía "No" combinada con el parámetro de proceso "Flujo" resulta en la desviación "No Flujo." A veces el líder utiliza listas de verificación e experiencia con el proceso para ayudar al equipo a desarrollar la lista de desviaciones necesarias que el equipo considerará en reuniones de HAZOP. El equipo entonces acuerda en las posibles causas de las desviaciones (e.g., errores del operador que bloquean la bomba), las consecuencias de desviaciones (e.g., la bomba se recalienta), y las salvaguardas aplicables a la desviación (e.g., una válvula de auxilio de presión en la línea de descarga de la bomba). Si las causas y las consecuencias son significativas y los salvaguardas son adecuados, el equipo puede recomendar una acción para consideración de la administración. En algunos casos, el equipo pueda identificar una desviación con causa realística pero consecuencias desconocidas (e.g., un producto de producción desconocido) y, recomendar estudios consecutivos para determinar posibles consecuencias.

7.2 Objetivo

El objetivo del HAZOP es de evaluar cuidadosamente un proceso u operación de forma sistemática para determinar si las desviaciones en el proceso pueden resultar en consecuencias indeseables. Esta técnica se puede usar para procesos continuos o colectivos y se pueden adaptar para evaluar procedimientos escritos. El equipo HAZOP lista las causas y consecuencias potenciales de desvío así como de las salvaguardas existentes para protección contra el desvío. Cuando el equipo determina que existe protección inadecuada para una desviación, generalmente recomienda acción para reducir el riesgo.

7.3 Tipos de Resultados

Los resultados de un análisis de HAZOP son los fallos del equipo, los cuales incluyen la identificación de los peligros y problemas de operación; recomendaciones para cambios en diseño, procedimiento, etc para mejorar el sistema; y recomendaciones para llevar a cabo estudios en áreas donde una conclusión no ha sido posible debido a la falta de información. Los resultados de las discusiones del equipo sobre causas, efectos, y salvaguardas sobre desviaciones para cada nudo o sección del proceso se registran en una tabla de formato columnar.

7.4 Requerimientos de Recursos

El análisis HAZOP requiere dibujos actualizados y precisos de cañerías e instrumentación y otros informes detallados como ser los procedimientos de funcionamiento. El análisis también requiere bastante conocimiento del proceso, instrumentación, y operación; esta información generalmente la proveen los miembros del equipo que son expertos en estas áreas. Líderes

entrenados y con experiencia son esenciales para realizar un análisis HAZOP eficiente y de alta calidad.

El equipo de HAZOP para analizar un proceso grande y complejo puede consistir de cinco a siete personas con una variedad de experiencia; diseño, ingeniería, mantenimiento de operaciones, etc. Un miembro del equipo dirige el análisis y otro típicamente registra los resultados de las deliberaciones del equipo. La tabla 6-7 estima el tiempo que se necesita para hacer una evaluación de riesgo usando la técnica HAZOP.

Tabla 6-7. Estimaciones de Tiempo para Usar la Técnica HAZOP

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Simple/Sistema pequeño	8 a 12 HORAS	1 a 3 DIAS	2 a 6 DIAS
Complejo/Proceso Grande	2 a 4 DIAS	1 a 5 SEMANAS	2 a 6 SEMANAS

8.0 ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS

8.1 Descripción

Un Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE) tabula las modas de falla de equipo y sus efectos en un sistema o planta. La moda de falla describe como falla el equipo (abierto, cerrado, prendido, apagado, fugas, etc.). El efecto de la moda de falla está determinado por la forma en que el sistema responde a la falla del equipo. Un AMFE identifica modas de falla singular que resultan directamente en, o contribuyen significativamente a, un accidente. En general, un AMFE no examina directamente errores de operador humano; sin embargo el efectos que éstos causen en la operación se indican como una moda de falla de equipo. Un AMFE no es eficiente para identificar una lista exhaustiva de combinaciones de falla de equipo que resultan en accidentes.

8.2 Objetivo

El objetivo de un AMFE es la identificación de modas de falla de equipo singular y sistema y el efecto potencial de cada moda de falla sobre el sistema o la planta. Este análisis típicamente genera recomendaciones para aumentar la integridad del equipo y, de tal forma, mejorar la seguridad del proceso.

8.3 Tipos de Resultados

Un AMFE engendra una lista sistemática y cualitativa de equipo, modas de falla y efectos. Se incluye una estimado de las consecuencias del peor caso que resultan de fallas singulares. El AMFE se puede actualizar con facilidad debido a cambios en el diseño o modificaciones al sistema/planta. Los resultados del AMFE se documentan en una tabla de formato columnar. Generalmente, los analistas de riesgo incluyen sugerencias para mejorar la seguridad en los rubros apropiados de la tabla.

8.4 Requerimientos de Recursos

El uso del AMFE requiere los siguientes datos y fuentes de información: un listado del equipo del sistema o planta, o dibujos de cañerías e instrumentos, conocimiento de la función del equipo y modas de falla, y conocimiento de la función del sistema o planta y respuestas a fallas del equipo.

El AMFE puede ser hecho por un sólo analista pero los análisis deben ser revisados por otros analistas para asegurar su entereza. Los requerimientos de personal varían según la complejidad y tamaño de las partes del equipo que se analizan. Todos los analistas involucrados en el AMFE deben estar familiarizados con las funciones del equipo y modas de falla y, como estas fallas pueden afectar otras porciones del sistema o planta.

El tiempo y costo de un AMFE es proporcional al tamaño del proceso y a la cantidad de componentes que se analizan. En promedio, una hora es suficiente para analizar de dos a cuatro partes de un equipo. Como en cualquier estudio de análisis de peligros en sistemas con equipos similares que cumplen las mismas funciones, los requerimientos de tiempo se reducen significativamente dado el carácter repetitivo de las evaluaciones. La tabla 6-8 estima el tiempo requerido para completar un estudio de evaluación de peligros usando la técnica AMFE.

Tabla 6-8. Estimaciones de Tiempo para Usar la Técnica AMFE

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Simple/Sistema peq.	2 a 6 horas	1 a 3 días	1 a 5
Complejo/Proceso Grande	1 a 3 días	1 a 3 semanas	2 a 4 semanas

9.0 ANALISIS DE ARBOL DE FALLA

9.1 Descripción

El Análisis de Arbol de Falla (AAF) es una técnica deductiva que se enfoca en un accidente en particular o en una falla de un sistema central y provee un método para determinar las causas del evento. El árbol de falla es un modelo gráfico que muestra varias combinaciones de falla de equipo y error humano que pueden resultar en una falla del sistema central de interés (llamado evento pico). La ventaja del AAF como herramienta cualitativa es su habilidad para identificar las combinaciones de falla de equipo básico y de error humano que pueden resultar en un accidente. Esto permite que el analista de riesgo enfoque medidas preventivas y mitigantes sobre las causas básicas significativas para reducir la posibilidad de un accidente.

9.2 Objetivo

El objetivo de un AAF es el de identificar fallas de combinaciones de equipo y errores humanos que pueden resultar en un accidente. El AAF es muy apropiado para el análisis de sistemas altamente redundantes. Para sistemas que son especialmente vulnerables a fallas singulares que pueden resultar en accidentes, es mejor utilizar una técnica orientada a fallas singulares como el HAZOP o el AMFE. El AAF se usa frecuentemente en situaciones donde otra técnica de evaluación de riesgos, por ejemplo HAZOP, ha identificado un accidente importante de interés que requiere un análisis más detallado.

9.3 Tipos de Resultados

Un AAF produce modelos lógicos de falla de sistema que usan portales de lógica Boolean para describir como fallas de equipo y errores humanos pueden combinarse para causar una falla del sistema central. Muchos modelos de árbol de falla pueden resultar en una falla del sistema central. Muchos modelos de árbol de falla pueden resultar del análisis de un proceso grande; la cantidad en si de los modelos depende del grado de selección que el analista de riesgo otorgó a los eventos pico. El analista del árbol de falla generalmente resuelve cada modelo lógico para generar una lista de fallas llamado conjunto de corte mínimo, que pueden resultar en el evento pico. Estas listas de conjuntos de corte mínimo pueden ser clasificados cualitativamente por número y tipo de falla en cada conjunto de corte. Conjuntos de corte que contienen más fallas son menos probables que los que contienen menos fallas. Inspección de estas listas de conjunto de corte mínimo muestran debilidades en el diseño de sistema/operación por los cuales el analista puede sugerir posibles alternativas para mejorar la seguridad.

9.4 Requerimientos de Recursos

El uso del AAF requiere una comprensión detallada de como funciona la planta o sistema, dibujos de proceso detallados y procedimientos, y conocimiento de modas de falla en componentes y sus efectos. Las organizaciones que quieren hacer un AAF deben usar analistas con experiencia y bien entrenados para asegurar un análisis eficiente y de alta calidad.

Analistas calificados pueden desarrollar árboles de falla por su cuenta, pero deben tener un entendimiento detallado del proceso, y, aún en este caso, los modelos deben ser revisados con los ingenieros, operadores, y otro personal que tenga experiencia operativa con los sistemas y equipo que se incluyen en el análisis. El enfoque de un solo un analista y un árbol de falla provee continuidad dentro de árbol de falla, pero el analista debe tener acceso a toda la información que se necesita para definir las fallas que contribuyen al evento pico. Se puede usar un equipo si el proceso objeto del estudio es sumamente complejo o si se necesita más de un árbol de falla, con cada miembro de equipo calificado concentrándose en un árbol de falla. La interacción entre los miembros del equipo y otro personal con experiencia es necesaria para asegurar consistencia en el desarrollo de modelos relacionados o conectados.

Los requerimientos de tiempo y costo para un AAF depende de la complejidad de los sistemas involucrados en el análisis y el nivel de resolución del análisis. Modelar un sólo evento pico de un simple proceso con un equipo que cuente con experiencia puede requerir un día o menos tiempo. Sistemas complejos y problemas grandes con muchos eventos de accidentes potenciales pueden requerir muchas semanas o meses, aún con un equipo de analistas que tengan experiencia. La tabla 6-9 estima el tiempo necesario para evaluar riesgos con la técnica de AAF.

Tabla 6-9. Estimaciones de Tiempo Usando la Técnica de Análisis de Arbol de Falla

Alcance	Preparación	Construcción de Modelo	Evaluación Cualitativa	Documentación
Simple/Sistema Pequeño	1 a 3 días	3 a 6 días	2 a 4 días	3 a 5 días
Complejo/ Proceso Grande	4 a 6 días	2 a 3 semanas	1 a 4 semanas	3 a 5 semanas

10.0 ANALISIS DE ARBOL DE EVENTO

10.1 Descripción

Un árbol de evento muestra gráficamente los posibles resultados de un accidente como consecuencia de una falla de equipo o de error humano. Un Análisis de Arbol de Evento (AAE) considera las respuestas de sistemas de seguridad y de los operadores al evento preliminar cuando se está determinando las consecuencias potenciales de un accidente. Los resultados de un AAE son las secuencias de un accidente; o sea conjuntos de fallas o errores que llevan a un accidente. Estos resultados describen las posibles consecuencias del accidente en términos de la secuencia de eventos (éxitos o fallas de funciones de seguridad) que siguen a un evento preliminar. Un AAE es bien apropiado para analizar procesos complejos que tienen varias capas de sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia para responder a eventos preliminares específicos.

10.2 Objetivo

Arboles de eventos se usan para identificar los distintos accidentes que pueden ocurrir en un proceso complejo. Después que se han identificado estas secuencias de accidentes individuales, las combinaciones de fallas específicas que llevan a los accidentes se pueden determinar usando el Análisis de Arbol de Falla.

10.3 Tipos de Resultados

Los resultados de un AAE son los modelos de árbol de falla y los éxitos o fallas de los sistemas de seguridad que llevan a cada resultado definido. Las secuencias de accidente mostrados en el árbol de evento representan combinaciones lógicas de Y eventos; así es que estas secuencias se pueden poner en forma de un modelo de árbol de falla para mayor análisis cualitativo. Los analistas usan estos resultados para identificar debilidades en el diseño y procedimiento, y normalmente proveen recomendaciones para reducir la probabilidad y/o las consecuencias de los accidentes potenciales analizados.

10.4 Requerimientos de Recursos

El uso del AAE requiere conocimiento de eventos iniciantes potenciales (o sea, falla de equipo o mal funcionamiento de sistemas que potencialmente podrían causar un accidente), y conocimiento de las funciones del sistema de seguridad o procedimientos de emergencia que potencialmente mitigarían los efectos de cada evento iniciante.

Un AAE puede ser realizado por un analista siempre que tenga conocimiento detallado del sistema, pero es muchas veces preferible un equipo de dos a cuatro personas. El método que emplea equipos promueve intercambio de ideas, lo cual resulta en un árbol de eventos más

completo. El equipo debe incluir por lo menos un miembro familiarizado con el AAP, y el resto debe tener conocimiento de procesos y la experiencia de haber trabajado con los sistemas incluidos en el análisis.

El tiempo y costos requeridos para un Análisis de Arbol de Eventos depende de la cantidad y complejidad de eventos preliminares y funciones de seguridad incluidos en el análisis. Se necesitan varios días para que el equipo evalúe varios eventos preliminares de un proceso simple; los procesos complejos pueden requerir varias semanas. La tabla 6-10 estima el tiempo que se necesita para hacer una evaluación de riesgo usando la técnica de AAJ.

Tabla 6-10. Estimaciones de Tiempo para Usar la Técnica de Análisis de Arbol de Evento

Alcance	Preparación	Construcción de Modelo	Evaluación Cualitativa	Documentación
Simple/Sistema Pequeño	1 a 2 días	1 a 3 días	1 a 2 días	3 a 5 días
Complejo/Proceso Grande	4 a 6 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	3 a 5 semanas

11.0 ANALISIS DE CAUSA Y CONSECUENCIA

11.1 Descripción

Un Análisis de Causa y Consecuencia (ACC) es una combinación del Análisis de Arbol de Falla y Análisis de Arbol de Evento. La mayor ventaja que presta el ACC es su uso como un medio de comunicación; el diagrama de causa-consecuencia muestra las relación entre las consecuencias del accidente y sus causas básicas. Esta técnica se usa comúnmente cuando la lógica de falla de accidentes analizados es simple, puesto que la forma gráfica que combina el árbol de falla y el árbol de evento en el mismo diagrama, puede hacerse bastante detallada.

11.2 Objetivo

El objetivo del Análisis de Causa y Consecuencia es el de identificar las causas y consecuencias de accidentes potenciales.

11.3 Tipos de Resultados

Un Análisis de Causa y Consecuencia genera diagramas mostrando secuencias de accidentes y descripciones cualitativas de los resultados de accidentes potenciales.

11.4 Requerimientos de Recursos

La utilización del ACC requiere conocimiento de los siguientes datos y fuentes de información: Conocimiento de fallas de componentes o procesos que podrían causar accidentes, conocimiento de sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia que podrían influir la consecuencia de un accidente y conocimiento de los impactos potenciales de todas estas fallas.

Un Análisis de Causa y Consecuencia será mejor realizado por un equipo pequeño (dos a cuatro personas) con una experiencia variada. Un miembro del equipo debe tener experiencia en ACC (Arbol de Falla y Análisis de Arbol de Evento), mientras que los demás miembros deben tener experiencia en el diseño y operación de los sistemas incluidos en el análisis.

Los requerimientos de tiempo y costo para un ACC dependen en la cantidad, complejidad, y nivel de resolución de los eventos incluidos en el análisis. Este tipo de análisis para varios eventos de inicio se puede cumplir generalmente en una semana o menos. Estudios detallados de ACC pueden requerir muchas semanas, dependiendo de la complejidad de cualesquiera de los árboles de falla que lo soportan. La tabla 6-11 indica el tiempo que se necesita para evaluar riesgos usando la técnica de ACC.

Tabla 6.11. Estimaciones del Tiempo Requerido Usando la Técnica de Análisis Causa y Consecuencia

Alcance	Preparación	Construcción de Modelo	Evaluación Cualitativa	Documentación
Simple/Sistema Pequeño	1 a 2 días	1 a 3 días	1 a 3 días	3 a 5 días
Complejo/Proceso Grande	4 a 6 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	3 a 5 semanas

12.0 ANALISIS DE LA FIABILIDAD HUMANA

12.1 Descripción

Un Análisis de la Fiabilidad Humana (AFH) es una evaluación de los factores que influyen en la ejecución de los operadores, personal de mantenimiento, técnicos y otro personal de la planta. Involucra uno de varios tipos de análisis de tarea; estos tipos de análisis describen las características físicas y ambientales, junto con las habilidades, conocimiento, y capacidad

requerida de los que realizan las tareas. Un AFH identifica aquellas situaciones en las cuales son probables que existan errores que pueden llevar a, o causar accidentes. Un AFH también se puede usar para definir las causas de error humano. Generalmente un AFH se lleva a cabo en conjunto con otras técnicas de evaluación de peligros.

12.2 Objetivo

El objetivo del Análisis de la Fiabilidad Humana es el de identificar errores humanos potenciales y sus efectos o identificar las causas implícitas de error humano.

12.3 Tipos de Resultados

Un Análisis de la Fiabilidad Humana lista sistemáticamente los errores que se encuentran durante operaciones normales o de emergencia, factores que contribuyen a tales errores, y modificaciones de sistemas propuestas para reducir la probabilidad de tales errores. Los resultados son cualitativos pero pueden ser cuantificados. El análisis incluye la identificación de las relaciones de sistemas afectados por errores particulares y la clasificación de estos errores en relación a otros, basado en la probabilidad de ocurrencia o la severidad de las consecuencias. Los resultados son fácilmente actualizados para cambios en el diseño o sistema, o modificaciones a la planta, o método de entrenamiento.

12.4 Requerimientos de Recursos

El Análisis de la Fiabilidad Humana requiere los siguientes datos y fuentes de información: procedimientos de planta; información de las entrevistas con el personal de la planta; conocimiento de la distribución de la planta, función o responsabilidad de tarea; organización del panel de control; y la distribución del sistema de alarma.

Los requerimientos de personal varían con base en la cobertura del análisis. Generalmente, uno o dos analistas entrenados en factores humanos pueden hacer un AFH para una instalación. El analista debe estar familiarizado con las técnicas de entrevistas y debe tener acceso al personal de la planta; a información pertinente como ser los procedimientos y dibujos esquemáticos; y, a la planta. El analista debe estar familiarizado con la respuesta de la planta a consecuencias causadas por varios errores humanos.

El tiempo y el costo requerido para este tipo de análisis es proporcional al tamaño y la cantidad de tareas, sistemas o errores que se están analizando. Una hora es suficiente para hacer un AFH aproximado de las tareas asociadas con un procedimiento de planta simple. El tiempo requerido para identificar fuentes probables de ciertos tipos de error variarán según la complejidad de las tareas involucradas, pero este análisis también se puede completar en una hora. Si los resultados del análisis de una tarea se utilizaran para investigar varias fuentes de error humano potencial, el tiempo requerido por fuente de error se reduciría significativamente.

La identificación de modificaciones potenciales para reducir la incidencia de errores humanos no aumentan significativamente el tiempo requerido para el AFH. La tabla 2 estima el tiempo requerido para hacer una evaluación de peligro usando la técnica AFH.

Tabla 2. Estimaciones de Tiempo para Usar la Técnica de Análisis de la Fiabilidad Humana

Alcance	Preparación	Construcción de Modelo	Evaluación Cualitativa	Documentación
Simple/ Sistema Pequeño	4 a 8 horas	1 a 3 días	1 a 2 días	3 a 5 días
Complejo/ Proceso Grande	1 a 3 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	1 a 3 semanas

13.0 SELECCION DE TECNICAS DE EVALUACION DE PELIGROS

Existen una serie de variables que influyen en la selección de técnicas de evaluación de peligros. Entre estas cabe mencionar las siguientes:

- Motivación del estudio
- Tipo de resultados requeridos
 - lista de peligros
 - lista de posibles accidentes
 - lista de alternativas para reducir riesgo o áreas que requieran mayor estudio
 - prioridad de los resultados
 - datos disponibles para un análisis cuantitativo de riesgo
- Tipo de información disponible para realizar el estudio

La Tabla 1 muestra la información disponible según evoluciona la planta

Tabla 1 Información Típica Disponible a los Analistas de Peligros

Tipo de información	Incrementación del Nivel de Detalle	Tiempo en que la Información se halla Disponible a partir de la Incepción de un Proyecto
<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia operativa específica • Procedimientos operativos • Equipo existente • Instrumentación • Diagrama de flujo del proceso • Experiencia con procesos similares • Inventarios de materiales • Proceso químico básico • Datos materiales, físicos y químicos 		

INVESTIGACION Y DESARROLLO	DISEÑO CONCEPTUAL	OPERACION DE PLANTA PILOTO	INGENIERIA DE DETALLE	CONSTRUCCION/INICIO	OPERACION DE RUTINA	EXPANCIÓN O MODIFICACION	INVESTIGACION DE INCIDENTES	DESMANTELAMIENTO	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS DE SEGURIDAD
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	LISTA DE VERIFICACION
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	CLASIFICACION DE JERARQUIZACION (CR)
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS PRELIMINAR DE RIESGO
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	QUE PASA SI...
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	QUE PASA SI/LISTA DE VERIFICACION
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS DE RIESGO Y PROBABILIDAD
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS DE ARBOL DE FALLAS
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS DE ARBOL DE EVENTOS
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS DE CAUSA-CONSECUENCIA
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ANALISIS DE CONFIABILIDAD HUMANA

RARAMENTE USADO O INAPROPIADO.

COMUNMENTE USADO

USOS TÍPICOS DE TÉCNICAS DE EVALUACION DE RIESGOS.

CRITERIOS PARA LA JERARQUIZACION DE EVENTOS A CARACTERIZAR.

- A LOS EVENTOS DONDE SE TIENE INVOLUCRADA LA MAYOR CANTIDAD DE MATERIAL.
 - A.1 PARA FUGAS: HORA DEL DIA, CANTIDAD FUGADA DURANTE UN TIEMPO ESTIMADO, ALTURA DE LA EMISION Y TEMPERATURA.
 - A.2 PARA DERRAMES: CANTIDAD EMITIDA TIEMPO DEL DERRAME AREA CUBIERTA POR EL MATERIAL, TEMPERATURA DEL MATERIAL.

- B EVENTOS SIMILARES, CUBRIENDO CON EL MAYOR, EL EVENTO MENOR DEL MISMO MATERIAL.

- C LOS EVENTOS, DONDE POR LAS CARACTERISTICAS DEL PROPIO EQUIPO, FUESEN PUNTOS DE FALLA CREIBLES.

- D LOS EVENTOS DONDE POR EL ARREGLO Y DISPOSICION DEL EQUIPO OFRECEN LAS MENORES FACILIDADES PARA CONTROL Y/O ATAQUE DEL MISMO.

IV.1 GENERALIDADES

Durante las pasadas sesiones se presentó la metodología respecto al análisis de riesgos, en la que se trató como primera etapa la definición exacta de las instalaciones objeto del análisis. En tal etapa la información que hay que recabar se refiere a la materia prima, los productos y subproductos, las características materiales de las instalaciones, su entorno, sus procedimientos de explotación, así como la intervención que se haría en caso de ocurrir un accidente. Esta primera etapa es esencial para la prosecución del estudio y permite a cada persona que debe intervenir en él, poseer un buen conocimiento del sistema y, a todas ellas, contar con una misma definición de dicho sistema. Esto motiva muchas veces una importante actualización de toda la documentación.

En una segunda etapa se procede a la identificación de los riesgos. Dicho trabajo ha de realizarse de una manera muy metódica y no es suficiente contar con la experiencia y los conocimientos de quien explota las instalaciones. Típicamente los enfoques utilizados suelen ser: una investigación de las características peligrosas de cada una de las sustancias químicas presentes, un estudio de las reacciones peligrosas en caso de mezcla binaria de aquellos productos; y una ligera exploración de toda la instalación, con la ayuda por ejemplo de listados de comprobación que permitan determinar los elementos potencialmente peligrosos.

Todos éstos elementos se aplican de una manera organizada de acuerdo con lo indicado en la metodología de análisis que se haya seleccionado, de acuerdo a las características de nuestras instalaciones y las operaciones y procesos que aquí se desarrollan.

Al final de esta segunda etapa, además de un conocimiento mucho más profundo de la instalación, el realizador del estudio es capaz de determinar los acontecimientos indeseables que puede provocar tal instalación, además de cierto número de elementos críticos. En cambio, si bien ha podido determinar las causas que por sí solas pueden provocar un accidente, no ha logrado lo mismo con las combinaciones de estas. Esto lo conseguirá en una tercera etapa.

La tercera etapa consiste en modelar el comportamiento de un sistema mediante la determinación de los vínculos de causalidad que unen los acontecimientos primarios (fallo de un componente, error humano, acontecimiento exterior al sistema, etc.) y que pueden conducir al evento indeseado. El medio más conocido y mejor utilizado es el árbol de fallas. Se trata de investigar a partir de un acontecimiento concreto, y mediante

una descomposición arborescente, los encadenamientos de causas que contribuyen a su aparición. Además de un análisis cuantitativo complementario del realizado en la segunda etapa, estos medios permiten determinar la probabilidad de aparición del accidente indeseado, a partir del conocimiento de las probabilidades de acontecimientos primarios. Desafortunadamente estos datos suelen faltar o, cuando se dispone de ellos, resulta ya difícil estimar su fiabilidad. El enfoque probabilístico es, no obstante necesario para precisar los esfuerzos de prevención.

Una vez determinado y eventualmente probalizado el accidente, lo único que queda por hacer es apreciar la gravedad de las consecuencias, apreciación que constituye la finalidad de una cuarta etapa: la modelación de las consecuencias, lo que constituye la evaluación de los riesgos identificados de alta probabilidad de ocurrencia.

Para evaluar cuantitativamente los riesgo se han propuesto algunas metodologías como Los índices Dow y Mond, así como numerosos modelos matemáticos de simulación de riesgos.

Los modelos matemáticos permiten predecir los efectos de incendios, explosiones y liberaciones por accidente. Los métodos para examinar los efectos de liberaciones accidentales están generalmente basados en varias formas de modelos de dispersión. La predicción de las área afectadas y los resultados de concentraciones de las liberaciones accidentales, pueden combinarse con efectos a la salud y del medio ambiente para estimar la gravedad de las consecuencias de cualquier liberación en el área afectada. Una descripción más detallada de la liberación de un material peligroso se describe en el apéndice A.

IV.2 INDICES DOW Y MOND

Los índices Dow y Mond son métodos cuantitativos para el desarrollo de una clasificación de peligro relativo para diferentes procesos químicos. Varias características de una instalación son puntuaciones asignadas. Las características que pueden guiar a un accidente se muestran con un puntaje negativo, y las características que pueden prevenir o mitigar los efectos de un accidente son positivos. Los puntajes son combinados para producir un índice de clasificación para el proceso de la instalación que esta siendo evaluada.

Indice Mond

Este método se basa en la peligrosidad de los productos y en el carácter crítico de los procesos en función de sus antecedentes de operación en instalaciones similares, permitiendo obtener índices numéricos de riesgo para cada sección de la instalación industrial, en función de las características de las sustancias manejadas, de su cantidad, del tipo de proceso, y de las condiciones específicas de operación. Ver apéndice B.

Indice Dow

Este método intenta cuantificar anticipadamente daños potenciales por incendios y explosiones, identificando las causas y a los generadores, y traduciendo los riesgos potenciales a una valoración económica que permita jerarquizar decisiones. Este sistema separa los procesos industriales en sectores específicos, identificando materiales, proceso y propiedades termodinámicas relevantes, requiriendo de un diseño preciso de la unidad industrial analizada, diagramas de flujo de proceso, información económica de costos y beneficios, y de formatos sistematizados de reporte. Ver Apéndice B.

Cabe señalar que las metodologías anteriores requieren de una inversión grande de tiempo para su desarrollo y únicamente pueden evaluar el daño provocado por una sustancia en un punto determinado. Por otra parte, los modelos matemáticos de simulación, permiten estimar rápidamente y de una manera más completa, las áreas de afectación originadas por eventos no deseados, en virtud de que considera de una manera más precisa las condiciones de operación, volúmenes de proceso, propiedades fisicoquímicas de la sustancia y las condiciones ambientales del entorno.

El uso de modelos matemáticos de simulación, resulta por consiguiente, una manera práctica y rápida de obtener las áreas de afectación producidas por el desarrollo de un evento no deseado. Por ello el presente capítulo se enfoca a la descripción de los mismos.

IV.3

MODELOS DE SIMULACION DE RIESGOS AMBIENTALES

A raíz de algunos problemas ambientales originados por el descontrol en las actividades productivas de la Industria Química, surgió la necesidad de estudiar y detectar las causas que originan este tipo de eventos. Se desarrollaron una serie de metodología para identificar los riesgos inherentes en los procesos químicos (Check List, Hazop, etc.), así como para jerarquizar aquellos con una mayor probabilidad de ocurrencia. Asimismo, fue necesario contar con instrumentos matemáticos que permitieran evaluar las áreas de afectación producidas por un accidente.

IV.3.1 DEFINICION

Un Modelo de Simulación es una herramienta matemática que permite evaluar el área de afectación producida por un evento de riesgo (fuga ó derrame de sustancias tóxicas, incendio de sustancias flamables y explosión de sustancias explosivas).

Anteriormente para definir las áreas de afectación de eventos peligrosos, se contaba con una serie de algoritmos muy simples, los cuales estaban integrados por una serie de ecuaciones algebraicas, cuya resolución requería de una gran inversión de tiempo.

Posteriormente con el desarrollo de la computación, se crearon una serie de programas en diversos lenguajes, lo que permitió el manejo de los algoritmos de cálculo con gran rapidez, logrando con ello la evaluación en un tiempo muy pequeño de varios eventos de riesgo para todo un proceso industrial completo, permitiendo con ello una mejor planeación e a implementación de medidas, dispositivos y sistemas de seguridad, para reducir en lo posible los riesgos inherentes a las actividades productivas donde se manejan sustancias peligrosas.

IV.3.2. TIPOS DE MODELOS

Existen una serie de modelos de simulación de escenarios de riesgo ambiental. En base al evento que se evalúa, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- A) MODELOS DE DISPERSION DE CONTAMINANTES
Fugas-derrames y PUFF
- B) MODELOS DE NUBES EXPLOSIVAS
- C) MODELOS DE NUBES FLAMABLES

Los simuladores comerciales cuentan generalmente con los modelos anteriormente señalados, aunque en algunas ocasiones son nombrados de diferente manera. Sin embargo, la esencia de evaluación conlleva a la obtención de resultados para los eventos antes citados.

El Instituto Nacional de Ecología cuenta con un simulador llamado SISTEMA DE EVALUACION RAPIDA DE IMPACTO AMBIENTAL (SIRIA), del cual analizaremos posteriormente su estructura como apoyo a la explicación de esta parte del curso.

Existen otros modelos de simulación de riesgos muy completos, los cuales integran dentro de sus algoritmos de cálculo bases de datos de las propiedades fisicoquímicas de muchas sustancias químicas. Uno de ellos es el CHARM, el cual se encuentra descrito en términos generales en el apéndice C. Aún cuando estos modelos facilitan la búsqueda bibliográfica de dicha información, en algunas ocasiones requieren de parámetros más sofisticados, criterios y consideraciones técnicas más fundamentadas, lo que hace más complejo su manejo.

El SIRIA es una herramienta cuyos algoritmos de cálculo están integrados por variables elementales que no requieren consideraciones complicadas, asimismo los criterios que se manejan para alimentar cada uno los datos, aparecen registrados en la pantalla de presentación.

A) CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL MODELO

Para seleccionar el tipo de modelo que se debe utilizar para evaluar los daños provocados por una sustancia peligrosa, se debe tomar en cuenta las características fisicoquímicas y tóxicas de la sustancia que se va a modelar, así como sus efectos a la salud y al medio ambiente.

Existen una gran variedad de fuentes bibliográficas donde vienen señalados los diversos peligros que origina una sustancia por su naturaleza. Dichas fuentes se mencionaran en el capítulo correspondiente.

Debido a que una misma sustancia integra en algunas ocasiones más de una posible afectación (Incendio, explosión, toxicidad), se debe modelar para cada uno de sus efectos a fin de determinar cual es el de mayor potencial.

Asimismo una misma sustancia puede presentar diferente riesgo potencial, lo cual está determinado en todo momento, por las condiciones reales de su manejo y/o almacenamiento (Temperatura, presión, concentración, gasto, volumen, etc.), así como las características ambientales del lugar (velocidad del viento, radiación solar, etc.).

**B) MODELOS DE DISPERSAN DE CONTAMINANTES
FUGAS-DERRAMES, PUFF**

DESCRIPCION

Modelo de Fugas y Derrames

Este modelo esta basado en la ecuación de Difusión Gaussiana de un gas o vapor. Su algoritmo ha sido diseñado para proveer de una estimación el Area de Riesgo o de "Exclusión" generada por una fuga continua de un gas o de un vapor proveniente de un líquido que se evapora.

Suposiciones al Modelo

- Las ecuaciones gaussianas se emplean bajo el supuesto que las concentraciones máximas se registran a nivel de piso ($z=0$ m).
- El gasto de emisión es constante durante el tiempo de modelación.
- Se considera que las características meteorológicas del lugar no se alteran durante el tiempo que dura la fuga o derrame.

Modelo de Fuga Masiva e Instantánea (PUFF)

El modelo está desarrollado en base a las ecuaciones de dispersión gaussiana de una nube ó "puff" tridimensional, formada por la masa de una sustancia gaseosa que es liberada a la atmósfera en unos cuantos segundos, tal como sería la liberación de una nube de gas tóxico provocada por una explosión o ruptura de un almacenamiento.

Suposiciones al Modelo

- El gas es emitido masiva e instantáneamente.
- Asume que la dispersión de la nube a lo largo de la dirección del viento (x), es igual a la dispersión en la dirección lateral (y). Por lo tanto, se considera que el viento interviene únicamente como un vector de movimiento del puff, no existiendo dilución debida al viento.
- La ecuación de la dispersión gaussina tridimensional que constituye este modelo calcula la concentración a nivel de piso ($z=0$ m) en la posición (x,y) a partir del centro de la nube.

- En el modelo se asume que la estabilidad, así como el viento, permanecen constantes durante todo el recorrido del puff.
- El viento no provoca una dilución de la nube en la dirección x.

DATOS REQUERIDOS

Dentro de la información requerida por estos modelos, se tiene en términos generales la siguiente:

Concentración Máxima Permisible de Exposición (Cmpe).- La cual esta definida por los siguientes valores:

IDLH.- (Immediately Dangerous to Life or Health).- Es la concentración a la cual se tiene daños inmediatos a la vida o la salud debida a una exposición continua a una sustancia tóxica por un tiempo de 30 minutos. Se expresa en mg/m^3 o ppm.

TLV.- (Valor Límite Umbral).- Es la concentración máxima permisible de exposición a una sustancia tóxica, expresada en mg/m^3 o ppm, para un tiempo de exposición de 15 minutos u 8 horas.

A todas las sustancias tóxicas se les ha determinado sus valores de toxicidad, pero para algunas de ellas, aún no se les han determinado alguno de los valores antes citados.

Para decidir el valor a utilizar en la modelación, se debe definir primeramente el área de afectación que se va a calcular. El valor de IDLH, se utiliza para establecer la Zona de Alto Riesgo (ZAR), en virtud de que dicha concentración representa daños inmediatos a la salud de la población que estaría expuesta a la emisión de una sustancia tóxica; dicho valor numéricamente es mayor que los valores de TLV. Cuando se desconoce este valor, se utiliza el TLV_{15} , que es el valor inmediatamente menor después del IDLH. Generalmente el valor de TLV_8 se utiliza para determinar la zona de amortiguamiento, en virtud de que es el valor numéricamente menor que todos los anteriores.

Altura de la Capa de inversión

Es el valor expresado en metros de la altura a la cual se experimenta la capa de inversión térmica del lugar que se va a evaluar. Cuando se desconoce dicho valor, se asume un valor de cero, para que el modelo no considere este parámetro.

Tipo de Estabilidad

Este parámetro se refiere a la estabilidad atmosférica del lugar que se está evaluando, para ello el modelo ha determinado algunos tipos de estabilidad, los cuales se presentan en la tabla No.1. Cuando se desconoce este parámetro, se le indica al sistema que no se tiene dicho valor y él, solicitará la velocidad del viento y la radiación solar en la zona de evaluación y si es de día o de noche, con lo cual determina el tipo de estabilidad del lugar.

Cuando no se tiene ninguno de los datos antes citados, se estima una estabilidad Neutra (D), que representaría las condiciones más críticas de estabilidad de la zona, las cuales siempre son posibles en un momento dado. Dicha estabilidad representa unas condiciones ambientales a las cuales no existen corrientes variables de aire que permitieran una dispersión rápida de la nube tóxica formada, lo que nos arrojaría distancias de afectación más grandes.

Angulo de Fluctuación

Dicho valor es determinado por el modelo en base al tipo de estabilidad que se haya seleccionado (Ver tabla 1). Representa el ángulo formado medido de la línea perpendicular formada por la pared de la tubería ó área de derrame, con respecto a la forma que toma la nube. Este dato es únicamente requerido por el modelo de fugas y derrames.

RESULTADOS

Los resultados que arroja el modelo son las distancias a las cuales se tienen los valores de concentración especificados. Dichos valores se pueden ejemplificar en la figura No.1.

El modelo PUFF, además de establecer las distancias de afectación, estima el tiempo en que la concentración señalada llega al valor establecido; asimismo lo estima para otros valores de concentración mayor.

C) MODELO DE NUBES EXPLOSIVAS

OBJETIVO

El objetivo de este modelo es determinar la magnitud de los diámetros asociados a las ondas de sobrepresión y los daños producidos en instalaciones, originados por la explosión de una nube de gas o vapor de una sustancia inflamable.

SISTEMA DE INFORMACION RAPIDA DE IMPACTO AMBIENTAL

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

MODELO DE FUGAS Y DERRAMES

Nombre de la Sustancia AMONIACO

J11) Concentración 1 de interés	(mg/m3)	25.000
J12) Concentración 2 de interés	(mg/m3)	35.000
J13) Concentración 3 de interés	(mg/m3)	500.000
L) Altura de Capa de Inversión	(m)	0.000

Clave del Evento y Método de Cálculo A)..K) A Fuga Gasto Conocido

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| A) Fuga Gasto Conocido | G) Derrame (Whitacre & Myriski) |
| B) Fuga Gasto Desconocido | H) Derrame (USAF - ESL) |
| C) Derrame Gasto Conocido | I) Derrame (Fleisher Tliq < Teb) |
| D) Derrame Calc. (PM) | J) Derrame (Fleisher Tamb < Teb) |
| E) Derrame Calc. (PV) | K) Derrame (Flasheo) |
| F) Derrame Calc. (SUTTON) | |

↑ [1 Campo]
Home [1er Campo]

↓ [1 Campo]
End [Ult.Campo]

ESC [Salir]

SISTEMA DE INFORMACION RAPIDA DE IMPACTO AMBIENTAL

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

MODELO DE FUGAS Y DERRAMES

Nombre de la Sustancia AMONIACO

J11) Concentración 1 de interés	(mg/m3)	25.000
J12) Concentración 2 de interés	(mg/m3)	35.000
J13) Concentración 3 de interés	(mg/m3)	500.000
L) Altura de Capa de Inversión	(m)	0.000
H) Altura de la FUGA	(m)	1.000
Q) Gasto de la Fuente	(g/s)	1000.000 Q = 1000.0 g/s
Estabilidad C/D :		D Desconocida
e) Angulo de fluctuación		30.000

U) Velocidad del Viento (m/s) 5.000 Estab.=C Lig.Inest.

D)IA ó N)OCHE : - D
Radiación Solar L) M) F) : M

L) ligera , M)oderada , F)uerte
<300 W/m2 300-600 >600 W/m2

↑ [1 Campo]
Home [1er Campo]

↓ [1 Campo]
End [Ult.Campo]

ESC [Salir]

FIGURA 1.

TABLA 1

TIPOS DE ESTABILIDAD

ESTABILIDAD		VEL. DEL VIENTO m/s	ANGULO DE FLUCTUACION
A	MUY INESTABLE	0 - 2	80°
B	INESTABLE	0 - 5	80°
C	LIGERAMENTE INESTABLE	2 - 50	30°
D	NEUTRA	3 - 50	30°
E	ESTABLE	3 - 5	15°
F	MUY ESTABLE	0 - 3	15°
X	A - B	0 - 5	80°
Y	B - C	0 - 50	55°
Z	C - D	2 - 50	30°

CONCEPTOS GENERALES Y CONSIDERACIONES

Las sustancias que contempla este modelo como factibles de formar nubes explosivas son las siguientes:

- A) Gases contenidos a una presión de 500 psi ó más.
- B) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de alta presión.
- C) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de baja temperatura.
- D) Líquidos combustibles o inflamables mantenidos a una temperatura superior a la de su punto de ebullición y que se encuentran en estado líquido por efecto de presión (se excluyen las sustancias cuya viscosidad sea mayor a 1×10^6 centipoises o que posean puntos de fusión mayores a 100°C).

Suposiciones Inherentes al Modelo

- La fuga de material (almacenado o en proceso) es instantánea, excluyéndose escapes paulatinos de gas a menos que se trate de fugas en tuberías de gran capacidad.
- El material fugado se vaporiza en forma instantánea formándose inmediatamente la nube; la vaporización y formación de la nube se efectúa de acuerdo con las propiedades termodinámicas del gas o líquido antes de producirse la fuga.
- Se asume una nube de forma cilíndrica cuya altura corresponde a su eje vertical. Se supone que la nube cilíndrica no es distorsionada por el viento ni por estructuras o edificios cercanos.
- La composición de la nube es uniforme y su concentración corresponde a la media aritmética de los límites superior e inferior de explosividad del material.
- El calor de combustión del material se transforma a un equivalente en peso de trinitrotolueno (TNT) (calor de combustión del TNT = 1830 Btu /lb).
- La temperatura del aire ambiente se considera constante e igual a 21.1°C (70°F).
- Se considera que una nube originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior del mismo.

Una vez que se produce la explosión, se generan una serie de ondas expansivas circulares, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetro mayores.

INFORMACION REQUERIDA

Dentro de la información requerida por este modelo se tiene la siguiente:

A) Propiedades fisicoquímicas de la sustancia:

- Peso molecular.
- Densidad.
- Calor de vaporización.
- Calor de combustión.
- Límite Inferior de Explosividad.
- Límite Superior de Explosividad.

B) Volumen de proceso a condiciones normales de temperatura y presión (0°C y 1atm), exclusivamente cuando se manejan gases bajo presión.

C) Altura de la nube formada. Este dato generalmente se estima de 10 ft, en virtud que varios experimentos han demostrado, que una nube con características explosivas, alcanza generalmente una altura promedio a este valor.

D) Tipo de Daño provocado.

Cuando se origina una explosión, la cantidad de energía que se genera es manifestada en varias formas. Dentro de los daños mas severos que origina una explosión, se ve reflejado en las ondas de sobrepresión formadas (Ver apéndice A). Dicha energía representa un porcentaje del total de la energía liberada; por ello el modelo solicita que se especifique dicho porcentaje de la energía total generada que participa en la formación de las ondas de sobrepresión.

Se han establecido dos valores para definir este tipo de parámetros:

Daño Máximo Probable.- Que representa un valor conservador para estimar los daños provocados por las ondas de sobrepresión originadas por una explosión y que representa en 2% (0.02) del total de la energía liberada.

Con este valor se pretende hacer una estimación elemental de que en el lugar de evaluación, existen una serie de obstáculos que minimizan los efectos de las ondas de sobrepresión originadas.

Asimismo este resultado es utilizado para definir la Zona de Alto Riesgo, cuando el evento máximo probable estimado en una instalación, corresponde a la explosión de una alguna sustancia con tales características.

Daño Máximo Catastrófico.- A diferencia del parámetro anterior, este valor pretende establecer condiciones más drásticas, no toma en cuenta posibles obstáculos que minimicen los efectos de la explosión, por lo que asume que un 10% (0.10) del total de la energía liberada integra las ondas de sobrepresión.

Con este parámetro se estima la Zona de Amortiguamiento, cuando el evento máximo probable estimado en una instalación, corresponde a la explosión de una sustancia con características explosivas.

RESULTADOS

Dentro de los resultados que arroja este modelo se tienen los siguientes:

- Fracción de material en la nube.
- Diámetro de la nube formada.
- Energía desprendida como Daño Máximo Catastrófico.
- Energía desprendida como Daño Máximo Probable.
- Diámetro de las ondas expansivas a los diferentes valores de sobrepresión.

Cada valor de sobrepresión calculado, origina diferentes daños a las instalaciones industriales, así como al medio ambiente. Dichos daños, se describen en la tabla No.2.

D) MODELO DE EVALUACION DE NUBES FLAMABLES

DESCRIPCION

Este modelo estima la formación de nubes de gases flamables provenientes de una emisión continua, el cual es dispersado predominantemente por difusión turbulenta lo que asume que la densidad del gas es cercana a la del aire y la fuente se considera elevada.

TABLA 2

Efectos en Plantas Químicas y en Refinerías Debido a la Sobrepresión de las Nubes Explosivas

0.3	Edificio de mantenimiento. Caída de techos de asbesto corrugado Torre de enfriamiento, Agua: caída de lujaderas de asbesto corrugado.	Torre de enfriamiento Torre de enfriamiento. falla de mamparas
0.5	Cuarto de control (Construcción de concreto y estructura de fierro): rotura de ventanas.	Cuarto de control de ((techo metálico): rotura de ventanas y medidores. Torre de enfriamiento: falla de mamparas.
1.0	Cuarto de control (Construcción de concreto y estructura de fierro): deformación de la estructura.	Cuarto de control de (techo metálico): conexiones dañadas por colapso del techo. Cuarto de control de (techo de concreto): conexiones dañadas por colapso del techo. Tanques de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo.
1.5	Cuarto de control (Construcción de concreto y estructura de fierro): derrumbe del techo. Hornos de tubos fijos: ligero desplazamiento de su posición original. Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques vacíos.	Cuarto de control de (techo metálico): colapso del techo Cuarto de control de (techo de concreto): colapso del techo Torre de enfriamiento: partes internas dañadas. Cubículo de instrumentos: rotura de ventanas y medidores.
2.0		Calentador: fracturas de ladrillos. Reactor químico: rotura de ventanas y medidores. Filtros: falla de paredes de concreto.
2.5		Calentador: el equipo se mueve y la tubería se rompe. Calentador: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
3.0	Edificio de mantenimiento: deformación de la estructura	Tanque de almacenamiento (techo cónico) el equipo se levanta (50% llenado) Cubículo de instrumentos: flechas de fuerza dañadas, controles dañados. Regenerador: el equipo se mueve y las tuberías se rompen. Tanque de almacenamiento (techo flotante): el equipo se levanta (50% llenado).

Efectos en Plantas Químicas y en Refinerías Debido a la Sobrepresión de las Nubes Explosivas

6.5	Horno de turbos fijos: derrumbe del horno Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.	Tanques de almacenamiento de techo cónico: equipo levantado (90% lleno) Reactor químico: marcos colapsados. Tanque de almacenamiento de techo flotante: equipo levantado (90% lleno) Columna de extracción: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
7.0	Torre rectangular (estructura de concreto): derrumbe de la estructura Torre de vacío octagonal de estructura de concreto: fractura de la estructura. Torre fraccionadora (montada sobre pedestal de concreto) caída de la torre. Torre de regeneración (estructura de acero) caída de la torre. Tanque de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques llenos	Reactor catalítico: partes internas dañadas Columna fraccionadora: unidad destruida
7.5	Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): ruptura de anclaje de la torre y caída de la misma Tanque de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques vacíos.	Regenerador: unidad destruida Transformador eléctrico: líneas de fuerza dañadas Turbina de vapor: El equipo se mueve y la tubería se rompe. Cambiador de calor: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
8.0	Reactor rectangular de cracking catalítico (estructura de concreto) fractura de la estructura	Tanque esférico de almacenamiento, el equipo se mueve y la tubería se rompe
8.5	Torre de regeneración (estructura de concreto) fractura de la estructura.	
9.0	Tanque de almacenamiento esférico: derrumbe de tanques llenos	Reactor químico: unidad destruida Motor eléctrico: líneas de fuerza dañadas Recipiente horizontal a presión: unidad destruida Cambiador de calor: unidad destruida
9.5	Desasburizador (montado sobre pedestal y zapatas) caída del reactor Tanque de almacenamiento esférico: derrumbe de tanques vacíos	Filtro: la unidad se mueve de sus cimientos
10.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro) derrumbe de estructura de fierro	Cuarto de control (techo de concreto) unidad destruida Transformador eléctrico: unidad destruida Ventilador: unidad destruida Regulador de gas: controles dañados, carcasa y caja dañadas Columna de extracción: la unidad se mueve de sus cimientos

Efectos en Plantas Químicas y en Refinerías Debido a la Sobrepresión de las Nubes Explosivas

3.5	<p>Cuarto de control (Construcción de concreto y estructura de hierro): derrumbe de muros de concreto.</p> <p>Torre de enfriamiento de agua: derrumbe de la torre.</p> <p>Tuberías (soportadas por estructuras de acero): deformación de la estructura.</p> <p>Tuberías (soportadas por estructura de acero): fracturas en la estructura.</p> <p>Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.</p>	<p>Cuarto de control (techo metálico): falla de paredes de concreto.</p> <p>Cuarto de control (techo de concreto): falla de paredes de concreto.</p> <p>Torre de enfriamiento: falla de paredes de concreto.</p> <p>Reactor catalítico: el equipo se mueve y la tubería se rompe.</p> <p>Soportes de tuberías marcos deformados.</p>
4.5	<p>Torre fraccionadora (montada sobre pedestal de concreto): alojamiento de tuerca de anclaje.</p> <p>Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.</p>	<p>Filtro: partes internas dañadas.</p> <p>Medidor de gas: carcaza y cajas deformadas.</p> <p>Transformador eléctrico: daño por proyección de partículas.</p>
5.0	<p>Torre de regeneración: deformación de la columna.</p> <p>Edificio de mantenimiento: derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura.</p> <p>Tuberías: derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas.</p> <p>Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.</p>	<p>Calentador: unidad destruida.</p> <p>Regenerador: marcos colapsados.</p> <p>Motor eléctrico: daño por proyección de partículas.</p> <p>Ventilador: carcaza y cajas dañadas.</p>
5.5	<p>Torre rectangular (estructura de concretos): fractura de la estructura de concreto de tubería rota.</p> <p>Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.</p>	<p>Soportes de tuberías: marcos colapsados.</p> <p>Columna fraccionadora: marcos rotos.</p>
6.0	<p>Unidad de recuperación de vapor (con estructura rectangular de acero): derrumbe de la estructura.</p> <p>Horno de tubos fijos: caída de la chimenea.</p> <p>Edificio de mantenimiento: derrumbe de la estructura.</p> <p>Tuberías soportadas por estructura de acero: derrumbe de la estructura y rompimiento de la tubería.</p> <p>Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques medios llenos o llenos, dependiendo de su capacidad.</p>	<p>Cabículo de instrumentos: unidad destruida.</p> <p>Recipiente horizontal a presión: marcos deformados, el equipo se mueve y la tubería se rompe. marcos deformados, el equipo se mueve y la tubería se rompe.</p> <p>Recipiente horizontal a presión: marcos deformados, el equipo se mueve y la tubería se rompe.</p> <p>Regulador de gas: el equipo se mueve y la tubería se rompe.</p>

Efectos en Plantas Químicas y en Refinerías Debido a la Sobrepresión de las Nubes Explosivas

12.0	Reactor rectangular de cracking catalítico (estructura de concreto) derrumbe de la estructura y la torre	Filtro: unidad destruida Reactor catalítico: unidad destruida. Columna de extracción: unidad destruida Turbina de vapor: controles dañados Recipiente vertical a presión: El equipo se mueve y la tubería se rompe Bomba: líneas de fuerza dañadas
14		Turbina de vapor: tubería rota Tanque de almacenamiento (esférico) falla de abrazaderas y soportes Recipiente vertical a presión: unidad destruida
16	Torre de regeneración (estructura de concreto) derrumbe de la estructura y la torre	Tanque de almacenamiento esférico: unidad destruida. Bomba: la unidad se mueve en sus cimientos
20		Tanque de almacenamiento (techo flotante) colapso del techo
>20		Motor eléctrico: la unidad se mueve de sus cimientos Turbina de vapor: la unidad se mueve de sus cimientos

INFORMACION REQUERIDA

Para la aplicación de este modelo es necesario determinar las concentraciones de gas que representan ya un riesgo, para ello se consideran los límites superior e inferior de flamabilidad:

Cs = Concentración del límite superior de flamabilidad en fracción mol.

Ci = Concentración del límite inferior de flamabilidad en fracción mol.

Asimismo se debe indicar el gasto volumétrico de emisión, y algunos datos referente a las condiciones ambientales del entorno como la velocidad del viento e índice de difusión.

El índice de difusión se determina en base a las características ambientales del lugar que se esta evaluando, y cuya selección requiere del apoyo de la siguiente información:

Condiciones de estabilidad	n
Gradiente vertical de la temperatura	1/5
Condiciones neutras	1/4
Inversión moderada	1/3
Inversión fuerte	1/2

Generalmente para efectos de cálculo se estima un valor de $n = 1/4$ ó $1/3$, que representan las condiciones ambientales más críticas.

RESULTADOS

Encuentra las distancias X_i y X_s en las cuales se tienen las concentraciones de los límites inferior y superior de flamabilidad.

Este rango de X_s a X_i , representa la zona de riesgo por flamabilidad de una sustancia para ciertas condiciones de emisión y estabilidad atmosférica.

Como se puede observar, este modelo no contempla la radiación térmica originada por el incendio formado, por lo que está limitado a la obtención de distancias, las cuales representan la zona en que una nube tiene las características de concentración adecuada para prenderse, pero nunca contempla la energía térmica que se generaría si dicha nube prendiera, lo cual representaría el riesgo real de una nube flamable.

Por lo anterior, este modelo no es empleado para definir Zonas de Alto Riesgo ó de Amortiguamiento, sin embargo, permite establecer la ubicación adecuada en nuevos proyectos industriales, de las áreas de almacenamiento de sustancias flamables con respecto a fuentes de ignición.

IV.4 FUENTES DE INFORMACION PARA LOS DATOS REQUERIDOS POR LOS MODELOS DE SIMULACION

Existe una amplia gama de fuentes de información bibliográfica para la obtención de los datos solicitados en los modelos de simulación.

Dentro de las fuentes más completas que integran una serie de datos fisicoquímicos, así como valores de toxicidad se tienen:

- **NIOHS.**- (National Institute for Occupational Safety and Health, Instituto Nacional de la Seguridad y Salud Ocupacional).- Integra algunos datos fisicoquímicos así como valores de IDLH y TLV, para más de 400 sustancias tóxicas, además de la lista de materiales con que manifiestan incompatibilidad química, equipo de seguridad requerido para su manejo y efectos a la salud.
- **MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO** . (Jonh H. Perry).- En cuyo volumen I de la edición No.6, integra datos fisicoquímicos de una gran cantidad de elementos y compuestos orgánicos e inorgánicos, y es una de las fuentes más completas para la obtención de los calores de combustión de una amplia gama de compuestos orgánicos.
- **HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD.**- Estas hojas son elaboradas por la empresa que fabrica productos químicos. Contiene algunas propiedades fisicoquímicas, recomendaciones para el manejo y almacenamiento de la sustancia, precauciones y efectos a la salud, entre otras. Una hoja de datos de seguridad se ilustra en la figura No.2.

Material Safety Data Sheet

From Genium's Reference Collection
 Genium Publishing Corporation
 1145 Catalyn Street
 Schenectady, NY 12303-1836 USA
 (518) 377-8855



No. 50
**SULFUR DIOXIDE,
 ANHYDROUS**
 (Revision B)
 Issued: June 1979
 Revised: March 1987



SECTION 1: MATERIAL IDENTIFICATION

MATERIAL NAME: SULFUR DIOXIDE, ANHYDROUS

DESCRIPTION/USES: A colorless gas shipped in cylinders or tanks as a liquid under its own vapor pressure. Also produced upon oxidation of sulfur or sulfur-containing materials.

OTHER DESIGNATIONS: Sulfur Dioxide; Sulfurous Acid, Anhydride; Sulfurous Oxide; SO₂; CAS #7446-09-5

MANUFACTURER/SUPPLIER: Virginia Chemicals, 801 Water Street, Portsmouth, VA 23704; Telephone: (804) 393-3100

HMS
 H 2
 F 0
 R 0
 PPE*
 *See Sect. 8

R 1
 I 4
 S 2
 K -

SECTION 2: INGREDIENTS AND HAZARDS

Ingredients	%	HAZARD DATA
Sulfur Dioxide, CAS #7446-09-5	ca 99	8-hr. TWA: 5 ppm ^o or 12 mg/m ³ Human, Inhalation, TCLo, 3 ppm/5 Days: Pulmonary Effects Human, Inhalation, LCLo: 400 ppm/1 min.

* Current OSHA PEL.
 ACGIH (1986-87) TLV is 2 ppm or 5 mg/m³.
 NIOSH 10-hour TWA is 0.5 ppm.

SECTION 3: PHYSICAL DATA

Boiling Point @ 1 atm - 14°F (-10°C)	Solubility in Water @ 1 atm, wt. %
Vapor Pressure @ 70°F - 34.4 psig	@ 0°C - 18.6
Vapor Density (Air = 1) - 2.26	@ 20°C - 10.2
Specific Gravity (0/4°C) - 1.434	@ 40°C - 5.13
(Liquid under Pressure)	Freezing Point @ 1 atm - -103.9°F (-75.5°C)
Percent Volatile by Volume - 100%	Molecular Weight - 64.06

Appearance and odor: A colorless gas or liquid with an irritating, suffocating odor whose un-fatigued threshold of recognition is 0.47 ppm in air (100% of the test panel); 3-5 ppm in air is detected by the normal worker.

SECTION 4: FIRE AND EXPLOSION DATA

			LOWER	UPPER
Flash Point and Method	Autoignition Temperature	Flammability Limits in Air		
Not Found	Not Found	Not Found	Not Found	Not Found

EXTINGUISHING MEDIA: Use extinguishing media that is appropriate to the surrounding fire. This material is nonflammable. Water spray can be used to cool fire-exposed containers. SO₂ will form a corrosive acidic mist with water fog or steam. **UNUSUAL FIRE/EXPLOSION HAZARDS:** Containers may explode in the heat of a fire or may rupture and release irritating toxic sulfuric dioxide gas. **SPECIAL FIRE-FIGHTING PROCEDURES:** Fire fighters should wear fully protective clothing, eye protection, and self-contained breathing equipment when this material is involved in a fire. Move containers from the fire area. If gas is leaking, isolate area until the gas has dispersed.

SECTION 5: REACTIVITY DATA

Anhydrous sulfur dioxide is stable. Hazardous polymerization cannot occur.

This gas corrodes most metals in the presence of moisture. It reacts with water and steam. It reacts vigorously with strong alkalis and oxidizing agents and powdered alkali metals such as sodium or potassium.

Take the precaution to avoid exposing any part of a compressed-gas cylinder to temperatures above 125°F (51.6°C). Do not store this material in direct sunlight.

A hazardous product of decomposition of anhydrous sulfur dioxide is sulfur dioxide gas.

Copyright © 1986 Genium Publishing Corporation.
 Any commercial use or reproduction without the publisher's permission is prohibited.

SECTION 6. HEALTH HAZARD INFORMATION

Anhydrous sulfur dioxide is not listed as a carcinogen by the NTP, IARC, or OSHA. Inhaling more than 6 ppm of this material can immediately irritate the nose and throat and cause sneezing and coughing; inhaling more than 20 ppm can cause irritation and lacrimation (tearing of the eyes). Short-term exposures above 50 to 100 ppm can be dangerous, and those above 400 to 500 ppm are immediately life threatening. SO₂ affects the respiratory tract, causing bronchial irritation, difficulty in breathing, pulmonary edema, and, at high levels, possible respiratory paralysis. **TARGET ORGANS** are the upper respiratory system, skin, and lungs. **PRIMARY ENTRY** is by way of inhalation. **ACUTE EFFECTS** are noted in the respiratory tract and eyes (irritation). Contact with liquid sulfur dioxide may cause skin burns. **CHRONIC EFFECTS** (respiratory) are rhinitis, dryness of the throat, and cough. **FIRST AID: EYE CONTACT:** Flush eyes well, including under the eyelids, with running water for 15 minutes or more. Get medical help immediately.* **SKIN CONTACT:** Remove contaminated clothing under the shower. Wash exposed area well with soapy water. Get medical help.* **INHALATION:** Remove victim to fresh air. Restore his breathing and/or have trained personnel administer oxygen as required. Keep him warm and at rest. Get medical help.* **INGESTION:** Get medical help.*

*GET MEDICAL ASSISTANCE - In plant, paramedic, community. Get medical help for further treatment, observation, and support after first aid.

SECTION 7. SPILL, LEAK, AND DISPOSAL PROCEDURES

Before using sulfur dioxide it is essential that proper emergency procedures be established and made known to all personnel involved with it. Notify safety personnel of a sulfur dioxide spill or leak. Keep nonessential personnel away. Stay upwind of the spill or leak and out of low-lying areas. Cleanup personnel need protection against inhalation of vapors and contact with liquid. Stop the leak if you can do so without risk. Detect small leaks by passing ammonia vapors over suspected leak areas. A dense white fume will form near the leak area. Absorb material in alkaline solutions of caustic soda (NaOH), hydrated lime (Ca(OH)₂), etc. Alkaline solutions need to be oxidized to inert sulfate salts before disposal. Follow Federal, state, and local regulations.

SECTION 8. SPECIAL PROTECTION INFORMATION

Chemical cartridge respirators approved for SO₂ are suitable when concentrations of sulfur dioxide are known to be below 20 ppm. Use a self-contained breathing apparatus (positive-pressure type) with a full facepiece for emergency or nonroutine use. Maintain sulfur dioxide concentrations below TLV limits. Use adequate local exhaust ventilation. Sulfur dioxide vapors are heavier than air, so place ventilation outlet at low levels on the floor. Wear protective clothing, rubber or vinyl gloves, and gas-tight safety goggles. Where danger of contact with liquid exists, rubber boots, a rubber suit, and face shield, etc., may be required. A chemical safety shower and an eyewash station must be readily available in areas of handling or use.

Contact lenses pose a special hazard; soft lenses may absorb irritants, and all lenses concentrate them.

Preplacement and periodic examinations should emphasize pulmonary effects.

SECTION 9. SPECIAL PRECAUTIONS AND COMMENTS

Keep containers of sulfur dioxide in a cool, dry, well-ventilated area of noncombustible construction. Protect them from physical damage.

Keep sulfur dioxide containers out of the sun and away from all direct sources of heat. Follow general practices for safe handling and storage of compressed-gas cylinders or tanks. **DO NOT STORE THEM IN CONFINED AREAS.**

Do not ship leaking SO₂ containers.

DOT Classification: Nonflammable Gas

Label: Nonflammable Gas

DOT ID No. UN1079

Data Source(s) Code: 1-12, 14, 17, 21, 31, 34, 38, 39, 42, 47, 48, 82, 84. CK

Judgements as to the suitability of information herein for purchaser's purposes are necessarily purchaser's responsibility. Therefore, although reasonable care has been taken in the preparation of such information, Gemini Publishing Corp. extends no warranties, makes no representations and assumes no responsibility as to the accuracy or suitability of such information for application to purchaser's intended purposes or for consequences of its use.

Approvals

Indust. Hygiene/Safety

Medical Review

- **GUIA DE RESPUESTAS INICIALES EN CASO DE EMERGENCIA OCASIONADAS POR MATERIALES PELIGROSOS.**- Dicha guía fue publicada en 1992 por la ANIQ (Asociación Nacional de Ingenieros Químicos), en coordinación con la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

No involucra datos fisicoquímicos ni valores de toxicidad de sustancias peligrosas, únicamente indica los peligros potenciales y acciones en caso de emergencia de una gran cantidad de compuestos peligrosos utilizados en la Industria Química. Dicha clasificación es útil para definir el riesgo potencial de una sustancia, cuando se desconoce el tipo de efecto que provocaría en caso de emergencia, y con ello seleccionar el tipo de modelo aplicable (Fugas-derrames, Puff, nubes explosivas y/o nubes flamables).

CARTOGRAFIA.- Dentro de los mapas cartográficos que emite el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI), algunos de ellos son de utilidad para definir la velocidad del viento y algunas otras condiciones climatológicas. Asimismo permite observar la ubicación de los poblados próximos a las instalaciones que se están evaluando.

Por otra parte, los datos estadísticos de densidad de población permiten estimar el número de personas que se verían afectadas al presentarse un accidente, lo cual nos permite organizar, preparar y suministrar de los servicios necesarios a la comunidad en cantidad, tiempo y forma adecuada, en una emergencia. Dicho tema se tratará con profundidad en el capítulo correspondiente a Programas para la Prevención de Accidentes.

IV.5 INTERPRETACION DE RESULTADOS

A) EFECTO DOMINO

En algunas ocasiones, el análisis de riesgos conlleva únicamente a la modelación de un evento el cual representa, en algunos casos el de mayor magnitud.

Por otra parte, cuando únicamente se estiman eventos con pequeñas afectaciones, estos pueden conducir a un desencadenamiento de eventos sucesivos lo que se llama **Efecto Dominó**, lo cual puede originar un evento mayor al que se tenía estimado.

Para determinar lo anterior, las áreas de afectación resultantes de cada uno de los eventos modelados, se debe representar en un plano a escala adecuada, donde pueda apreciarse toda la magnitud de la afectación. La indicación de todas y cada una de dichas afectaciones forma lo que se llama **Diagrama de Pétalos**.

Cabe hacer notar, que aún cuando los modelos de Dispersión de contaminantes, nos proporcionan resultados de las dimensiones de la pluma formada, debe tomarse en cuenta que la afectación está determinada por la distancia y no por el área que define el modelo. El área que debe considerarse, es aquella formada por un círculo cuyo radio es igual a la distancia calculada por el modelo en la dirección X, ya que siempre existe la probabilidad de que el viento tome cualquiera de las direcciones indicadas en la rosa de vientos.

Generalmente las ondas de sobrepresión de una explosión y el calor generado por un incendio (Ver Apéndice A), pueden conducir al daño de un equipo que no se había considerado, lo que conlleva a la modelación de dicho evento, arrojando como resultado en muchos casos, áreas de afectación mayores.

Una vez que se ha determinado el área mayor de afectación, se determina lo siguiente:

B) ZONA INTERMEDIA DE SALVAGUARDIA

Está integrada por la Zona de Alto Riesgo y la Zona de Amortiguamiento, y es la distancia requerida para proteger a la población, sus bienes y al ambiente de los riesgos de un evento extraordinario derivado de las actividades de una planta industrial. Ver figura No. 3.

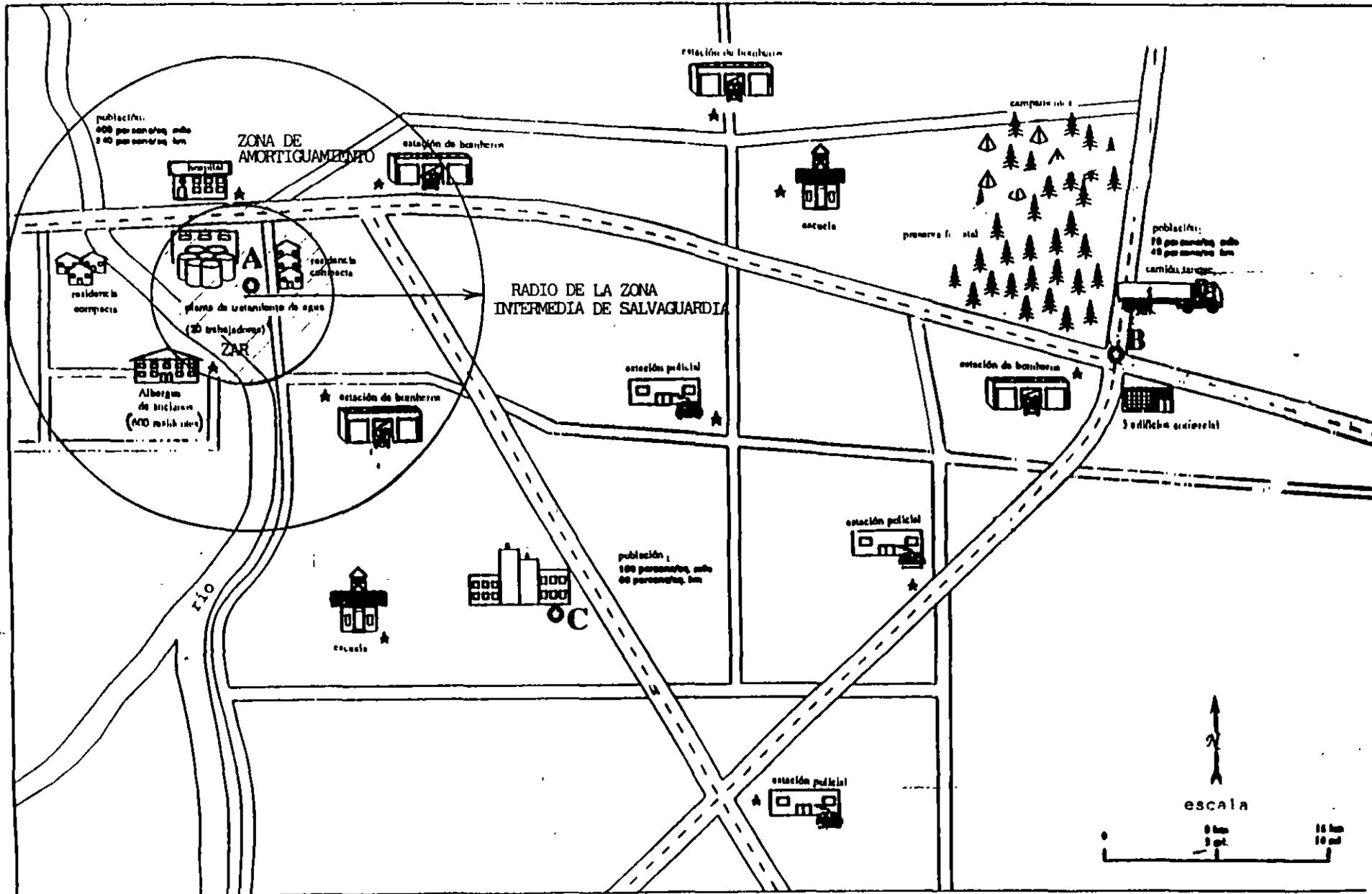
Zona de Alto Riesgo

Está determinada por un área cuya magnitud esta definida por el radio vector medido desde el punto modelado que representa el evento de mayor magnitud, al resultado que arroja el modelo, en base a los criterios antes señalados (Ver figura No. 3). En esta área se estima que la población y el ambiente pueden sufrir severos daños al presentarse un accidente en las actividades de la planta; por lo que no es conveniente la ubicación de asentamientos humanos ni la realización de actividades no compatibles con las desarrolladas en la misma.

Zona de Amortiguamiento

Esta determinada por un área cuya magnitud esta definida por el radio vector medido a partir de la zona de alto riesgo, hasta la distancia que el modelo arroja en base a los criterios antes citados (Ver figura No. 3). En esta área se pueden llevar actividades que sean compatibles con las actividades de la empresa y otras propicias para salvaguardar a la población, sus bienes y al ambiente de posibles daños, tales como la agricultura y determinados tipos de industria.

FIGURA 3



63

CHECKLIST

(LISTA DE VERIFICACION)

LA LISTA DE VERIFICACION PUEDE SER USADA PARA:

- * IDENTIFICAR Y SEÑALAR CONSECUENCIAS

- * COMPARAR SISTEMAS DE INTERÉS CON:
 - CODIGOS DEL GOBIERNO
 - CODIGOS DE LA INDUSTRIA, ESTANDARES Y METODOS
 - POLITICAS DE LA COMPAÑIA, ESTANDARES Y METODOS.

LISTA DE VERIFICACION

(CHECKLIST)

EN UN ANALISIS TRADICIONAL DE LISTA DE VERIFICACION PARA EL ANALISIS DE RIESGO, SE USA UNA LISTA DE RUBROS ESPECIFICOS PARA IDENTIFICAR LOS TIPOS DE RIESGOS, DEFICIENCIAS DE DISEÑO Y SITUACIONES POTENCIALES DE ACCIDENTES ASOCIADOS CON PROCESOS COMUNES DE EQUIPO Y OPERACIONES.

LA TECNICA DE LISTA DE VERIFICACION PUEDE UTILIZARSE PARA EVALUAR MATERIALES, EQUIPOS O PROCEDIMIENTOS.

LA LISTA DE VERIFICACION ES LA MAS USADA PARA EVALUAR UN DISEÑO ESPECIFICO EN EL CUAL LA INDUSTRIA O COMPAÑIA TIENE GRAN EXPERIENCIA, AUNQUE TAMBIEN PUEDE SER UTILIZADA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS NUEVOS PARA IDENTIFICAR Y ELIMINAR RIESGOS QUE HAN SIDO RECONOCIDOS A TRAVEZ DE LOS AÑOS DE OPERACION EN SISTEMAS SEMEJANTES.

EL USO ADECUADO DE UNA LISTA DE VERIFICACION GENERALMENTE GARANTIZARA QUE UNA PIEZA DEL EQUIPO ESTE CONFORME A ESTANDARES ACEPTABLES, PUDIENDOSE TAMBIEN IDENTIFICAR AREAS QUE REQUIERAN DE UNA MAYOR EVALUACION.

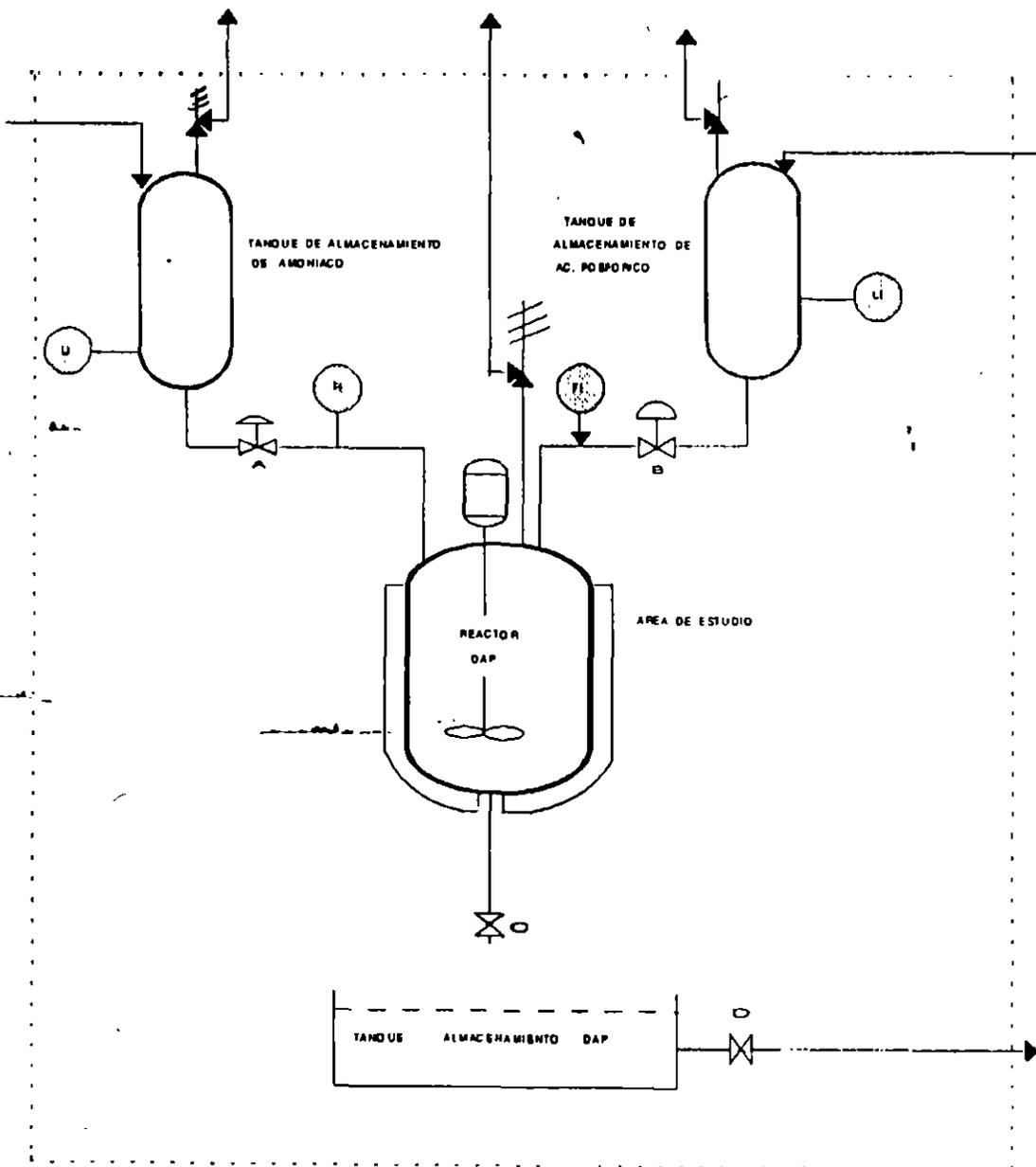
PARA QUE SEA MAS UTIL UNA LISTA DE VERIFICACION ESPECIFICAMENTE SE DEBERA DELIMITAR PARA UNA COMPAÑIA INDUSTRIAL, PLANTA O PROCESO.

EL ANALISIS DE LA LISTA DE VERIFICACION DE UN PROCESO EXISTENTE NORMALMENTE INCLUYE LA REVISION DE ASPECTOS DEL AREA DE PROCESO Y COMPARA EL EQUIPO CON LA LISTA DE VERIFICACION.

COMO PARTE DEL ANALISIS DE LA LISTA DE VERIFICACION DE UN PROCESO QUE TODAVIA NO SE CONSTRUYE, LA EXPERIENCIA PERSONAL COMPARA LA DOCUMENTACION DEL DISEÑO ADECUADO CONTRA LOS ASPECTOS RELEVANTES DE LA LISTA DE VERIFICACION.

ESTACION DE DESCARGA

ESTACION DE DESCARGA



ALREDEDORES

ESTACION DE CARGA

67

EJEMPLO DE LISTA DE VERIFICACION

(CHECKLIST)

EL PROPOSITO DE LA FIGURA ES MOSTRAR UN PROCESO CONTINUO; EN ESTE PROCESO UNA SOLUCION DE ACIDO FOSFORICO Y AMONIACO ES ALIMENTADA A TRAVEZ DE UNA VALVULA DE CONTROL DE FLUJO A UN REACTOR CON AGITACION. EL AMONIACO Y EL ACIDO FOSFORICO REACCIONAN PARA FORMAR FOSFATO DE DIAMONIO (DAP), UN PRODUCTO NO RIESGOSO. EL DAP FLUYE DEL REACTOR A UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO ABIERTO. LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y REACTOR ESTAN PROVISTOS CON VALVULAS DE ALIVIO CON DESCARGAS HACIA EL EXTERIOR DEL AREA DE TRABAJO (PUNTEADA).

- * SI SE ALIMENTA MAYOR CANTIDAD DE ACIDO FOSFORICO AL REACTOR (COMPARADO CON EL GASTO DE AMONIACO) SE FORMARA UN PRODUCTO FUERA DE ESPECIFICACIONES, PERO LA REACCION ES SEGURA.

- * SI EL GASTO DE AMONIACO Y ACIDO FOSFORICO SE INCREMENTAN, LA CANTIDAD DE ENERGIA LIBERADA PUEDE INCREMENTARSE Y DE ACUERDO AL DISEÑO DEL REACTOR SERIA IMPOSIBLE CONTROLAR EL AUMENTO DE PRESION Y TEMPERATURA.

- * SI SE ALIMENTA MAYOR CANTIDAD DE AMONIACO (COMPARADO CON LA ALIMENTACION NORMAL DE ACIDO FOSFORICO), EL AMONIACO QUE NO REACCIONA PUEDE LLEGAR AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DAP.

- CUALQUIER RESIDUO DE AMONIACO EN EL TANQUE DE DAP SERA DISPERSADO EN EL AREA DE TRABAJO ENCERRADA, CAUSANDO EXPOSICION AL PERSONAL. POR LO QUE SERA NECESARIO INSTALAR DETECTORES DE AMONIACO Y ALARMAS EN EL AREA DE TRABAJO.

UN ANALISIS DE LISTA DE VERIFICACION ES DESARROLLADO PARA EL SISTEMA, UTILIZANDO UNA LISTA DE VERIFICACION ESTANDAR DE LA COMPAÑIA

EN LA SIGUIENTE TABLA SE MUESTRA LA SITUACION UN EJEMPLO DE LA LISTA DE VERIFICACION CON EL ANALISIS CORRESPONDIENTE.

MATERIA PRIMA:

¿TODA LA MATERIA PRIMA SE COMPORTO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES ORIGINALES?

NO LA CONCENTRACION DE AMONIACO EN LA SOLUCION DE AMONIACO HA SIDO AUMENTADA PARA REQUERIR CON MENOR FRECUENCIA LA COMPRA DEL MISMO. EN LO RELATIVO AL GASTO DE FLUJO AL REACTOR, HA SIDO AJUSTADO PARA MAYORES CONCENTRACIONES DE AMONIACO.

¿ CADA RECIPIENTE CONTIENE EL MATERIAL ADECUADO ?

SI EN CADA RECIPIENTE SE REvisa QUE EL MATERIAL SEA EL ADUECUADO

- CON ANTERIORIDAD EL SURTIDOR HA VERIFICADO QUE ES CONFIABLE.
- EL ROTULADO DEL TRANSPORTE, PERMISOS, ES VERIFICADO ANTES QUE SEA PERMITIDA LA DESCARGA. PERO NO SE HACE UN MUESTREO.

¿ TIENEN LOS OPERADORES ACCESO A LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES ?

SI LAS HOJAS DE SEGURIDAD ESTAN DISPONIBLES LAS 24 HORAS EN EL LUGAR DEL PROCESO Y EN EL DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD.

¿ ES APROPIADA LA DISTRIBUCION DEL EQUIPO CONTRA INCENDIO ?

NO LA UBICACION Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO CONTRA INCENDIO Y SEGURIDAD NO ES LA ADECUADA PERO NO SE CAMBIARA, DEBIDO A LA CONSTRUCCION DE UNA PARED EN EL AREA DE PROCESO.

LA NUEVA PARED SE DEBE A QUE LA DISTRIBUCION EN ALGUNAS AREAS DE PROCESO NO ESTAN PROTEGIDAS ADECUADAMENTE CON EQUIPO CONTRA INCENDIO; EL EQUIPO EXISTENTE ESTA EN BUENAS CONDICIONES Y SE PRUEBA MENSUALMENTE.

E Q U I P O :

¿ FUE CALENDARIZADA LA REVISION DE TODO EL EQUIPO ?

SI LA CUADRILLA DE MANTENIMIENTO HA REVISADO EL EQUIPO EN EL AREA DE PROCESO DE ACUERDO A LOS ESTANDARES DE LA COMPAÑIA.

SIN EMBARGO, LA FALLA DE DATOS Y EL DEPARTAMENTO RELACIONADO CON EL MANTENIMIENTO SUGIERE QUE EL EQUIPO MANUAL DE ACIDO PUEDE SER MUY IRREGULAR.

¿ FUE CALENDARIZADA LA REVISION DE LAS VALVULAS DE ALIVIO ?

SI LA CALENDARIZACION DE LA REVISION FUE EJECUTADA.

¿ LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y LOS INTERLOOKS FUEROS REVISADOS CON UNA FRECUENCIA ADECUADA ?

SI NO HA HABIDO DESVIACION DE LA CALENDARIZACION DE LA INSPECCION, SIN EMBARGO LA INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD E INTERLOOKS HAN SIDO REVISADOS DURANTE LAS OPERACIONES DEL PROCESO. LO CUAL ES EN CONTRA DE LAS POLITICAS DE LA COMPAÑIA

**¿ES APROPIADO EL MANTENIMIENTO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS?
(EJEMPLO : (REFACCIONES)**

SI LA COMPAÑIA MANTIENE UN BAJO INVENTARIO DE LAS PARTES DE REEMPLAZAMIENTO COMO UNA POLITICA ECONOMICA, A TRAVEZ DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y REFACCIONES DE CORTA DURACION QUE ESTEN INMEDIATAMENTE DISPONIBLES, OTRAS PARTES EXCEPTO EQUIPO MAYOR ESTAN DISPONIBLES MEDIANTE CONTRATO EN CUATRO HORAS POR UN DISTRIBUIDOR LOCAL.

P R O C E D I M I E N T O S :

¿ ESTAN ACTUALIZADOS LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACION ?

SI LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACION FUERON REVISADOS SEIS MESES ANTES DE REALIZAR CAMBIOS MENORES EN LAS ETAPAS DE OPERACION.

¿ EJECUTAN LOS OPERADORES LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACION ?

NO LOS RECIENTES CAMBIOS EN LAS ETAPAS DE OPERACION HAN SIDO IMPLEMENTADOS LENTAMENTE

PIENSAN LOS OPERADORES QUE TAL VEZ EN LOS CAMBIOS NO SE HA CONSIDERADO LA SEGURIDAD DEL OPERADOR.

¿ ES APROPIADA LA PREPARACION DEL NUEVO APOYO OPERATIVO ?

SI ESTA OPERANDO APROPIADAMENTE EL NUEVO STAF DE CAPACITACION. UN EXTENSO PROGRAMA DE PREPARACION CON REVISIONES PERIODICAS HA SIDO IMPLEMENTADO Y LA INFORMACION DEL ENTRENAMIENTO HA SIDO DISTRIBUIDA A LOS TRABAJADORES.

¿COMO SON MANEJADAS LAS COMUNICACIONES EN UN CAMBIO OPERATIVO?

EL OPERADOR PRINCIPAL ANTEPONE 30 MIN PARA PERMITIR EL SIGUIENTE CAMBIO, PARA ASI CONTROLAR EL ESTADO DE OPERACION EN EL PROCESO.

¿ ES ACEPTABLE EL MANEJO DE LA EMPRESA ?

SI EL MANEJO DE LA EMPRESA PARECE SATISFACTORIO

H A Z O P

HAZARDS

AND

OPERABILITY

ESTUDIO DE RIESGO

Y

OPERABILIDAD

HAZOP: HAZARD AND OPERABILITY STUDIES

- * ES UNA TECNICA PARA IDENTIFICAR RIESGOS Y PROBLEMAS QUE IMPIDEN UNA OPERACION EFICIENTE
- * ES UNA TECNICA QUE PERMITE LIBERAR LA IMAGINACION
- * EVITA QUE LOS RIESGOS Y/O PROBLEMAS DE OPERACION PUEDAN CONTINUAR
- * LA TECNICA AL EJECUTARSE EN FORMA SISTEMATICA, REDUCE LAS POSIBILIDADES DE QUE ALGO NO SE ANALICE
- * DEBE CONSIDERARSE COMO UN CONCEPTO DE SEGURIDAD DEL PROCESO PARA PROTECCION DEL PERSONAL, INSTALACIONES Y COMUNIDADES.

VENTAJAS DEL HAZOP

- * PARTICIPAN EXPERTOS DE VARIAS AREAS
 - IMAGINACION, IDEAS Y EXPERIENCIAS
 - MULTIPLES PUNTOS DE VISTA/PERSPECTIVAS
 - MAYOR NUMERO DE PROBLEMAS IDENTIFICADOS POR EL GRUPO QUE LA SUMA DE MANERA INDIVIDUAL

- * CONSTANTEMENTE SE APEGAN A FUNCIONES PROPUESTAS.

- * LAS PALABRAS GUIA SE MANTIENEN CONSTANTEMENTE EN ESTUDIO DE MANERA DIRECTA.

- * REVISION COMPLETA DEL SISTEMA
 - CADA COMPONENTE ES REVIZADO MINUCIOSAMENTE:-
 - 90-99% DE LOS COMPONENTES SON CAPTADOS
 - 90 A 99% DEL TOTAL DE LOS RIESGOS PODRAN SER IDENTIFICADOS.

- NOTA: NO NECESARIAMENTE DEL 90 AL 99% DE TODOS LOS RIESGOS EXISTEN, ALGUNOS NO LO SON.

DESVENTAJAS DEL HAZOP

- * SUCESOS O FALLAS DEPENDIENTES DE:
 - EXACTITUD DE PLANOS Y DATOS
 - HABILIDADES TECNICAS Y CONOCIMIENTOS DEL GRUPO
 - HABILIDAD Y DISPOSICION DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO PARA PARTICIPAR.

- * CANSANCIO

- * TIEMPO Y COSTO
 - DISPONIBILIDAD DE GENTE CON OTRAS ACTIVIDADES
 - . MANEJO DE CONCEPTOS DEL GRUPO
 - . DESATENCION DE SUS ACTIVIDADES NORMALES
 - TRASLADO
 - SEGUIMIENTO

- * NO SE DETECTAN INTERACCIONES ENTRE SECCIONES SEPARADAS DEL SISTEMA EN ESTUDIO.

INTEGRANTES DEL GRUPO DE TRABAJO PARA REALIZAR EL HAZOP.

- * INGENIERO QUIMICO

- * INGENIERO MECANICO.

- * QUIMICO DE INVESTIGACION Y
DESARROLLO

- * GERENTE DE PRODUCCION

- * GERENTE DE PROYECTO
(RESPONSABLE DEL PROYECTO
EN CONJUNTO).

- ** INGENIEROS ELECTRICISTAS Y DE
INSTRUMENTOS.

- ** INGENIEROS CIVILES.

- ** FARMACEUTICOS, ETC.

ADICIONALMENTE ALGUNOS PROYECTOS REQUIEREN
LA INCLUSION DE DISTINTAS DISCIPLINAS (**)

TRABAJO PREPARATORIO

- * DIAGRAMAS DE FLUJO
- * DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
- * INSTRUCTIVOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.
- * PLANOS Y MODELOS
- * HOJAS DE ESPECIFICACIONES
- * PROGRAMAS, ETC.

PALABRAS GUIA

SON PALABRAS SENCILLAS QUE SE UTILIZAN PARA CALIFICAR LA INTENCION, CON EL FIN DE GUIAR Y ESTIMULAR EL PROCESO CREATIVO DEL PENSAMIENTO Y DESCUBRIR DE ESTA MANERA LAS DESVIACIONES.

LISTA DE PALABRAS GUIA.

PALABRAS GUIA	SIGNIFICADO	COMENTARIOS
NO	LA NEGACION TOTAL DE ESTAS INTENCIONES	NO SE LOGRA NINGUNA PARTE DE LAS INTENCIONES, PERO NO SUCEDE NADA.
MAS MENOS	INCREMENTO O DISMINUCION CUANTITATIVOS	ESTO SE REFIERE A CANTIDADES + PROPIEDADES COMO VELOCIDADES DE FLUJO Y TEMPERATURAS, ASI COMO ACTIVIDADES COMO "CALOR" Y "REACCIONAR"
28 ASI COMO TAMBIEN PARTE DE	UN INCREMENTO CUALITATIVO UNA DISMINUCION CUALITATIVA	TODAS LAS INTENCIONES DE DISEÑO Y DE OPERACIONES SE LOGRAN JUNTAS CON ALGUNA ACTIVIDAD ADICIONAL. SOLO SE LOGRAN ALGUNAS DE LAS INTENCIONES; OTRAS NO SE LOGRAN.
INVERSO ADEMAS DE ___	LO OPUESTO LOGICO DE LA INTENCION SUSTITUCION COMPLETA	ESTO SE APLICA LA MAYORIA DE LAS VECES A ACTIVIDADES, POR EJEMPLO CONTRAFLUJO O REACCIONES QUIMICAS. TAMBIEN SE PUEDEN APLICAR A SUSTANCIAS, COMO "VENENO" EN LUGAR DE "ANTIDOTO" O ISOMEROS OPTICOS EN "D" EN VEZ DE "L".

PAL. GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	G	REACCION DEL SISTEMA	ACCIONES REQUERIDAS	C
menos (flujo)	menor flujo del necesario para compensar diferencias de presión	Objetos extraños en las válvulas APVRV	Vibración en domo	1	Ninguna	Instalar malla de protección a las APVRV	2
menos (flujo)	menor flujo del necesario para compensar diferencias de presión	Objetos extraños en las válvulas APVRV	Fractura de los cordones de soldadura por fatiga	2	Ninguna	Instalar malla de protección a las APVRV	2
menos (flujo)	menor flujo del necesario para compensar diferencias de presión	Objetos extraños en las válvulas APVRV	Fuga no controlada de vapores si se fractura la soldadura	2	Ninguna	Instalar malla de protección a las APVRV	2
menos (flujo)	menor flujo del necesario para compensar diferencias de presión	Objetos extraños en las válvulas APVRV	Atmosfera inflamable y/o explosiva al haber libre paso de aire entre tq. y ambiente	3	Ninguna	Utilizar sistema de INERTIZACION	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Vibración en domo	1	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a APVRV	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Fractura de los cordones de soldadura por fatiga	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a APVRV	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Fuga no controlada de vapores si se fractura la soldadura	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a APVRV	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Atmosfera inflamable y/o explosiva al haber libre paso de aire entre tq. y ambiente	3	Ninguna	Utilizar sistema de INERTIZACION	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Vibración en domo	1	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a arrestaflamas	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Fractura de los cordones de soldadura por fatiga	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a arrestaflamas	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Fuga no controlada de vapores si se fractura la soldadura	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a arrestaflamas	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Atmosfera inflamable y/o explosiva al haber libre paso de aire entre tq. y ambiente	3	Ninguna	Utilizar sistema de INERTIZACION	2
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Vibración en domo	1	Ninguna	Revisión TOTAL al diseño y presiones de trabajo (uso de normas adecuadas)	5
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Fractura de los cordones de soldadura por fatiga	2	Ninguna	Revisión TOTAL al diseño y presiones de trabajo (uso de normas adecuadas)	5
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Fuga no controlada de vapores si se fractura la soldadura	2	Ninguna	Revisión TOTAL al diseño y presiones de trabajo (uso de normas adecuadas)	5
más (presión)	Presión dentro del tanque mayor a 2.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Atmosfera inflamable y/o explosiva al haber libre paso de aire entre tq. y ambiente	3	Ninguna	Utilizar sistema de INERTIZACION	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Vibración en domo	1	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a APVRV	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Fractura de los cordones de soldadura por fatiga	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a APVRV	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Fuga no controlada de vapores si se fractura la soldadura	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a APVRV	2

75

PAL GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	G	REACCION DEL SISTEMA	ACCIONES REQUERIDAS	C
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Disco de APVRV pegado	Atmosfera inflamable y/o explosiva al haber libre paso de aire entre tq. y ambiente	3	Ninguna	Utilizar sistema de INERTIZACION	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Vibración en domo	1	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a arrestaflamas	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Fractura de los cordones de soldadura por fatiga	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a arrestaflamas.	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Fuga no controlada de vapores si se fractura la soldadura	2	Ninguna	Implantar programa de mantenimiento preventivo a arrestaflamas	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama obstruido	Atmosfera inflamable y/o explosiva al haber libre paso de aire entre tq. y ambiente	3	Ninguna	Utilizar sistema de INERTIZACION	2
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Vibración en domo	1	Ninguna	Revisión TOTAL al diseño y presiones de trabajo (uso de normas adecuadas)	5
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Fractura de los cordones de soldadura por fatiga	2	Ninguna	Revisión TOTAL al diseño y presiones de trabajo (uso de normas adecuadas)	5
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Fuga no controlada de vapores si se fractura la soldadura	2	Ninguna	Revisión TOTAL al diseño y presiones de trabajo (uso de normas adecuadas)	5
menos (presión)	Presión dentro del tanque menor a -3.5 pg. de agua	Arrestaflama y/o APVRV fuera de diseño (diámetro menor al necesario o a presiones de trabajo incorrectas)	Atmosfera inflamable y/o explosiva al haber libre paso de aire entre tq. y ambiente	3	Ninguna	Utilizar sistema de INERTIZACION	2
más (temp.)	Temperatura mayor a la ambiente	Incendio en el domo provocado por electricidad estática o chispas producidas por el manejo de herramientas	Daños al personal y a equipos	3	Ninguna	Utilizar sistema de inertización, herramienta antichispa, tapes de aluminio en la escotilla de medición	2
más (temp.)	Temperatura mayor a la ambiente	Incendio en el domo provocado por electricidad estática o chispas producidas por el manejo de herramientas	Daños al personal y a equipos	4	Ninguna	Evitar mediciones con cinta	5

ANALISIS ARBOL DE FALLAS

(A A F)

ANALISIS ARBOL DE FALLAS (AAF)

LA TECNICA DEL AAF ES PARTICULARMENTE VALIOSA Y COMIENZA CON LA DEFINICION DE UN EVENTO PELIGROSOS, PROCEDIENDO HACIA ATRAS A TRAVES DE UN CONJUNTO DE EVENTOS QUE DESEMBOCAN EN EL EVENTO PELIGROSO.

EL PROCESO SE CONTINUA HASTA ALCANZAR EL NIVEL EN QUE SE PUEDEN RECONOCER Y EVALUAR LOS EVENTOS QUE DESENCADENAN EL RIESGO MAYOR.

EL FLUJO DE EVENTOS SE ORGANIZA EN UN ARBOL DE FALLA QUE PROPORCIONA UNA VISION CLARA DE MECANISMOS DE RIESGOS SOBRE LOS EVENTOS.

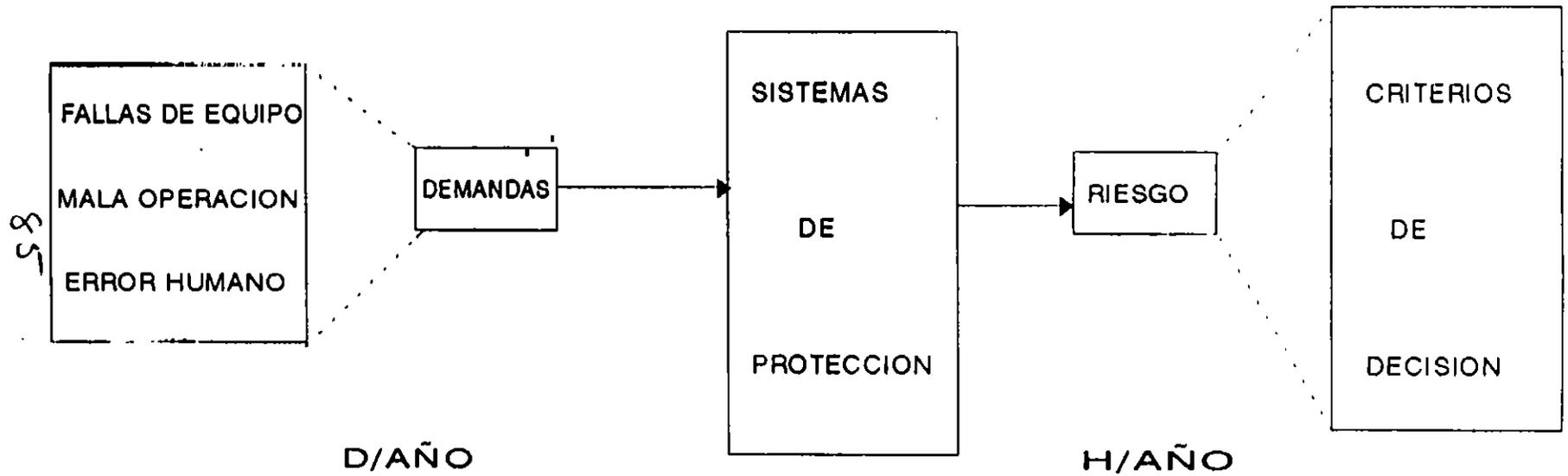
LA TECNICA PARA DESARROLLAR UN ARBOL DE FALLA SE DESARROLLA DE ACUERDO A LOS SIGUIENTES PASOS: 1

- 1.- CONOCER A PROFUNDIDAD EL PROCESO A ANALIZAR
- 2.- CONJUNTAR INFORMACION RELEVANTE DEL PROCESO, COMO LO SON DATOS FISICOQUIMICOS, DE LAS SUSTANCIAS
 - INFLAMABILIDAD
 - EXPLOSIVIDAD
 - TOXICIDAD
 - VELOCIDAD DE REACCION
- 3.- REVISION DEL HAZOP (PARA LA IDENTIFICACION DE RIESGOS POTENCIALES)
- 4.- CONSTRUIR EL ARBOL DE FALLA
- 5.- SIMPLIFICAR
- 6.- ESTIMAR LAS PROBABILIDADES DE FALLA
- 7.- CALCULAR POR ALGEBRA DE BOOLE LAS PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS PELIGROSOS.
- 8.- IDENTIFICAR LAS AREAS QUE REQUIERAN DE UNA ACCION CORRECTIVA
- 9.- HACER RECOMENDACIONES DE CAMBIOS DE ARREGLO DEL EQUIPO.

**ANALISIS DE ARBOLES DE FALLA
(AAF)**

- 1.- ESTA TECNICA SE EMPLEA PARA DETERMINAR LA SECUENCIA DE FALLA Y LAS PROBABILIDADES DE QUE SE PRESENTEN.
- 2.- LA TRAYECTORIA SEGUIDA DESDE LOS EVENTOS BASICOS HASTA EL EVENTO PICO, SE DESARROLLA EMPLEANDO LOS MECANISMOS DEL ALGEBRA SIMBOLICA Y LAS COMPUERTAS O LLAVES DEL ALGEBRA BOOLEANO.
- 3.- EN EL AAF EXISTEN TRES AREAS PRINCIPALES PARA EL ESTUDIO (FIGURA 1)
- 4.- LA EXISTENCIA DE LOS EVENTOS QUE JUNTOS O POR SEPARADO PUEDEN PRODUCIR UN RIESGO.
- 5.- LOS RIESGOS EN LA MAYORIA DE LOS CASOS SE PRODUCEN POR:
 - . FALLAS DE EQUIPO Y/O INSTRUMENTOS
 - . MALA OPERACION DE LA PLANTA
 - . ERROR HUMANO
- 6.- UN SISTEMA DE PROTECCION COMO CUALQUIER OTRO TIPO DE EQUIPO PRESENTA DOS FORMAS DE FALLA:
 - A) MODO DE FALLA SEGURA: EN EL CUAL SE PRESENTA UN DISPARO FALSO DE LA PLANTA.
 - B) MODO DE FALLA EN RIESGO: EL SISTEMA DE PROTECCION NO FUNCIONA COLOCANDO EN PELIGRO INMINENTE A LAS INSTALACIONES.

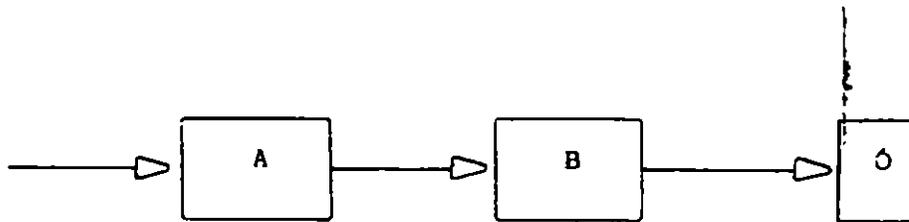
FIGURA 1



COMBINACION DE FALLAS.

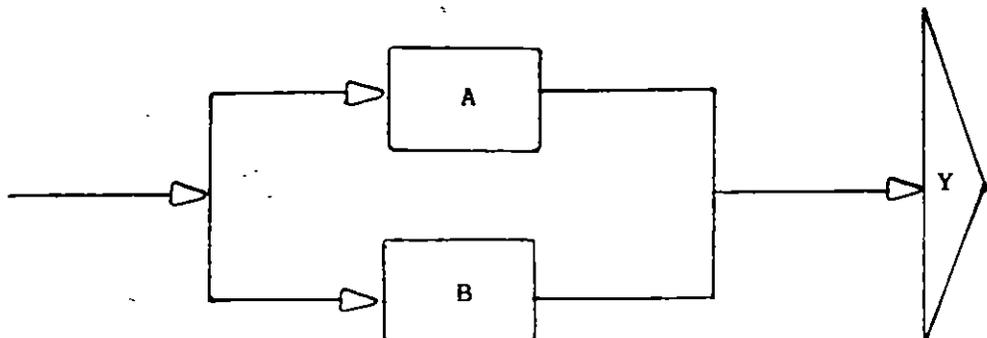
A. COMPONENTES EN SERIE

- EL SISTEMA DE PROTECCION FALLA CUANDO ALGUNO DE LOS COMPONENTES FALLA.
- SE USA LA LLAVE LOGICA OR (O).
- LOS COMPONENTES SE CONECTAN EN SERIE.



B. COMPONENTES EN PARALELO

- EL SISTEMA DE PROTECCION FALLA CUANDO FALLAN DOS O MAS COMPONENTES SIMULTANEAMENTE.
- SE USA LA LLAVE LOGICA ANDN (Y)
- LOS COMPONENTES SE CONECTAN EN PARALELO



EJEMPLO

LA FIG. 1 MUESTRA LA ALIMENTACION DE GAS COMBUSTIBLE A UN HORNO, QUE SE CONTROLA POR MEDIO DE UN CONTROLADOR DE PRESION. EL GAS ALIMENTA A LAS SECCIONES SUPERIOR E INFERIOR' Y SE PUEDE ENVIAR A UN VENTEO (FLARE) POR MEDIO DE UNA VALVULA MANUAL. SI EL RIESGO PROCEDE DE UNA SOBREPRESION CAPAZ DE EXTINGUIR LA FLAMA, ENTONCES LA PROTECCION SERA PROPORCIONADA POR LA VALVULA DE SEGURIDAD.

EJEMPLO DE ARBOL DE FALLAS

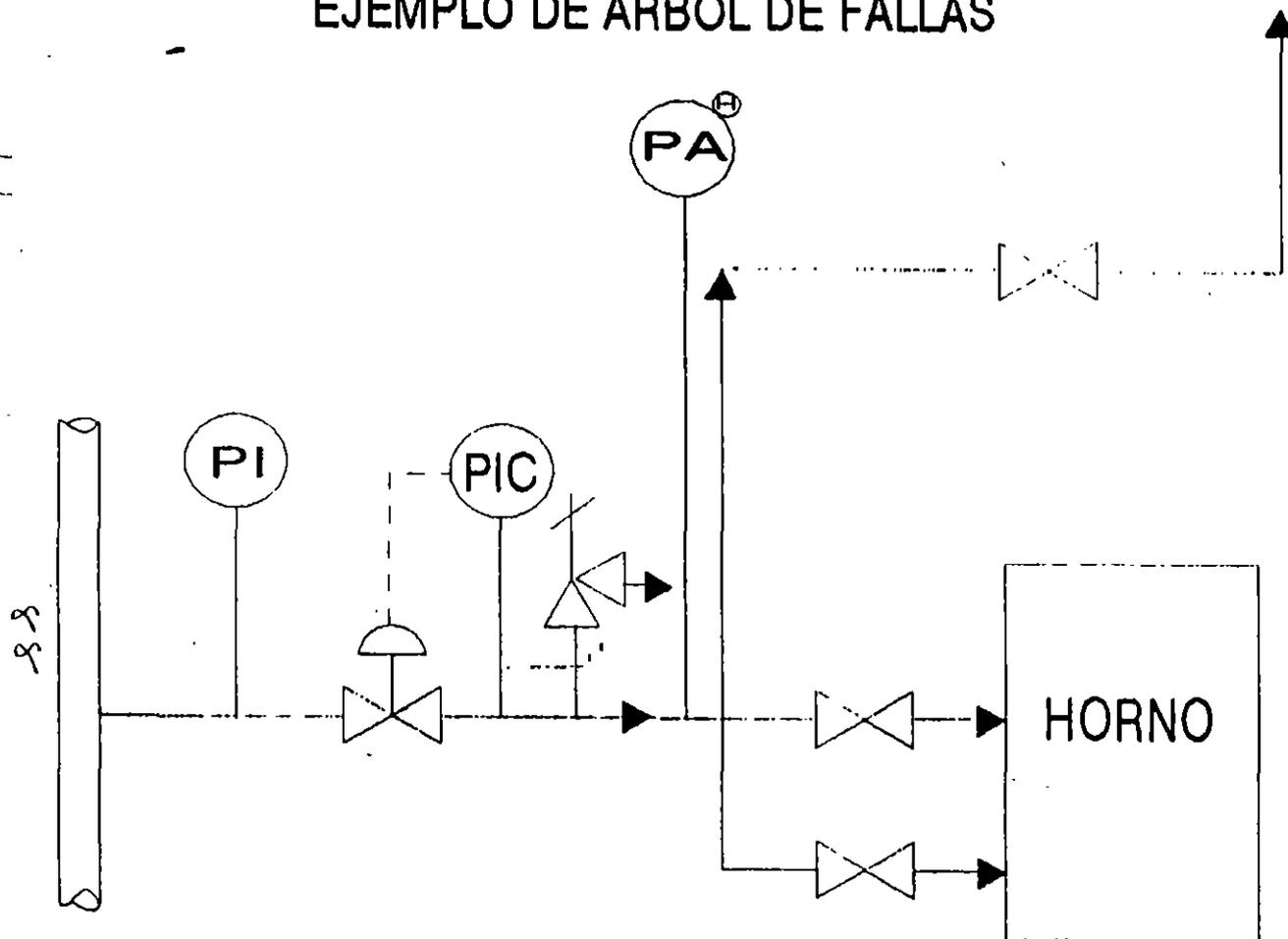


FIG. 1

68

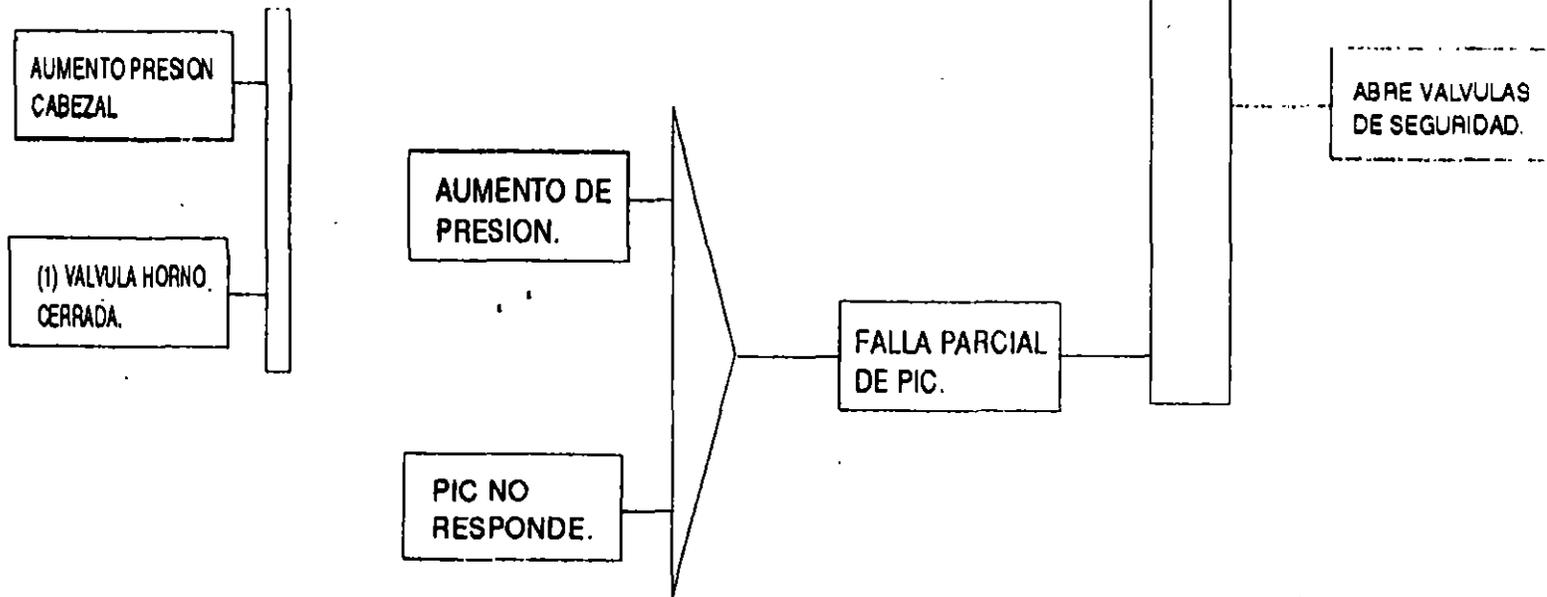
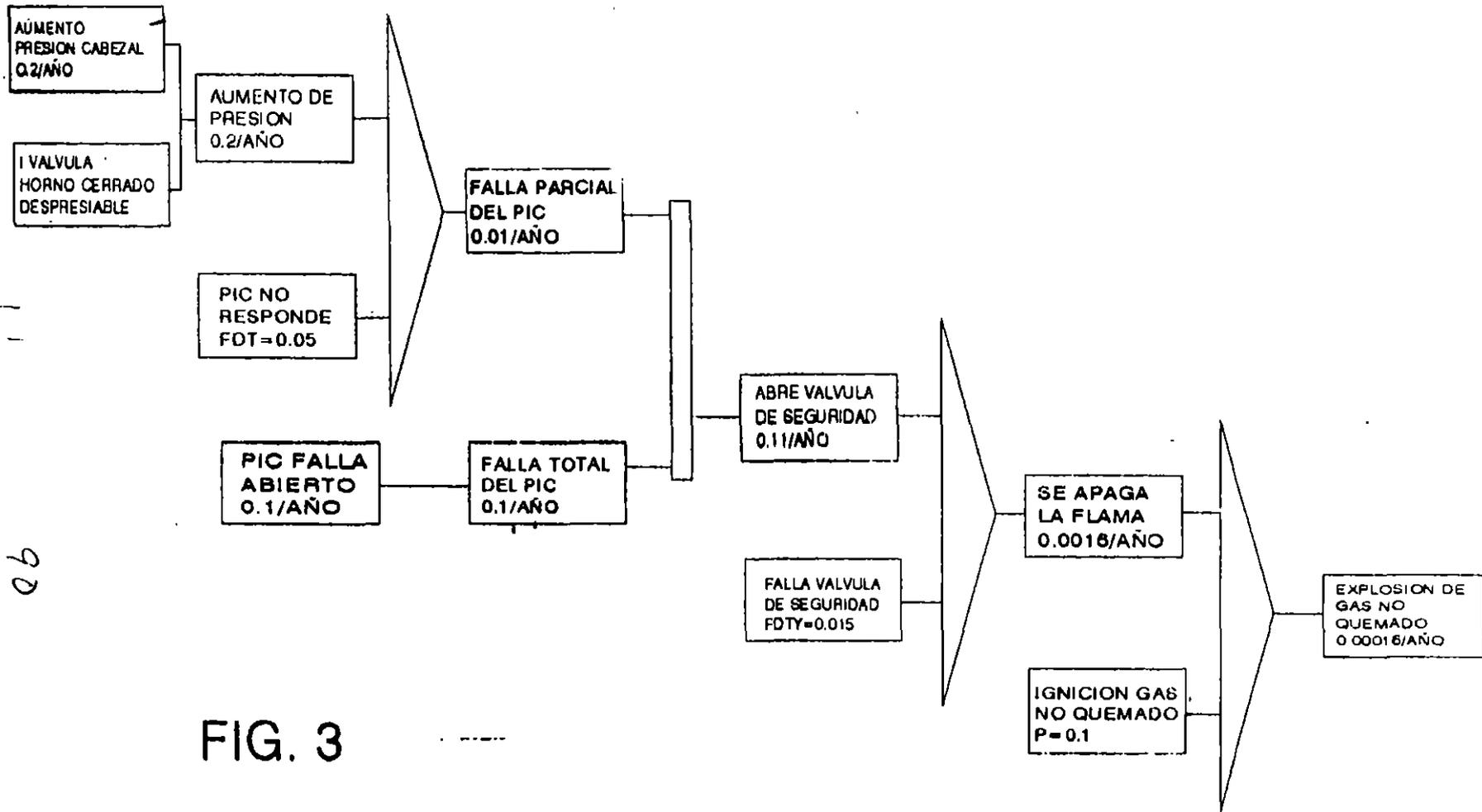


FIG. 2



APLICACION DEL MODELO DE
SIMULACION ATMOSFERICA

"FUGAS Y DERRAMES"

CASO 2:

EMISION DE ACIDO FLUORHIDRICO
(HF) POR CHIMENEA ORIGINADO POR
SOBREPRESION DE UNA RETORTA.

MODELO: "FUGAS Y DERRAMES"

DATOS PARA LA EJECUSION DEL
MODELO:

GASTO: 179.44 g/s

IDLH: 13.44 mg/m³

TLV: 4.03 mg/m³

VEL. VIENTO: 2 m/s

ESTABILIDAD: D

ANGULO DE FLUC: 30°

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA

DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD Y REGULACION ECOLOGICA

dh

MODELO DE DISPERSION FUGA DE GAS O VAPOR DE UN DERRAME

D A T O S

Nombre de la Sustancia : ACIDO FLUORHIDRICO
 Gasto de Emisión Q = 179.440 g/s
 Altura de Emisión He = 13.000 m
 Velocidad del Viento U = 3.000 m/s
 Clase de Estabilidad : D Neutra.
 Angulo de Fluctuación Teta = 30.0 °

R E S U L T A D O S

Area de Exclusión = 0.163 km² para Concentración 1 = 13.440 mg/m³

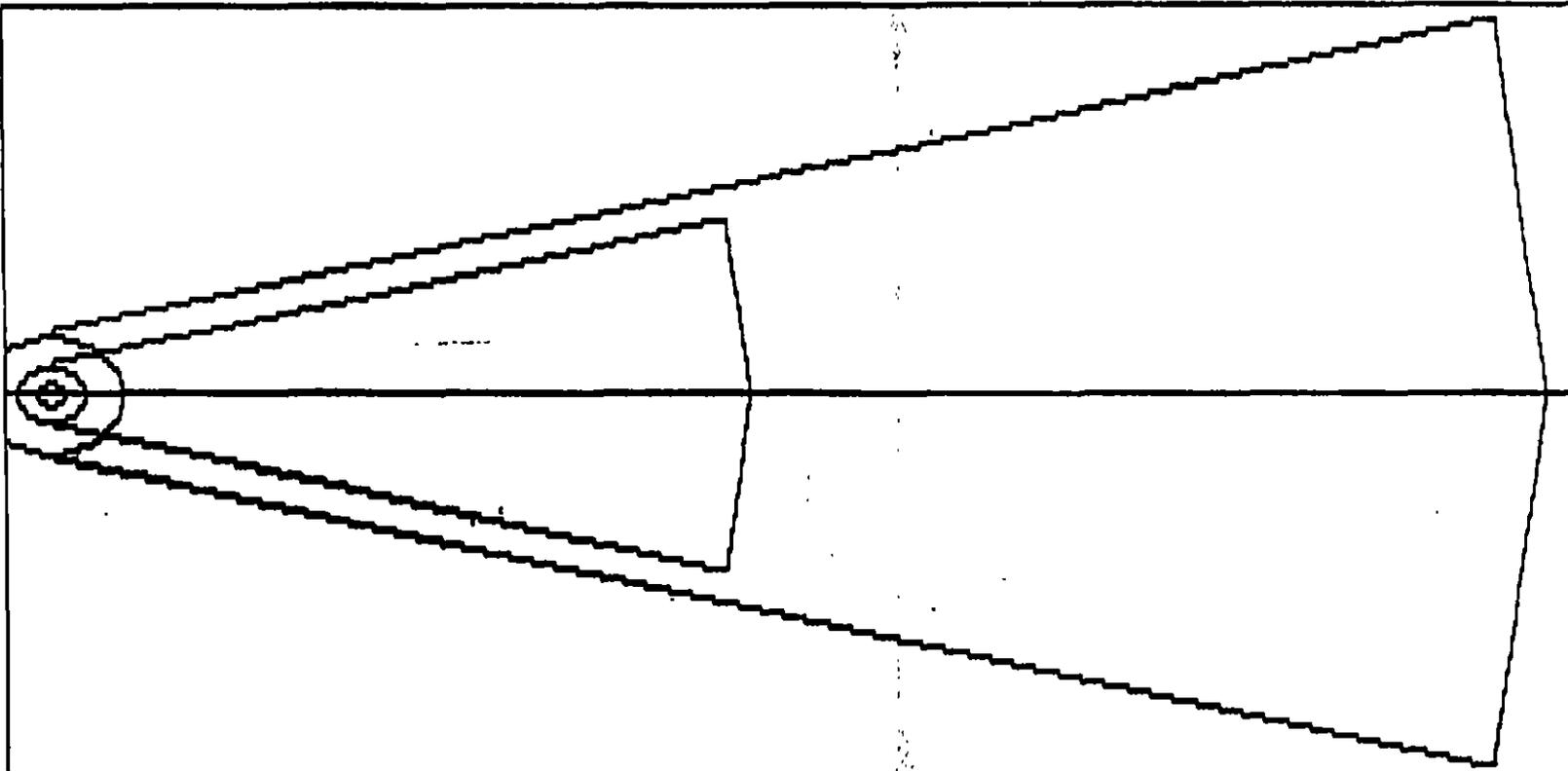
Yexc (max) 1 = 225.11 m en X = 0.700 km

Dist.X (km)	Conc.(X,0,0) (mg/m ³)	Yexc. (m)	Sy (m)	Sz (m)
0.072	1.432	56.90	6.28	3.64
0.145	32.741	76.32	11.78	6.44
0.217	43.736	95.75	17.02	8.99
0.290	39.432	115.18	22.10	11.39
0.362	32.742	134.60	27.06	13.68
0.435	26.848	154.03	31.93	15.89
0.507	22.163	173.45	36.73	18.04
0.580	18.516	192.88	41.47	20.13
0.652	15.667	212.31	46.15	22.18
0.725	13.418	0.00	50.78	24.18
0.797	11.619	0.00	55.37	26.15

Area de Exclusión = 0.740 km² para Concentración 2 = 4.030 mg/m³

Yexc (max) 2 = 479.91 m en X = 1.489 km

Dist.X (km)	Conc.(X,0,0) (mg/m ³)	Yexc. (m)	Sy (m)	Sz (m)
0.154	35.806	122.12	12.45	6.78
0.308	37.744	163.44	23.37	11.98
0.463	24.927	204.76	33.77	16.72
0.617	16.984	246.08	43.85	21.17
0.771	12.232	287.40	53.70	25.44
0.925	9.230	328.71	63.37	29.55
1.079	7.224	370.03	72.89	33.54
1.234	5.820	411.35	82.28	37.43
1.388	4.798	452.67	91.57	41.24



MODELO DE FUGAS Y DERRAMES

Substancia : ACIDO FLUORHIDRICO

{ESC} TABPINTF

Datos de la Modelacion
 Gasto = 179.4 g/s
 Altura = 13.0 m
 Estabili. = 0
 Vel. Vient = 3.0 m/s

Concent.	13.440 mg/m ³	4.030 mg/m ³
Y exclu.	0.225 km	0.480 km
Dist Max.	0.725 m	1.542 m
Area. Afec	0.163 km ²	0.740 km ²

APENDICE A

La Modelización de las Consecuencias

Para realizar una modelización se requiere definir el acontecimiento exactamente para poder evaluar la gravedad de las consecuencias. Después de determinar el encadenamiento de acontecimientos que conducen al accidente, es necesario modelizar el desarrollo de dicho accidente. Tomemos como ejemplo el caso de un producto inflamable. La previsión completa de los efectos sobre el medio ambiente acontecida después de la liberación masiva de un producto peligroso, generalmente un hidrocarburo, requiere de la descripción completa de lo acontecido. Esto puede presentarse en una sucesión de fases: La liberación accidental del combustible, la dispersión y evolución en el tiempo de las características de esta nube, seguidas de la inflamación y de la propagación, a través de la carga de combustible, de una zona de reacción exotérmica.

Este último proceso conlleva dos efectos principales: el primero es un efecto de radiación térmica (incendio) por la producción de una cantidad importante de gases quemados, a una temperatura del orden de los 2,200°K, por la transformación de energía química en energía térmica; el segundo efecto es un efecto mecánico de presión, vinculado a la expansión en volumen que, al atravesar la zona reactiva, sufre el caudal de gases frescos consumidos. La explosión se manifiesta a través de varios efectos graves sobre el medio ambiente: la onda de presión aérea, la onda de suelo asociada y la emisión de proyectiles. Sin embargo, el efecto dominante más apremiante es la sobrepresión aérea incidente

Esta explosión es la concretización del riesgo industrial. Es, por tanto, el accidente principal cuyas consecuencias, en cuanto a daños, afecta no sólo al lugar en que se da el siniestro (emplazamiento industrial o vía de comunicación), sino también a todo el entorno humano, natural, urbano e industrial, entorno que queda tanto más afectado cuanto que, generalmente, no fué dimensionado para un riesgo así. En inglés se le conoce a esto como UVCE (unconfined vapor cloud explosion: explosión no confinada de una nube de vapores inflamables). Como accidentes de este tipo están los de Flixborough, Port Hudson, Feyzin y muchos otros.

La llama vuelve al punto de emisión de la fuga, a su paso provoca incendios y, así, se va propagando el incendio, generalizándose a todo el conjunto del lugar accidentado. Este efecto se conoce como dominó por su semejanza al colocar las fichas de dominó de tal forma que al caer una golpea a la siguiente. Estos pequeños incendios exponen a las llamas todo cuanto hay almacenado. Bajo el efecto de una elevación de temperatura y de presión, todo estalla, todo sale despedido a gran distancia en forma de proyectiles que generan bolas de fuego de intensa radiación térmica. Tal y como ocurrió en San Juanico México en noviembre de 1984, cuando se vieron cilindros de gas de varias toneladas salir disparados hasta una distancia de cuatrocientos metros. Este fenómeno, tan temido por los organismos de socorro se conoce en

inglés como BLEVE (boiling liquid expansion vapor explosion, que se traduce como la explosión de vapores a consecuencia de la expansión de un líquido en ebullición).

En realidad las condiciones del accidente influyen de manera determinante sobre el desarrollo de sus consecuencias - especialmente, sobre la naturaleza del régimen de la explosión- y, por consiguiente sobre los efectos de una eventual explosión. Estos efectos dependen principalmente del estado físico de la fisura... Por otra parte, son muchos los factores que influyen en la amplitud y las consecuencias de la explosión de una nube. Los más importantes son: la fracción de producto susceptible de evaporación instantánea, la concentración en la nube, las dimensiones de la nube, las condiciones de dilución, la deriva peligrosa de la nube, la probabilidad de incendio y la naturaleza del elemento que lo causa, el grado de turbulencia en la nube, la forma de la señal de presión, su amplitud y su duración.

Cada accidente es un caso particular, sobre todo si se toma en cuenta la diversidad de las situaciones accidentales posibles, la variedad de los modos de almacenamiento y de transporte, la naturaleza de los productos y su estado físico, los tamaños de las fisuras, las condiciones ambientales posibles (meteorológicas y topográficas), etc. por lo tanto, es difícil, en muchas ocasiones resulta imposible, prever el conjunto de las situaciones accidentales que pueden presentarse, por lo que las estimaciones completas y exactas de las distancias de seguridad o de los efectos de una eventual explosión siempre tienen que hacerse a priori en estudios globales, aunque realistas, de peligrosidad y seguridad.

Sin embargo, en los últimos años, se han desarrollado algunas metodologías destinadas a proporcionar al diseñador de una instalación industrial que resulte, a la vez, práctico, de fácil empleo y operativo, y que permita establecer un ajustado orden de magnitud e incluso una evaluación algo abultada de las masas presumiblemente afectadas y de las probables consecuencias.

Estos métodos estiman el riesgo teniendo en cuenta tanto la probabilidad de ocurrencia de un accidente como su gravedad y progresivamente han ido mejorándose. El conjunto de estos métodos o modelos sirve para evaluar las consecuencias que sobre el medio ambiente puede tener la implantación de cualquier unidad de producción, almacenamiento o transporte de materiales peligrosos.

Quando se produce la liberación accidental de un fluido, cualquier apreciación que se haga de un eventual efecto de presión o de una distancia de exclusión necesita la cuantificación del factor fuente, expresión con la cual se designa el conjunto de los fenómenos físicos que conducen, a partir de una ruptura, a la formación de una nube tóxica o inflamable.

El análisis de los accidentes realmente permite elaborar un esquema general de la secuencia del accidente, y definir las condiciones de la ruptura. Entre estas últimas, las que más influyen en el desarrollo del accidente son: el tamaño de la fuga (eventración en el tanque, o fisura) y el estado físico en el que se almacena o transporta el producto.

Existe literatura sobre modelos predictivos, más o menos aproximados y más o menos sofisticados. Permiten calcular el caudal del derrame del producto en función del tiempo. Suelen basarse en experimentos a pequeña escala, lo que hace poco fiable su extrapolación.

Según el estado físico del producto y el emplazamiento de la fisura, el escape del fluido puede ser: gaseoso, si el producto es gaseoso (puede conducir a la formación de un chorro turbulento en la fisura); bifásico si el producto está licuado a presión, con posibilidad de formación de un aerosol (caso del escape en neblina); o líquido, si el recipiente contiene producto líquido o licuado criogénico.

Cuando se aborda la fase de extensión y de evaporación del fluido, se conoce el caudal del derramamiento líquido en función del tiempo. Pueden, entonces contemplarse dos casos: Si el producto está licuado a presión, hay una expansión brusca de la presión interna del recipiente a la presión atmosférica y, por tanto, evaporación instantánea de una parte del gas licuado liberado (se le conoce también como evaporación flash); la parte complementaria de gas licuado se derrama en capa líquida sobre el suelo o sobre el agua, y se evapora gracias a la aportación térmica del medio ambiente. Si el producto es líquido o licuado criogénico y está almacenado a presión atmosférica, el fenómeno de evaporación instantánea no aparece; El producto liberado se expande por el suelo o sobre el agua, formando una capa líquida que se evapora.

La Dispersión Atmosférica

La fase de dispersión atmosférica y la fase de explosión son, sin duda, las que más se han estudiado en los últimos diez años. Eran, en realidad, las menos conocidas cuando se iniciaron los estudios serios sobre el riesgo industrial. Ambas fases son primordiales en la estimación de las consecuencias de un accidente importante. Se trata de temas todavía en evolución en los que los fenómenos físicos observados están en periodo de investigación y de desarrollo.

La particularidad esencial de las nubes formadas a consecuencia de accidentes en los que intervienen productos peligrosos es que están formadas, en la mayor parte de los casos, por una mezcla más pesada que el aire. Puede ser a causa de la masa molar del producto considerado (Cloro, por ejemplo); a causa de su temperatura de almacenamiento (como el metano); o porque se produce una mezcla de vapor y gotitas (el caso del amoníaco). Las técnicas utilizables para evaluar la dispersión atmosférica son de varios tipos: la modelización

numérica de tipo integral, la modelización tridimensional o el estudio sobre maqueta en túnel aerodinámico.

Estas diferentes técnicas pueden ser válidas a partir de resultados experimentales obtenidos a lo largo de campañas de ensayos que resultan muy costosas. Algunas comparaciones de los resultados obtenidos experimentalmente, mostraron que los modelos numéricos de tipo integral dan resultados aceptables. Estos modelos son actualmente operativos y calculan, en función del tiempo y de la distancia al punto de emisión, las características geométricas de la nube y las concentraciones medias en su interior, así como el volumen y la masa explosivos, es decir, unos parámetros necesarios para el cálculo de las consecuencias de una eventual explosión. Las limitaciones de los modelos de tipo integral son muy conocidas: mala simulación de las condiciones meteorológicas extremas, (fuerte estabilidad, viento débil, etc.) y descuido del relieve y de los eventuales obstáculos de confinamiento. Actualmente, se están desarrollando modelos tridimensionales que resuelven las ecuaciones de flujo atmosférico y difusión, teniendo en cuenta los efectos gravitatorios en una red. Por otra parte, un túnel de dispersión atmosférica es un instrumento muy útil para la evaluación del comportamiento de nubes de gases pesados en la atmósfera. Permite, sobre todo, el estudio de la influencia de los relieves, los edificios y los obstáculos artificiales utilizados como pantallas, por ejemplo, taludes, fosas, cortinas de agua o de árboles, etc.

La Inflamación y la Naturaleza del Régimen Explosivo: Datos Esenciales

La naturaleza del régimen explosivo depende del incendio representado por tres magnitudes, que son el tiempo de inflamación (tiempo que separa la ruptura del encendido), el emplazamiento respecto al punto de emisión y energía del elemento que provoca el incendio y, por consiguiente, la violencia de la explosión.

Son posibles dos regímenes: la deflagración y la detonación.

El régimen más probable suele guardar relación con la deflagración. Un frente de llama divergente centrado en un punto de inflamación, recorre la carga gaseosa combustible a una velocidad más o menos elevada (5 a 300 m/s), según la naturaleza del hidrocarburo y las condiciones de propagación. La propagación de la llama va acompañada de un desplazamiento del medio todavía no afectado, provocando una variación de presión.

El segundo régimen-tipo es el de la detonación completa de la carga gaseosa. La inflamación requiere unas condiciones especiales de reactividad y de concentración y, sobre todo, una fuerte energía inicial, como por ejemplo la de una carga de explosivo condensado, energía que excede con mucho las propias de las fuentes naturales. La propagación se produce entonces por acoplamiento de la zona de reacción con una onda de choque y se propaga con una

velocidad supersónica, del orden de unos 1.800 m/s en las mezclas estequiométricas aire-hidrocarburo. Por tanto, en la realidad, este régimen rara vez se observa en las explosiones accidentales. La detonación cesa en el límite de la carga y lanza al ambiente una onda de choque cuya amplitud se reduce con la distancia hasta el centro de inflamación.

El método empleado para el cálculo de equivalencia era el del TNT, pero, conforme se tuvo más información se vió que, aunque es operativo, fácil de empleo y perfectamente adecuado desde el punto de vista de seguridad, no traduce la realidad de los fenómenos físicos. Así pues se han emprendido acciones para desarrollar modelos de explosiones en fase gaseosa más apropiados.

Al principio, se decidió estudiar el caso más extremo, la detonación. Se ensayaron mezclas de aire-hidrocarburo (acetileno, propano y, sobre todo etileno) contenidas en balones esféricos o semi esféricos de pared delgada. Estos estudios condujeron a una modelización que puede utilizarse para prever las consecuencias de una explosión accidental, supuestamente una detonación.

Como el régimen de la deflagración es lo más probable de los accidentes reales, Francia desarrolló un programa experimental sobre la deflagración de velocidad variable en medio no confinado de una mezcla de aire-etileno. El objetivo consistía en caracterizar el campo de presión generado por el incendio de una mezcla homogénea contenida en volúmenes de 12 y 125 metros cúbicos, apreciar el efecto de una aceleración localizada debida a un gradiente de concentración del combustible y poner de manifiesto los efectos de una iniciación violenta en la propagación de la deflagración.

Los trabajos demostraron, sobre todo, que la previsión de los efectos mecánicos de una deflagración, requiere un conocimiento preciso y completo de la propagación de la llama y de los factores susceptibles de influencia, datos difícilmente accesibles en el estado actual de nuestros conocimientos. Por lo tanto el sistema todavía no es operativo para el análisis de seguridad.

Cada cálculo de seguridad es un caso particular. Ya que los efectos dependen de las condiciones del accidente. Cualquiera que sea el volumen afectado, si la concentración es homogénea y uniforme, la deflagración se propaga a velocidad casi constante (del orden de 15m/s en los hidrocarburos), velocidad que induce únicamente efectos de presión insignificantes, del orden de algunos milibares. Por consiguiente, sólo pueden observarse efectos de presión importantes cuando hay concomitancia entre un tamaño importante de la nube y unos efectos de turbulencia.

Hay otros factores diversos que pueden influir en la rapidéz de la deflagración: La forma de la nube y la posición del punto de inflamación, una inflamación más energética de la llama, o los efectos de obstáculo en el recorrido de la llama, o los efectos de semiconfinamiento. Estos factores se han estudiado con la ayuda de experimentos en laboratorio (a pequeña escala, en pequeñas burbujas de jabón, o en campos de tiro, en esferas de hasta 3,700 m³).

En el escape de gases, la turbulencia y los remolinos que se crean a causa de la presencia de obstáculos (árboles, edificios, redes de tubería, etc.), son un factor fundamental en la rapidéz de la propagación. La llama pierde velocidad al entrar en contacto con el obstáculo y se acelera al rodearlo en el seno del torbellino creado en su estela. La presencia del obstáculo provoca una oscilación de la velocidad de propagación y, por tanto una oscilación en el conjunto del campo de presión. Si se disponen de varios obstáculos repetidos en una trayectoria de la llama, este fenómeno se reproduce en cada obstáculo y las aceleraciones entre obstáculos acentúan las sobrepresiones. Al efectuar ensayos de deflagraciones de grandes volúmenes, la presencia de obstáculos repetidos produjo velocidades elevadas, del orden de 120m/s (sobrepresión máxima 208 milibares), capaz de provocar graves daños en las estructuras.

Un chorro turbulento de gases calientes, procedentes de una explosión inicialmente confinada y que genera una gran nube combustible, constituye una poderosa fuente de inflamación y conduce a un caso muy parecido al de una detonación. Se trata de una hipótesis plausible en una circunstancia accidental. (fué el caso de la única detonación de la historia: la ruptura de un gasoducto de propano licuado en Port Hudson). La señal de sobrepresión se manifiesta entonces por un pico especialmente abrupto, seguido inmediatamente por una depresión de una amplitud casi equivalente. Sin embargo, por sí misma, la llama no es capaz de mantener un valor elevado de velocidad al generar su propia turbulencia. Los ensayos demuestran que otros factores de turbulencia, por ejemplo el paso sobre obstáculos repetidos, son también necesarios para obtener un valor elevado de la velocidad. El régimen es entonces una deflagración rápida (bruscos ascensos de presión, choques). Esto implica la velocidad de los daños constatados en las explosiones más graves (y la calificación de pseudodetonación que suele darse a tales regímenes).

Así pues, en el campo de las explosiones en fase gaseosa, el enfoque teórico tropieza todavía con grandes dificultades. Las investigaciones que se realizan en la actualidad pretenden determinar todas las posibles causas de aceleración de la llama (efectos de semiconfinamiento, obstáculos repetidos, inflamación energética por un chorro turbulento de gases procedentes de una explosión inicial confinada, etc.) y caracterizar los efectos de una deflagración rápida cuando ésta se propaga a altas velocidades, del orden de 150 a 200 m/s.

Los resultados recientemente obtenidos permiten explicar la intensidad de los daños más graves que se constatan en los casos de accidentes reales. Sin embargo, habrá que efectuar nuevas investigaciones con el fin de determinar las condiciones de transición, deflagración-detonación de una nube y poner a punto algoritmos de cálculo que simulen el comportamiento de una llama.

El dominio del riesgo industrial exige una buena comprensión de las secuencias de todos los acontecimientos que provocan un accidente, así como la capacidad suficiente para determinar los elementos críticos susceptibles de iniciar tales secuencias. Para ello hay que recurrir a todas las disciplinas que puedan ayudar a comprender el comportamiento de los sistemas, de los productos y de los humanos.

Afortunadamente, en la actualidad existe un buen entendimiento de los fenómenos físicos que lleva aparejado un accidente de importancia. El cálculo a priori de los efectos de sobrepresión que lleva aparejados toda explosión no confinada de una mezcla no inflamable, o los que son consecuencia de la deriva peligrosa de una nube tóxica, sigue siendo el principal problema de ingeniero encargado de la seguridad de las instalaciones. Pero, a pesar de que actualmente, los fenómenos están mejor circunscritos, su cuantificación sólo puede hacerse de una manera aproximada.

En la actualidad, para llevar a cabo un estudio de riesgo industrial, el ingeniero tiene a su disposición unas metodologías de estimación operativas que también han progresado mucho en los últimos años. Sin embargo suelen presentar un aspecto pesimista y su aplicación exige muchas precauciones. Por ejemplo, una misma nube inflamable puede sólo arder con una velocidad de llama de algunos metros por segundo, e inducir únicamente efectos de presión despreciables porque no constituyen un riesgo importante, o, por el contrario, provocar una deflagración violenta capaz de propagarse con una aceleración de varios centenares de metros por segundo y causar, lógicamente, graves daños a todo el entorno. Por consiguiente, cuando se hace el estudio a priori de una explosión, hay que determinar la evolución más representativa del fenómeno y luego estimar las consecuencias. Muchas veces esta estimación será pesimista porque muchos modelos teóricos de explosión en fase gaseosa no pueden utilizarse en todos los casos y también porque el método empleado con más frecuencia sigue siendo el equivalente del TNT.

Así pues, tanto para la modelización de las explosiones como para los demás fenómenos que aparecen en una secuencia accidental (emisión, dispersión de producto, etc.) es necesario llevar a cabo importantes acciones y cuantificar mejor los fenómenos. Acciones de investigación que han de realizarse en dos direcciones: El análisis de los accidentes y la modelización física de los fenómenos.

Modelado y Evaluación de Consecuencias

En este tipo de modelaciones se estiman tanto las consecuencias de escenarios accidentales específicos, tales como flujo de calor de incendios, sobrepresiones por explosiones y el movimiento y concentración de plumas de emisiones a la atmósfera así como la evaluación de los efectos sobre la instalación y comunidad aledaña.

Tipos de Modelos

La meta del modelado de consecuencias es la de predecir correcta y adecuadamente la magnitud del efecto del calor del incendio, las sobrepresiones por explosión o las concentraciones de la liberación de un gas tóxico así como del área afectada. Existen muchos tipos de modelos, desde los muy simples hasta los altamente complejos. Las concentraciones atmosféricas de gases tóxicos o vapores liberados en un accidente se pueden predecir con respecto a la distancia y tiempo desde el punto fuente. Muchos modelos emplean ecuaciones de dispersión de tipo gaussiano que están acopladas con condiciones meteorológicas para estimar la concentración y distribución de la pluma.

APENDICE B

INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION

EMPRESA O PLANTA:		FECHA:
		HOJA: 1/2
		APROBO:
AREA O UNIDAD DE PROCESO: CALENTADOR DE ACRITE TERMICO		
MATERIALES: DIESEL Y ACRITE MOBIL-THERM		
MATERIAL CLAVE: DIESEL.		
FACTOR MATERIAL	FM	10
INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION		
I. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		RGP
CARACTERISTICA	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO
1. REACCIONES EXOTERMICAS	0.0-1.25	0.20
2. REACCIONES ENDOTERMICAS	0.0-0.40	0.0
3. MANEJO DE MATERIALES	0.0-0.85	0.0
4. UNIDAD CERRADA DE PROCESO	0.0-0.90	0.30
5. ACCESO A EQUIPO DE EMERGENCIA	0.0-0.35	0.0
6. DRENAJES	0.0-0.50	0.50
RGPt = SUMA DE RGP		1.0
II. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		REP
1. TEMPERATURAS DE PROCESO:		
A) SOBRE PUNTO DE INFLAMABILIDAD	0.0-0.30	0.30
B) SOBRE PUNTO DE EBULLICION	0.0-0.65	0.0
C) SOBRE PUNTO DE AUTOIGNICION	0.0-0.75	0.0
2. BAJA PRESION (SUBATMOSFERICA)	0.0-0.50	0.0
3. OPERACION EN O CERCA DE CONDICIONES DE INFLAMABILIDAD		
A) PATIOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	0.0-0.50	0.0
B) DERRAMES Y/O FALLA DE PURGA	0.0-0.30	0.30
C) OPERACION PERMANENTE EN INTERVALO DE INFLAMABILIDAD	0.0-0.80	0.0

EMPRESA O PLANTA:

FECHA:

LOJA: 2/2

APROBO:

D) OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA DE CARROS DE FPCC Y/O PIPAS	0.0-0.40	0.0
4. POLVOS EXPLOSIVOS	0.0-2.00	0.0
5. PRESION DE OPERACION	0.0-1.30	0.0
6. BAJA TEMPERATURA	0.0-0.50	0.0
7. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE		
A) LIQUIDOS Y/O GASES EN PROCESO	0.0-3.00	0.18
B) LIQUIDOS Y/O GASES EN ALMACENAMIENTO	0.0-2.00	0.0
C) SOLIDOS EN ALMACENAMIENTO	0.0-4.0	0.0
8. CORROSION Y/O EROSION	0.0-0.75	0.10
9. FUGAS EN UNIONES Y/O EMPAQUES	0.0-1.50	1.5
10. EQUIPO CALENTADO A FUEGO DIRECTO	0.0-1.00	0.5
11. INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE TERMICO	0.0-1.15	0.15
12 EQUIPO ROTATORIO	0.0-0.50	0.0
<i>REPt = SUMA DE REP</i>		3.03
FACTOR DE RIESGO DE PROCESO (FRP) = (1+RGpt)*(1+REPt)		8.06
INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION: IFE = FM * FRP		80.6
INDICE DE TOXICIDAD		
I. FACTOR DE TOXICIDAD (NFPA) (FT)		0
II. FACTOR POR EXPOSICION (TLV) (FE)		50
INDICE DE TOXICIDAD: IT=(FT+FE)*(1+RGpt+REPt)/100		2.51
FACTOR DE DAÑO = 28 %		
CLASIFICACION DE RIESGOS INDICE DOW		
GRADO DE RIESGO DEL AREA O UNIDAD DE PROCESO		
TIPO DE RIESGO	INDICE	GRADO
INCENDIO Y EXPLOSION	80.6	MODERADO.
RADIO DE EXPOSICION		20.72 ■
TOXICIDAD	2.51	LIGERO.
OBSERVACIONES:		
<p>NFPA:</p> <p>$F_T = 2$</p> <p>$F_I = 0$</p> <p>$F_R = 0$</p> <p style="margin-left: 100px;">$TWA > .50 \text{ mg/m}^3$</p>		

INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION

(MEDIDAS DE SEGURIDAD)

EMPRESA O PLANTA:		FECHA:	
		HOJA:	1/1
		APROBO:	
AREA O UNIDAD DE PROCESO: CALENTADOR DE ACEITE TECNICO CICLONIK			
CARACTERISTICA	SUGERIDO	FACT USADO	
I. CONTROL DE PROCESO			
A) ENERGIA DE EMERGENCIA	0.97 - 1.0	1.0	
B) ENFRIAMIENTO	0.95 - 1.0	1.0	
C) CONTROL DE EXPLOSIONES	0.75 - 1.0	1.0	
D) PARO DE EMERGENCIA	0.94 - 1.0	1.0	
E) CONTROL POR COMPUTADORA	0.89 - 1.0	1.0	
F) GAS INERTE	0.90 - 1.0	1.0	
G) PROCEDIMIENTOS DE OPERACION	0.86 - 1.0	0.96	
H) REVISION DE REACTIVOS QUIMICOS	0.85 - 1.0	0.97	
PRODUCTO DE FACTORES POR CONTROL DE PROCESO = C1 =			0.93
II. AISLAMIENTO DE MATERIALES			
A) VALVULAS DE CONTROL REMOTO	0.91 - 1.0	1.0	
B) DESCARGAS A VERTEDEROS	0.85 - 1.0	1.0	
C) SISTEMAS DE DRENAJE	0.85 - 1.0	1.0	
D) INTERLOCKS	0.96 - 1.0	1.0	
PRODUCTO DE FACTORES POR AISLAMIENTO DE MATERIALES = C2 =			1.0
III. PROTECCION CONTRA INCENDIOS			
A) DETECCION DE FUGAS	0.90 - 1.0	1.0	
B) ACERO ESTRUCTURAL	0.92 - 1.0	1.0	
C) TANQUES SUBTERRANEOS	0.75 - 1.0	1.0	
D) SOMINISTRO DE AGUA	0.90 - 1.0	0.95	
E) SISTEMAS ESPECIALES	0.85 - 1.0	1.0	
F) SISTEMAS DE ROCIADORES	0.60 - 1.0	1.0	
G) CORTINAS DE AGUA	0.95 - 1.0	1.0	
H) ESPUMA	0.87 - 1.0	1.0	
I) EXTINGUIDORES	0.92 - 1.0	0.97	
J) PROTECCION A LINEAS ELECTRICAS	0.90 - 1.0	1.0	
PRODUCTO DE FACTORES POR PROT. CONTRA INCENDIO = C3 =			0.9215
PRODUCTO DE FACTORES DE SEGURIDAD =		C1*C2*C3 =	0.8556
FACTOR DE SEGURIDAD DEFINITIVO =		CD =	0.92
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION CORREGIDO =		IPB*CD =	74.15
		INDICE	GRADO
		74.15	MODERADO

INDICE MOND DE FUEGO, EXPLOSION Y TOXICIDAD

EMPRESA O PLANTA:	FECHA:		
	HOJA: 1/5		
	APROBO:		
AREA O UNIDAD DE PROCESO: CUARTO DE CALDERAS (CALENTADOR DE ACEITE TERMICO)			
MATERIALES:	DIESEL		
REACCION QUIMICA:	COMBUSTION		
PRODUCTOS:	---		
SUBPRODUCTOS:	---		
MATERIAL CLAVE:	DIESEL	FORMULA QUIMICA:	---
I. FACTOR PROPIO DEL MATERIAL CLAVE	B	18.54	
FACTOR DETERMINADO POR:	$B = 10,300 * 1.8 / 1000$		
II. RIESGOS ESPECIFICOS DEL MATERIAL [RENC]			
CARACTERISTICA	% FACTOR SUGERIDO	% FACTOR USADO	
1. MATERIAL OXIDANTE	0 - 20	0.0	
2. REACCION PELIGROSA EN AGUA	0 - 30	0.0	
3. CARACTERISTICAS DE DISPERSION Y MEZCLADO(DM)	50 - 60	0.0	
4. COMBUSTION ESPONTANEA	30 - 250	0.0	
5. POLIMERIZACION ESPONTANEA	25 - 75	0.0	
6. SENSIBILIDAD A LA IGNICION	75 - 150	0.0	
7. DESCOMPOSICION EXPLOSIVA	75 - 125	0.0	
8. DETONACION EN FASE GASEOSA	0 - 150	0.0	
9. EXPLOSION EN FASE CONDENSADA	200 - 1500	0.0	
10. OTROS	0 - 150	0.0	
SUMA DE FACTORES DE [RENC]		(M) = 0.0	
III. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO [RGP]			
1. MANEJO Y CAMBIOS FISICOS	10 - 60	10.0	
2. REACCION UNICA CONTINUA	25 - 50	0.0	
3. REACCION UNICA POR LOTES	10 - 60	0.0	
4. REACCIONES MULTIPLES EN UN MISMO EQUIPO	0 - 75	0.0	
5. TRANSFERENCIA DE MATERIALES	0 - 160	0.0	
6. CONTENEDORES PORTATILES	10 - 100	0.0	
SUMA DE FACTORES [RGP]		(P) = 10.0	

EMPRESA O PLANTA:

FECHA:

HOJA: 2/5

APROBO:

IV. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO [REP]

1. BAJA PRESION (<1kg/cm2 abs.)	0 - 100	0.0
2. ALTA PRESION (AP)	0 - 100	0.0
3. BAJA TEMPERATURA		
A) ACERO AL CARBON (-10°C a 0°C)	15	0.0
B) ACERO AL CARBON ABAJO DE -10°C	60 - 100	0.0
C) OTROS MATERIALES	0 - 100	0.0
4. ALTA TEMPERATURA		
A) MATERIALES INFLAMABLES	0 - 40	20.0
B) RESISTENCIA DE MATERIALES DE CONTRUCCION	0 - 25	0.0
5. CORROSION Y EROSION	0 - 150	0.0
6. FUGAS EN JUNTAS Y EMPAQUES	0 - 60	60.0
7. VIBRACION	0 - 50	0.0
8. PROCESO O REACCIONES DIFICILES DE CONTROLAR	20 - 300	0.0
9. OPERACION EN O CERCA DE INTERVALO DE INFLAMABILIDAD	0 - 150	150.0
10. RIESGO DE EXPLOSION MAYOR	40 - 100	40.0
11. POLVOS O NIEBLAS RIESGOSAS	30 - 70	0.0
12. MATERIALES FUERTEMENTE OXIDANTES	0 - 300	0.0
13. SENSIBILIDAD A LA IGNICION	0 - 75	0.0
14. RIESGOS ELECTROSTATICOS	0 - 200	0.0
SUMA DE FACTORES [REP] (S) =		270.0

V. RIESGOS POR CANTIDAD [RPC]

1. VOLUMEN (m ³)		1.8
2. DENSIDAD (ton)	(k)	1.55
3. TEMPERATURA DE PROCESO	(TP)	573.0
RIESGO POR CANTIDAD [RPC] (Q) =	1 - 100	10.0

VI. RIESGOS POR CONSTRUCCION Y DISTRIBUCION DE EQUIPO [RCDE]

1. ALTURA DE LA UNIDAD H (m)		5.0
2. SUPERFICIE DE TRABAJO N (m ²)		88.0
3. DISEÑO ESTRUCTURAL	0 - 200	0.0
4. EFECTO "DOMINO"	0 - 250	0.0
5. INSTALACIONES SUBTERRANEAS	0 - 150	0.0
6. DRENAJE SUPERFICIAL	0 - 100	0.0
7. OTROS	0 - 250	0.0
SUMA DE FACTORES [RCDE] (L) =		0.0

EMPRESA O PLANTA:

FECHA:

HOJA: 3/5

APROBO:

VII. RIESGOS POR TOXICIDAD (RPT)

1. PENALIZACION POR TLV (TRESHOLD LIMIT VALUE)	0 - 300	10.0
2. FORMA DE MATERIAL	25 - 200	0.0
3. EXPOSICION CORTA	100 - 150	20.0
4. ABSORCION POR LA PIEL	0 - 300	10.0
5. FACTORES FISICOS	0 - 300	10.0
SUMA DE FACTORES (RPT) (T) =		40.0

VIII. CALCULO DE INDICES DE RIESGOS

INDICES	VALOR	CATEGORIA
1. INDICE GENERAL DE RIESGOS (DOW EQUIVALENTE) $D = FM(1+M/100)(1+P/100)(1+[S+Q+L]/100+T/400)$	79.54	ALTO
2. INDICE DE RIESGO DE INCENDIO $F = FM * K/N * 20,500 (BTU/ft^2)$	6,694.41	LIGERO
3. INDICE DE TOXICIDAD DE LA UNIDAD $U = T/100(1+[M+P+S]/100)$	1.52	BAJO
4. INDICE DE TOXICIDAD MAYOR $C = Q * U$	15.2	LIGERO
5. INDICE DE EXPLOSION INTERNA $E = 1+[M+P+S]/100$	3.8	MODERADO
6. INDICE DE EXPLOSION EXTERNA $A = FM*(1+DM/100)*Q*H*E*TP/300*(1+AP)/1000$	6.73	LIGERO
7. INDICE GLOBAL DE RIESGOS (INDICE MOND) $R = D*(1+[F*U*E*A]^0.5/1000)$	120.11	MODERADO

OBSERVACIONES:

IX. FACTORES DE REDUCCION POR MEDIDAS DE SEGURIDAD (FRMS)		
1. SISTEMAS DE CONTENCIÓN (SDC)		
A) RECIPIENTES A PRESION		1.0
B) TANQUES VERTICALES ATMOSFERICOS		1.0
C) TUBERIAS DE TRANSFERENCIA		
C.1.) DISEÑO MECANICO		1.0
C.2.) JUNTAS Y EMPAQUES		1.0
D) CONTENCIÓN ADICIONAL		1.0
E) DETECCIÓN Y RESPUESTA A FUGAS		1.0
F) SISTEMAS DE ALIVIO, VENTEO Y ELIM. LIQUIDO		1.0
PRODUCTO TOTAL DE [SDC] (K1) =		1.0
2. CONTROL DE PROCESO [CDP]		
A) SISTEMA DE ALARMAS DEL PROCESO		1.0
B) SUMINISTRO DE SERV. AUX. DE EMERGENCIA		1.0
C) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		1.0
D) SISTEMAS DE GAS INERTE		1.0
E) ESTUDIOS DE ANALISIS DE RIESGO		1.0
F) SISTEMAS DE PARO DE SEGURIDAD (EMERGENCIA)		1.0
G) CONTROL AUTOMATICO POR COMPUTADORA		1.0
H) CONTROL CONTRA EXPLOSIONES		1.0
I) INSTRUCCIONES DE OPERACION		1.0
J) SUPERVISION DE LA PLANTA		1.0
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES [CDP] K2 =		1.0
3. ACTITUD DE SEGURIDAD [ADS]		
A) INVOLUCRAMIENTO DE LA GERENCIA		0.97
B) ENTRENAMIENTO EN SEGURIDAD		0.97
C) PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD Y MANTO.		0.98
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES [ADS] K3 =		0.92
4. PROTECCION CONTRA INCENDIO [PCI]		
A) PROTECCION A ESTRUCTURAS		1.0
B) BARRERAS CONTRA INCENDIO		0.97
C) PROTECCION A EQUIPOS		1.0
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES [PCI] K4 =		0.97

EMPRESA O PLANTA:	FECHA: 5- HOJA: 5/5 APROBO:	
5. AISLAMIENTO DE MATERIALES [ADM]		
A) SISTEMAS DE VALVULAS		1.0
B) VENTILACION		1.0
<i>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES [ADM] K5 =</i>		1.0
6. COMBATE DE INCENDIOS [CDI]		
A) ALARMA DE EMERGENCIA		1.0
B) EXTINGUIDORES PORTATILES		0.9
C) SUMINISTRO DE AGUA CONTRA INCENDIOS		0.95
D) SISTEMAS DE ROCIADORS O MONITORES		1.0
E) ESPUMA Y GAS INERTE		1.0
F) BRIGADA		1.0
G) APOYO EXTERNO O INTERNO		1.0
H) EXTRACCION DE HUMO		1.0
<i>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES [CDI] K6 =</i>		0.855
X. CALCULO DE INDICES ACTUALES DE RIESGO		
INDICES ACTUALES	VALOR	CATEGORIA
1. INDICE ACTUAL DE RIESGO DE INCENDIO $FA = F \cdot K1 \cdot K3 \cdot K5 \cdot K6$	6,158.56	LIGERO
2. INDICE ACTUAL DE EXPLOSION INTERNA $EA = E \cdot K2 \cdot K3$	3.5	MODERADO
3. INDICE ACTUAL DE EXPLOSION EXTERNA $AA = A \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K5$	6.2	LIGERO
4. INDICE GLOBAL DE RIESGO ACTUAL (MOND ACTUAL) $RA = R \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 \cdot K6$	91.64	BAJO

OBSERVACIONES:

APENDICE C

CHARM, MODELO DE LIBERACION AL AIRE DE COMPLEJOS PELIGROSOS

INTRODUCCION

Adicionalmente a este modelo básico, existen otros más complejos; uno de ellos es el CHARM de la Corporación RADIANT. (Complex Hazardous Air Release Model), que calcula y predice el movimiento y concentración de plumas a partir de la liberación de sustancias químicas empleando una distribución Gausiana, pero con las liberaciones divididas en una serie de emisiones para mayor precisión en los resultados. Adicionalmente a la dispersión de los gases, el CHARM también provee de información sobre la radiación térmica resultante de chorros y derrames encendidos, sobrepresiones de explosiones de BLEVES y de la ignición de las plumas.

A diferencia del SIRIA, el CHARM no está limitado a productos químicos neutros con valores de liberación continuos sino que toma en consideración las propiedades químicas de cada sustancia modelada incluyendo su densidad de vapor, tal que la liberación puede ser más o menos densa que el aire.

En la Tabla adjunta se presentan los datos necesarios para una corrida del CHARM para diversos escenarios de modelación. Como se ve, CHARM puede calcular velocidades de liberación para distintos escenarios; también puede considerar alturas de liberación, presiones de almacenamiento, tamaño de derrames, diferentes superficies de derrame, etc.

Para la descripción del riesgo por incendio, la aproximación usual es el modelado de la radiación de calor para determinar que tipo de daño puede resultar a las instalaciones. Para explosión, se modela la zona de impacto para diferentes niveles de sobrepresión. El modelo empleado para esto, diseñado por Radian Corporation (CHARM) posee ecuaciones desarrolladas por Imperial Chemical Industries (ICI) e Industrial Risk Insurers (IRI). A continuación se describe el algoritmo empleado por la compañía Radian en el Modelo de Liberación al Aire de Complejos Peligrosos (CHARM de su acrónimo en Inglés).

CHARM es un programa de modelación que calcula y predice la dispersión y concentración de plumas emitidas al aire liberadas de productos químicos. También predice las huellas de radiación térmica y sobrepresiones, resultando muy útil en la evaluación del impacto de liberaciones accidentales, en el diseño de planes de respuesta a emergencias e implementando programas de entrenamiento. El programa CHARM provee una base de datos químicos que contienen información acerca de las propiedades físicas, químicas y tóxicas de más de 100 compuestos. CHARM nada más necesita que se seleccione el compuesto químico, se describa la liberación y se especifiquen las condiciones meteorológicas del lugar donde es la fuga. La liberación puede ser instantánea o continua, contenida o incontinua, líquida o gaseosa. La liberación puede ser una alberca incendiada, una explosión de vapor expandido proveniente de

un líquido en ebullición o un chorro continuo de fuego. También pueden producirse sobre las presiones para una nube de vapor inflamable o una falla mecánica de un recipiente a presión.

La información meteorológica puede obtenerse mediante instrumentos colocados en el lugar bien mediante información recopilada. CHARM es un modelo de emisión que considera a cualquier emisión como una serie de puffs cada uno de los cuales puede ser descrito independientemente. El modelo trata las variaciones temporales en la velocidad de emisión por la aproximación de emisiones continuas con una serie de puffs pequeños y discretos. Cada puff es considerado como una nube simétrica de contaminantes que se dispersa debido a los vientos predominantes dadas las condiciones atmosféricas de mezclado.

El modelo utiliza una distribución Gaussiana para describir la concentración dentro del puff.

ALGORITMOS DE LA FUENTE

La información introducida es tomada por el programa dividiendo la liberación en un número de puffs para describirlos posteriormente. El módulo fuente determina las condiciones iniciales de cada puff. Los cálculos necesarios dependerán de las propiedades termodinámicas de las especies liberadas, el mecanismo de la liberación y las condiciones meteorológicas.

El módulo fuente calcula lo siguiente:

- Posición X.Y.Z del puff
- Masa química (fases líquida y vapor)
- Temperatura del puff
- Masa de aire contenida en el puff
- Dirección y velocidad de movimiento del puff
- Dimensiones del puff
- Masa de vapor de agua, y
- Energía latente.

Los cálculos empleados por el módulo "Fuente" se determinan por el tipo de liberación.

- Liberación continua de líquidos retenidos
- Liberación continua de gases o líquidos no retenidos
- Liberación violenta de gas o de líquidos
- Liberación específica
- Incendio en un área abierta, y
- Explosiones

LIBERACION CONTINUA DE LIQUIDOS RETENIDOS

Es aquella en la que la velocidad del líquido que entra en contacto con el aire se determina por la velocidad de evaporación de un área abierta. El módulo empleado es semejante al de fuga violenta de líquidos.

Libерación Continua de Líquidos o Gases No Contenidos

Puesto que los tanques a menudo contienen tanto fase gaseosa como líquida, un módulo de CHARM maneja una liberación continua no retenida de líquido o de gas. En él se consideran tanto la fase gaseosa como la líquida. Este tipo de fuga asume un tanque horizontal o vertical con un agujero a través del cual se emite la masa total. El módulo calcula el número total de puffs requeridos así como las características de cada uno.

Los datos que deben introducirse son:

- Altura de la fuga sobre el piso
- Especificación si se trata de fuga de gas o también de líquido
- Presión de almacenamiento
- Temperatura de almacenamiento
- Geometría del contenedor (vertical u horizontal)
- Dimensiones del contenedor
- Profundidad de líquido en el contenedor y,
- Diámetro del agujero, orientación y altura desde la base

CHARM indica el tipo de liberación con base en cada uno de los tres grupos de condiciones siguientes:

- El líquido sale del agujero, forma un charco y se evapora
- Todo el vapor contenido en un recipiente presurizado escapa hasta que la presión interna del recipiente alcanza la atmosférica.

Si la emisión está arriba del nivel del piso de tal forma que ninguna parte del puff toca el suelo, la forma del puff se asume como esférica. El volumen del puff se determina por la cantidad de masa emitida, la temperatura del puff y la presión ambiental. Si el puff está en contacto con el suelo, se asume bajo la forma de un toroide con el mismo diámetro que altura.

La velocidad de salida de la porción gaseosa de la liberación se divide en tres componentes a lo largo de los ejes X, Y y Z, dependiendo de la orientación del agujero. La velocidad máxima permitida es la de la velocidad del sonido. Un cálculo de enfriamiento adiabático determina la fracción de material presente emitido en forma de gotas. No se asume mezcla de vapor de agua o aire con el material del puff.

Se asume que la velocidad de escape de la liberación de un derrame de líquido en el aire y el líquido evaporado del interior del recipiente es cero.

Liberación Continua de un Líquido No Retenido

En la liberación continua de un líquido no retenido, el líquido sale por el agujero, forma un derrame y se evapora. El módulo calcula la velocidad de salida (m) de la masa en el contenedor y emplea el modelo de derrames tipo concha para calcular la duración del tiempo requerido por el líquido para evaporarse dentro del aire, el tamaño del derrame que se forma finalmente las dimensiones del puff. CHARM también calcula el número de puffs, el tiempo requerido por un puff para salir del contenedor y la masa por puff.

El algoritmo, diseñado por Fleischer en 1980, es el siguiente y asume que la velocidad de evaporación es igual al flujo a través de la ruptura. Para flujos laminares, el tamaño del derrame (L) requerido para la velocidad de evaporación para igualar el flujo de salida es:

$$L = \left[\frac{Q}{0.664 DS^{1/3} c(u/v)^{1/2} \pi} \right]^{2/3}$$

donde Q = velocidad de flujo de salida del recipiente;

Sc = número de Schmidt = ν/D

u = velocidad del viento;

D = coeficiente de difusión molecular;

ν = viscosidad cinemática del aire

ρ = densidad del gas a temperatura ambiente

Para flujos turbulentos, se emplea una ecuación trascendental para encontrar la longitud del derrame (L) requerida para igualar la velocidad de evaporación con la velocidad de flujo de salida.

$$L = \frac{Q}{0.037 DS^{1/3} c \rho \left[\frac{uL}{\nu} \right]^{0.8} - 15200}$$

Se empleó el método de Newton-Raphson para resolver L. El número de Reynolds determina si el flujo se considera turbulento o laminar y está definido por: $Re = uL/\nu$. Se asume flujo turbulento si el número de Reynolds es mayor que 320,000.

Para fugas continuas que corresponden a emisiones generadas en la ruptura de equipo de transporte (p.e. tuberías, tanques de almacenamiento y carrotanques), el modelo de velocidad

de evaporación asume el flujo del producto químico a condiciones atmosféricas a través de un agujero para formar un derrame en el piso. La masa de aire tomada por el viento que sopla sobre el derrame está limitado por la transferencia de masa. La velocidad de eyección de masa a través del agujero empleada por el modelo es la velocidad de emisión a la atmósfera. El modelo determina entonces el área del derrame asumiendo que la emisión ocurre por transferencia convectiva de masa.

La temperatura del líquido es la temperatura de almacenamiento o bien el punto de ebullición del líquido, el que sea mayor. El modelo también asume que el puff está formado completamente de material en fase vapor y que inicialmente es estacionario. La velocidad de eyección de la masa (m) se calcula de la siguiente manera:

$$m = \rho_L u A$$

donde ρ_L = densidad del líquido

u = velocidad a la cual el líquido se escapa a través del agujero

A = área del agujero.

Para calcular el valor de A , CHARM emplea el tamaño del agujero especificado por el usuario. Para calcular el valor de u , se emplea el principio de Bernoulli, calculando primero la superficie del líquido (A_L).

El cálculo de la superficie del líquido (A_L) depende de si el tanque es un cilindro vertical u horizontal o bien una tubería.

Para un cilindro vertical el área se calcula por:

$$A_L = \frac{PD^2vc}{4}$$

donde D^2_{vc} = diámetro del cilindro vertical.

Para el caso de un cilindro horizontal o una tubería, la superficie (A_L) es función de la altura de la superficie del líquido (z_L) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$A_L = 2L \left\{ \frac{D^2hc}{2} - \left[z_L - \frac{D_{hc}}{2} \right]^2 \right\}^{1/2}$$

donde L = longitud del cilindro

D_{hc} = diámetro del cilindro horizontal.

La altura de la superficie del líquido cambia con respecto al tiempo y la ecuación para A_L no es resoluble analíticamente. Para simplificar los cálculos, CHARM asume un cilindro representado por la longitud de una caja rectangular (L). El área seccional de la caja es igual

El área de la sección del cilindro. De esta forma, el área efectiva de la caja (D^*) puede ser derivada de la siguiente ecuación:

$$D^* = \left[\frac{\rho D^2 h c}{4} \right]^{1/2}$$

De ahí que los cálculos para la superficie del líquido para el cilindro horizontal se vuelve:

$$AL = LD^*$$

Asumiendo lo anterior, el valor para el área de un líquido para ambos tipos de cilindros es constante.

El principio de Bernoulli se emplea para calcular la velocidad a la cual el líquido se escapa a través del agujero (u).

$$P_c + 1/2 \rho_L u^2 + rgh = \text{constante a lo largo de la línea}$$

donde P_c = presión
 r = densidad del líquido
 g = aceleración de la gravedad
 h = altura de referencia.

El principio de Bernoulli puede reescribirse para determinar la velocidad a la cual el líquido se escapa:

$$P_c + 1/2 \rho_L u^2 + \rho_L g(z_L - z_H) = P_a + 1/2 \rho_L u^2$$

donde u' = velocidad a la cual la superficie del líquido en el contenedor está cayendo
 P_c = presión en el contenedor
 ρ_L = densidad del líquido
 g = aceleración de la gravedad
 z_H = altura del agujero
 z_L = Altura del líquido
 P_a = Presión atmosférica
 u = velocidad a la que el líquido se escapa por el agujero

las variables u y u' están relacionadas con la siguiente identidad:

$$u' t = \frac{dz_L}{dt} = u \frac{A}{A_L}$$

donde p_G = densidad del gas

u = velocidad a la que el gas se escapa por el agujero

A = Area del agujero

La velocidad a la cual el gas se escapa a través del agujero (u) se calcula usando el principio de Bernoulli. Sin embargo, para una emisión de gas, el principio de Bernoulli se simplifica:

$$P_c = P_a + 1/2 p_G u^2$$

Entonces, para simplificar, se hacen las siguientes sustituciones:

$$m_G = \left[\frac{P_a}{RT_c} \right] (V_c) = (P_a) \left[\frac{M V_c}{RT_c} \right]$$

donde m_G = cantidad de gas emitido en el puff

M = peso molecular del vapor

R = constante universal de los gases

V_c = volumen del tanque conteniendo vapor.

El principio de Bernoulli se establece de la siguiente manera:

$$Q = 1 + 1/2 \frac{M}{RT_c} Q u_2$$

Sustituyendo de la ecuación de arriba en la original para la velocidad de eyección de la masa (m) da lo siguiente:

$$m = \frac{M P_c}{RT_c} \left\{ \frac{2RT_c}{M} \left[1 - \frac{1}{Q} \right] \right\}^{1/2}$$

El tiempo total requerido para vaciar el contenedor (m) puede calcularse igualando el cambio de presión del recipiente a m , empleando la Ley de los Gases Ideales.

Esta ecuación nos lleva a la siguiente solución:

$$\frac{dQ}{dt} = - \frac{A}{V_c} \left\{ \frac{2RT_c}{M} (Q^2 - Q) \right\}^{1/2}$$

donde $Q_0 = Q$ en el instante en que se hace el agujero. Se asume que todo el gas escapa cuando la presión interior del contenedor se iguala a la presión exterior lo que da el cálculo final de t_c .

Sustituyendo la identidad anterior en el principio de Bernoulli resulta:

$$P_c - 1/2 \rho_L \left[\frac{dz_L}{dt} \right]^2 + \rho_L (z_L - z_H) g = P_a - 1/2 \rho_L \frac{A_1^2}{A_2^2} [dZ_L]^2$$

El cálculo final de la velocidad de eyección de masa (m) se involucra sustituyendo el resultado de las ecuaciones anteriores como sigue:

$$m = \rho_L A_L [-(a+bz_L)]^{1/2}$$

El tiempo requerido por el contenedor para vaciarse (te) puede ser resuelto de las ecuaciones anteriores quedando:

$$z_L = z_{L_0} - t[a+bz_{L_0}]^{1/2} + b t^2$$

donde z_{L_0} = altura del líquido cuando ocurre la fuga

El tiempo requerido por el contenedor para vaciarse se calcula haciendo que $z_L = z_H$ y resolviendo para t empleando la solución de la ecuación cuadrática.

La masa de material emitido por puff (m_G) se determina por la siguiente ecuación:

$$m_G = \rho_L A_L$$

donde m_G = masa de especies emitidas por puff

ρ_L = densidad del líquido

A_L = área del líquido

A_2 = cambio de altura del líquido en el contenedor mientras se emite el puff.

La masa de cada puff se calcula como la masa emitida durante un intervalo de tiempo dado.

2.2.2 Fuga Continua de un Gas no Retenido

El módulo para este tipo de fugas es semejante al del líquido. Calcula la velocidad de eyección de la masa (m) del contenedor. Este módulo no emplea el modelo de derrames de cascarón debido a que se relaciona solamente a la evaporación de líquido. El algoritmo asume que no hay líquido o que el nivel del líquido se encuentra en o debajo del agujero.

La masa (m) eyectada se calcula de la siguiente forma:

$$m = \rho_G u A$$

Se asume que la temperatura del puff (T_p) se debe a la expansión adiabática y se calcula de la siguiente manera:

$$T_p = T_c [1/Q]^a$$

donde a = es la capacidad calorífica del puff a presión constante.

La masa de cada puff se calcula como la masa emitida por unidad de tiempo.

BIBLIOGRAFIA

El material de esta lección esta basado en el estudio de la Corporación Radian, S.A. de C.V. (1993), "Carpeta Básica y Evaluaciones del Curso Piloto de Capacitación en Riesgo Ambiental del Estado de Querétaro."

* GUIDELINES FOR HAZARD
EVALUATION PROCEDURES
SECON EDITION WHIT WORKED
EXAPLES.
CENTER FOR CHEMICAL PROCESS
SAFETY OF AMERICAN INSTITUTE OF
CHEMICAL ENGINEERS.

* GUIDELINES FOR CHEMICAL PROCESS
QUANTITATIVE RISK ANALYSIS.
CENTER FOR CHEMICAL PROCESS
SAFETY OF AMERICAN INSTITUTE OF
CHEMICAL ENGINEERS.

* A.W.M. BALEMANS ET AL.
" CHECK-LIST: GUIDELINES FOR
SAFE DESING OF PROCESS PLANTS",
PAPER PRESENTED AT FIRTS
INTERNATIONAL LOSS PREVENTION
SYMPOSIUM, 1994.

* F.P. LEES, LOSS PREVENTION IN
THE PROCESS INDUSTRIES, VOLS. 1
& 2, BUTTER WORTHS, 1980.

* FIRE & EXPLOSION INDEX HAZARD
CLASSIFICATION, GUIDE.
DOW CHEMICAL COMPANY



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

TALLER DE RIESGO AMBIENTAL

**ING. CARLOS PEREZ TORRES
PALACIO DE MINERIA**

TALLER DE RIESGO AMBIENTAL.

ANTECEDENTES.

En la actualidad resulta vital, la regulación de las actividades que deban considerarse Altamente Riesgosas, debido a la gran cantidad de sustancias químicas existentes, con propiedades intrínsecas de Inflamabilidad, Explosividad, Toxicidad, Corrosividad, Reactividad, de acción Biológica y Radiactividad, las cuales se almacenan, transportan o procesan, en actividades Comerciales, Industriales y de Servicios, ya sea como Materias primas, Productos, Subproductos o Residuos.

En virtud de lo anterior, se hace necesario evaluar los riesgos que representan dichas sustancias peligrosas con el fin de determinar las distancias mínimas (áreas de riesgo) a que deberán instalarse las Actividades Altamente Riesgosas, con respecto a cualquier asentamiento humano, de donde, además, se hará posible integrar el Ordenamiento Ecológico en su entorno (modificando las condiciones existentes en caso de ser necesario y planeando las futuras), garantizando la seguridad de la zona de influencia.

INTRODUCCION.

Todas las actividades humanas involucran un cierto grado de riesgo y las industrias de proceso no son la excepción. La Industria Química, en particular, es una rama preocupada por la innovación, en ella se desarrollan continuamente nuevos procesos y productos para satisfacer las cada día más sofisticadas necesidades de la sociedad moderna, la cual requiere de productos con características muy particulares, de alta calidad y bajo costo. Esto en muchas ocasiones significa contar con procesos que requieren altas presiones y temperaturas, además de utilizar materiales con características fisicoquímicas que representan un peligro para la salud humana, al ambiente y a la propiedad.

Los elementos que dan origen a los riesgos presentes en una operación industrial son, en términos muy generales, los siguientes:

Materias Primas

Proceso

Productos Terminados

Recurso Humano

Medio Ambiente

Es la interrelación de estos elementos, a través de la tecnología utilizada, lo que da por resultado la existencia de riesgos reales y potenciales y su magnitud depende de las características particulares de los elementos mencionados.

Dentro de la Industria Química hay una creciente preocupación por aplicar métodos sistematizados para eliminar o reducir los riesgos, debido a que la sociedad en general, reclama a la industria una mayor seguridad para sus miembros, propiedades y medio ambiente.

Esta exigencia por parte de la sociedad ha sido motivada, en gran parte, por los acontecimientos ocurridos en San Juan Ixhuatepec, México (noviembre 19 de 1984); Bhopal, India (diciembre de 1984); Institute, E.U.A. (agosto de 1985); que dieron por resultado la pérdida de miles de vidas humanas y daños materiales cuantiosos.

El desafortunado accidente ocurrido en San Juan Ixhuatepec, no es el único registrado en México en la historia de los desastres tecnológicos. Antes hubo ya una explosión de metano, una fuga de cloro, una explosión de VCM, varias explosiones de gas; con una frecuencia que resulta alarmante. En México ocurren accidentes mayores cada cuatro años, que en otras partes del mundo y con otros criterios de seguridad, se estima que sólo pueden ocurrir, probablemente, cada millón de años. Lo anterior no es una exageración. Los cálculos de seguridad para este tipo de instalaciones generalmente se refieren a la probabilidad de ocurrencia de accidentes en un lapso mayor.

Cuando algo nuevo o distinto a lo usual se lleva a cabo en una planta química, existe el riesgo de que alguna parte del proceso no se comporte conforme a lo esperado. Esta desviación puede tener efectos muy serios en alguna otra parte del proceso.

El análisis de riesgos puede realizarse a través del "sentido común", pero la complejidad de la tecnología moderna ha hecho que el proceso de análisis sea también complejo. Por ello ha sido necesario el desarrollar y establecer metodologías sistematizadas de alta confiabilidad, para realizar los diagnósticos de seguridad de los procesos industriales.

EVOLUCION.

El diagnóstico de seguridad a una planta de procesos involucra responder una serie de preguntas:

¿ Existen riesgos reales y potenciales ?

Si es así,

¿ Cuáles son ?

¿ De que magnitud son ?

¿ Son aceptables ?

Si no es así,

¿ Cómo se pueden eliminar o reducir ?

Las respuestas pueden obtenerse a través del Análisis de Riesgos. Este proceso requiere de cubrir las siguientes etapas generales:

- 1a. etapa: Conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de posibles riesgos reales y potenciales.
- 2a. etapa: Identificar los riesgos específicos existentes.
- 3a. etapa: Evaluar la magnitud del evento y cuantificar sus consecuencias posibles, y si fuese necesario, evaluar la probabilidad de ocurrencia.
- 4a. etapa: Establecer las medidas preventivas necesarias para eliminar o minimizar el riesgo hasta el grado de aceptación del mismo.

Las técnicas específicas a aplicar en cada una de las etapas, dependerán de cada caso en particular y del grado de profundidad requerido.

En todo diagnóstico es indispensable seguir la secuencia de las etapas ya mencionadas para optimizar los resultados del diagnóstico.

Aún cuando no existen evidencias precisas, la aparición de las primeras metodologías para el análisis de riesgos en operaciones industriales tienen su origen entre 1910 y 1920. Estas metodologías fueron producto de la experiencia adquirida a través de accidentes ocurridos. La primera de ellas se conoce, hoy en día, como Investigación de Accidentes, la cual ha evolucionado de manera importante pero, fundamentalmente, sigue conservando sus principios.

A través de esta metodología se definen las causas básicas que produjeron el accidente y se establecen las medidas correctivas y preventivas, las cuales son aplicadas para modificar instalaciones existentes o en el diseño de unidades productivas similares, con el fin de evitar la reincidencia de los eventos.

Los resultados de la Investigación de Accidentes, aún cuando son de gran utilidad, no proporcionan todas las respuestas requeridas para contar con operaciones con un grado de confiabilidad aceptable. Las limitaciones propias de la metodología y las enseñanzas producto de ellas, dio como resultado la generación de códigos y normas, en donde se establecen parámetros generalmente aceptados para riesgos reconocidos.

La segunda metodología desarrollada e implementada fue Inspecciones Planeadas y no Planeadas a través de la cual se pretende identificar desviaciones contra lo establecido en los códigos y normas, los cuales a su vez indican las medidas de control a implantar para eliminar o reducir los riesgos. Esta metodología se complementa mediante el uso de Listas de Verificación lo cual facilita su aplicación.

La seguridad y operabilidad son factores significativos que deben ser considerados como parte integral en el diseño de los procesos. La revisión al diseño puede ser llamada la verificación "primaria" de seguridad, la cual normalmente se logra a través de las normas y códigos de diseño.

Muchas organizaciones introdujeron algunas formas de revisiones de seguridad "secundarias" y una versión de ellas consistió en realizar revisiones de seguridad a través de grupos multidisciplinarios. La metodología "What if" empezó a utilizarse frecuentemente por estos grupos de revisión, los cuales, en base a su experiencia, aplican la pregunta What if? a cada paso del proceso, determinando el efecto de las fallas de equipos o errores de operación. Esta metodología puede ser utilizada para revisar un proceso completo o parte de él, dependiendo de su complejidad. El grupo enfatiza en la revisión de factores no detectables a través de las revisiones visuales, con el fin de identificar los riesgos potenciales en base a sus conocimientos y experiencias, así como establecer las medidas de control más apropiadas.

Desafortunadamente, las metodologías basadas únicamente en la experiencia no garantizaban el haber considerado todas las posibles fallas y el resultado es que las medidas de prevención, frecuentemente, se tomen después de ocurrido el evento.

El desarrollo formal de sistemas de análisis de riesgos se inició en la Industria Aeroespacial, como una respuesta natural a la magnitud de las consecuencias al ocurrir una falla: Mal funcionamiento de un misil complejo o sistemas de aeronaves que pudieran resultar en pérdidas de muchas vidas humanas y costos de millones de dólares. Era imperativo el detectar fallas potenciales apriori. La industria nuclear y electrónica implementaron rápidamente los desarrollos de la industria aeroespacial.

A principios de los 60's se desarrolló la metodología conocida como Análisis de Modo de Falla y Efectos, la cual es la simple formalización del sistema "What if". La palabra clave es formalización, lo que significa que es una metodología que puede ser aplicada a procesos y sistemas complejos. En 1962 se desarrolló la metodología sobre "Análisis de Arbol de falla", que consiste en el análisis y cuantificación de un diagrama lógico, el cual identifica la secuencia de todos los eventos que pueden dar como resultado una falla específica (fuego, explosión, derrame, etc.).

Durante la década de los 60's fue creada otra metodología para el análisis de riesgos en la División Mond de ICI, este sistema se conoce como Hazard an Operability Studies (HAZOP). Esta metodología fue originalmente concebida para aplicarse en el diseño de nuevas unidades operativas o modificativas a las

existentes pero, debido al esfuerzo que involucra, ha sido poco aplicada en plantas existentes. El objetivo de la técnica es estimular la imaginación en forma sistemática y es lo suficientemente flexible para aplicarse a todos tipo de plantas, procesos, equipos, etc.

A través de la metodología uno imagina "desviaciones" utilizando ciertas "palabras clave" que, al ser analizadas por un grupo multidisciplinario, permite una búsqueda sistemática de los riesgos escondidos en la planta.

SITUACION ACTUAL.

los acontecimientos ocurridos a fines de 1984 y principios de 1985 en México, la India y Estados Unidos ha generado una mayor presión sobre la Industria de Procesos. En mayo de 1985, la Chemical Manufacturers Association (CMA) integró un grupo especial de trabajo para tratar de dar a conocer a sus asociados las metodologías existentes en el mercado para el Análisis de Riesgos. El resultado del estudio muestra que las metodologías más frecuentemente utilizadas por la Industria Química en los Estados Unidos son:

"What if"

HAZOP

Lista de verificación

Dow Index

ICI Mond Index

En la Industria Química en México el uso de sistemas formales es incipiente y sólo algunos grupos industriales importantes han iniciado su aplicación (Dupont, Celanese Mexicana, ICI de México, PROFOSA, Industrias Químicas de México, Grupo IDESA, etc.). En 1985, el grupo Negromex aplicó las metodologías HAZOP y HAZAN en el diseño de una planta piloto con excelentes resultados.

La cada vez más fuerte presión social y gubernamental, ha orientado a la Industria Química a la toma de decisiones oportunas para la eliminación o reducción de los riesgos de

manera efectiva, esto está dando por resultado el uso de metodologías más confiables, que garanticen la identificación de todos los riesgos, reales y potenciales, existentes a las unidades operativas.

CONCLUSIONES.

Existe en el mercado una gran variedad de metodologías para el Análisis de Riesgos, pero el uso de ellas debe ser selectivo con el fin de optimizar sus resultados.

Antes de aplicar un método en particular se deberán analizar sus ventajas y desventajas, preguntándonos invariablemente si nos dará las respuestas esperadas, en función de profundidad, tiempo, costo y aplicabilidad de sus resultados.

Si bien, la premisa es garantizar la óptima protección de la población, la propiedad y el ambiente, el costo de las medidas para obtenerla afectará los costos de producción, por lo que se requiere de una alta creatividad en la propuesta de soluciones para lograr el balance óptimo entre el costo del control y la efectividad en la eliminación o reducción de los riesgos

Algunos problemas son obvios. Si fabricamos óxido de etileno mediante una mezcla de oxígeno y etileno, y ésta se encuentra muy cerca a los límites de explosividad, no necesitamos de una técnica especial para saber que, si las proporciones de los componentes es errónea, puede ocurrir una gran explosión.

El método tradicional de identificación de riesgo, utilizado desde los primeros desarrollos tecnológicos hasta nuestros días, era construir la planta y ver qué pasaba.

Las listas de verificación son de uso frecuente para la identificación de riesgos, pero su desventaja es que cualquier aspecto no incluido en ellas estará sin analizar. Estas son útiles cuando no existen modificaciones en las instalaciones, y todos los riesgos han sido identificados con anterioridad, sobre todo cuando las instalaciones son nuevas. Por esta razón, la Industria de Procesos ha requerido utilizar técnicas más creativas y versátiles y una de las más aceptadas por sus resultados es el HAZOP.

Existe la tendencia natural de hacer tangible la magnitud de un riesgo identificado, sobre todo cuando no está muy "clara su probabilidad de ocurrencia", es por ello que algunas empresas de la Industria de Proceso han utilizado metodologías para evaluar los riesgos.

Una de las más utilizadas es el Análisis de Arbol de Falla, pero tiene desventajas importantes: Es difícil de mantener actualizado el estudio, es común que se presenten muchos errores por su complejidad, cambios menores en las instalaciones invalidan los resultados y normalmente el costo de aplicación es muy alto por los recursos que se requieren para realizarlo.

Las metodologías Dow Index e ICI Mond Index han resultado prácticas en su aplicación para evaluación de riesgos, con la limitante de ser orientadas a riesgos muy particulares (fuego y explosión).

Las técnicas para evaluar riesgos, sólo es recomendable utilizarlas para evaluar alternativas semejantes en la eliminación o reducción de los riesgos y en forma muy selectiva.

En la aplicación de cualquier metodología tendremos que partir de las siguientes premisas:

1. Administración competente de las unidades operativas.
2. Operación y mantenimiento de las instalaciones de acuerdo al diseño y tecnología utilizada.
3. Sistemas de protección de alta confiabilidad, probados regularmente y en caso necesario, reparados y puestos en operación tan pronto como sea posible.

Si lo anterior no se cumple, el Análisis de Riesgo será tiempo perdido.

I. CRITERIOS BASICOS DE ANALISIS DE RIESGO.

En los estudios de análisis de riesgo que requieren elaborar las empresas, buscando mejorar los niveles de seguridad y operación en sus actividades industriales, es conveniente mencionar que hay dos aspectos básicos que se deben considerar:

- Detectar los puntos críticos.
- Jerarquizarlos y seleccionar opciones.

El primero consiste en detectar los puntos críticos en los cuales se pueden presentar fallas susceptibles de impactar negativamente a las instalaciones y su entorno.

Accidente mayor es aquel cuyos efectos, por su alcance, rebasan los límites de la instalación industrial o comercial, en que se encuentra una o más sustancias peligrosas, dañando a la flora, fauna, población, o a sus bienes, alterando las características del aire, agua o suelo.

Pueden tomarse como accidentes mayores los siguientes:

- * Cualquier liberación de una sustancias peligrosa, en que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como segura.
- * Cualquier fuego mayor, que de lugar a elevaciones de radiación térmica en el lugar o límite de planta que exceda de 5 Kcal/m² por varios segundos.
- * Cualquier explosión de vapor o gas, que pueda ocasionar una sobre presión de 0.5 lbs/pulg.² (Es decir que pueda provocar efectos mayores como rompimiento de ventanas de un edificio o el daño equivalente).
- * Cualquier explosión de una sustancias reactiva o explosiva que pueda causar daños a edificios o plantas, fuera de la vecindad inmediata, suficiente para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
- * Cualquier liberación de una sustancia tóxica, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba de su IDLH en áreas aledañas a su desprendimiento, por más de 30 minutos.

Para poder saber cual es la probabilidad de que se presente el accidente final, es decir el accidente mayor, se puede conocer mediante simples operaciones aritméticas usando los valores de los niveles de probabilidad de los eventos simples.

En la evaluación de riesgos, lo importante es establecer valores topes, ya que estos permiten:

Salvaguardar la salud y los bienes de la población que vive alrededor o en vecindad con instalaciones de alto riesgo.

En este sentido la SEDESOL considera como parámetros de protección de la salud los siguientes:

Afectación por sustancias tóxicas: Se valora utilizando un índice conocido como IDLH (ppm o mg/m³), que es el valor máximo de una sustancia tóxica a la cual una persona puede escapar sin sufrir daños irremediables a su salud, si se expone por un período de 30 minutos.

Otro tipo de medición para sustancias tóxicas es el TLV15 (ppm o mg/m³), este señala el valor promedio máximo a que una persona puede estar expuesta durante 15 minutos sin que se dañe su salud.

Con este tipo de valor TLV15, se definen la zona de amortiguamiento, esto es, los espacios que permitan cubrir los riesgos que pueda ocasionar una sustancia tóxica.

Afectación por sustancias explosivas: El valor que SEDESOL ha establecido en estas causas en el de 0.5 lbs/in², con él, se calcula las zona de alto riesgo, esto es, se traza un círculo cuyo centro es a partir de la fuente de explosión señalando los puntos de la onda de sobrepresión de media libra por pulgada cuadrada.

En este caso la zona de amortiguamiento, se define por la distancia en que se presentaría una onda de sobrepresión de media libra por pulgada cuadrada en la determinación del daño máximo probable.

II. DETERMINACION DE LA ZONA INTERMEDIA DE SALVAGUARDIA.

Como resultado de todo lo anterior y de los estudios que para el efecto se realicen, se establece la necesidad de instaurar una zona intermedia de salvaguardia a fin de proteger a la población y al ambiente de los riesgos derivados de la actividad de la industria riesgosa.

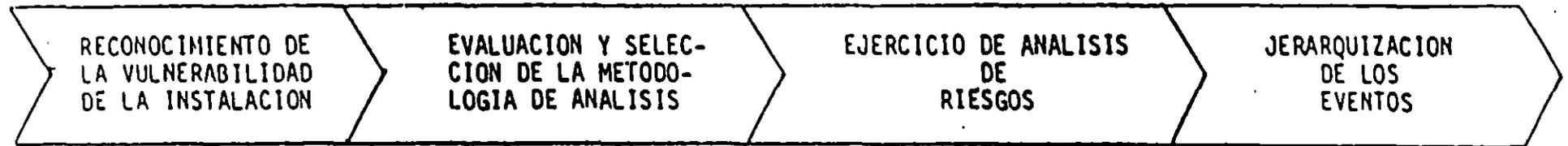
ZONA INTERMEDIA DE SALVAGUARDIA: en términos generales, se define como aquella zona determinada como resultado de la aplicación de criterios y modelos de simulación de Riesgo Ambiental, que comprende las áreas en las cuales se presentarían límites superiores a los permisibles para la salud del hombre, afectaciones a sus bienes y al ambiente en caso de fugas accidentales de sustancias tóxicas y de presencia de ondas de sobrepresión en caso de nubes explosivas.

ZONA DE RIESGO: es una zona de restricción total, en la que no se debe permitir ningún tipo de actividad, incluyendo los asentamientos humanos y la agricultura, con excepción de actividades de forestación, el cercamiento y señalamiento de la misma, así como el mantenimiento y vigilancia.

ZONA DE AMORTIGUAMIENTO: es una zona donde se pueden permitir determinadas actividades productivas que sean compatibles con la finalidad de salvaguardar a la población y al medio ambiente, restringiendo el incremento de la población ahí asentadas y capacitándola en los programas de emergencia que se realicen para tal efecto.

Al respecto, cabe resaltar que la autoridad Municipal encargada de la protección al ambiente, vigilará el cumplimiento de los planes de desarrollo de su localidad haciendo que los usos del suelo sean compatibles con las instalación industrial que se propone.

SISTEMA DE ANALISIS DE RIESGOS

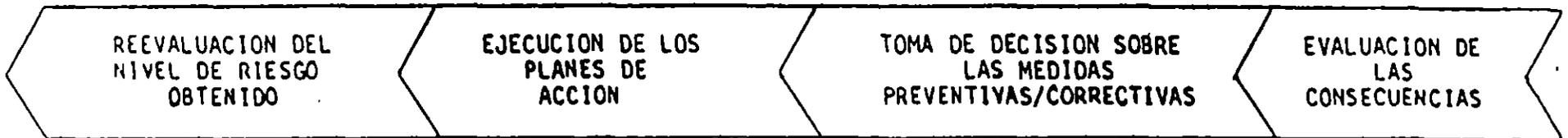


- Características de los materiales
- Tecnología
- Ubicación
- Recursos Humanos

- ¿Qué pasa si...?
- Hazop
- Lista de verificación
- Tormenta de ideas
- Etc.

- Identificación de eventos que puedan conducir a pérdidas o problemas de operación

- Indice Dow
- Indice ICI
- Arbol de fallas
- Etc.



- Actualización del nivel de riesgo

- Programas
- Proyectos de inversión

- Eliminación
- Reducción
- Transferencia
- Aceptación

- Dispersión
- Fugas
- Explosiones
- Fuego

**GUIA PARA LA ELABORACION DEL ESTUDIO DE RIESGO,
MODALIDAD ANALISIS DE RIESGO.**

I. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.

II. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.

- * Nombre del proyecto.
- * Ubicación del proyecto.
- * Actividades conexas.

- * Programas de capacitación y adiestramiento.

III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

IV. INTEGRACION DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.

- * Etapa de construcción.
- * Etapa de operación.
- * Sustancias involucradas en el proceso.
 - Componentes de riesgo.
 - Precauciones especiales.
 - Propiedades físicas.
 - Riesgo a la salud.
 - Riesgo de fuego o explosión.
 - Datos de reactividad.
 - Corrosividad.
 - Radioactividad.
- * Residuos principales.

* Condiciones de operación.

- Características de instrumentación y control.
- Métodos usados y bases de diseño.
- Equipos de proceso y auxiliares.
- características del regimen de la instalación.
- características de los recipientes y/o envases para almacenamiento.

V. RIESGO AMBIENTAL.

* Antecedentes de riesgo del proceso.

* Determinación de los puntos de riesgo (indicando la metodología empleada para su identificación).

* Describir los riesgos potenciales de accidentes ambientales por:

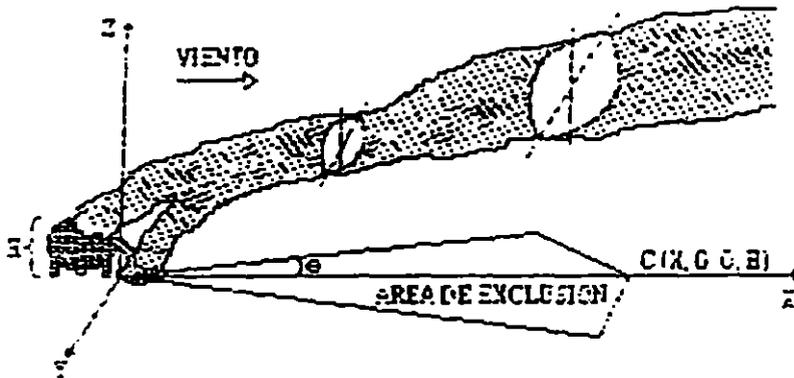
- Fuga de productos tóxicos o carcinogénos.
- Derrame de productos tóxicos.
- Explosión.
- Modelación Matemática de él o los eventos máximos de riesgo.
- Descripción de las medidas de Seguridad y Operación.
- Describir los Dispositivos de Seguridad.
- Descripción de las Normas de Seguridad y Operación para captación y traslado de sustancias.
- Descripción de rutas de traslado de sustancias.
- Descripción del entrenamiento para la capacitación de los operarios de los transportes.
- Descripción de los riesgos que tengan afectación potencial al entorno de la planta.

- Definición y Justificación de las zonas de protección alrededor de la planta.
- Respuesta a la lista de comprobaciones detallada de seguridad.
- Descripción de Auditorías de Seguridad.
- Drenajes y efluentes acuosos.

VI. CONCLUSIONES.

MODELO DE DISPERSION DE UNA FUGA DE GAS O VAPOR EN UN LIQUIDO EN UN DERRAME

Este modelo basado en la difusión gaussiana de un gas está implementado en un programa de computadora que simula la dispersión de un gas proveniente de una fuga en un almacenamiento o conducto, o la fuga de un vapor proveniente de un derrame de un líquido que se evapora.



El modelo permite estimar hasta tres distancias y áreas de afectación o exclusión para tres concentraciones del gas o vapor en análisis.

El área de exclusión se calcula en función de la estabilidad atmosférica prevaletiente y se refiere a la zona en donde la concentración del gas es peligrosa o letal para el hombre.

Se pueden simular escenarios de afectación bajo diferentes condiciones de fuga o derrame y bajo diferentes escenarios meteorológicos para efectuar estudios de riesgo ambiental y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal en manejo de situaciones de emergencia.

El modelo requiere de información accesible y fácil de estimar, como es:

- Gasto de Emisión.
- Altura de Emisión.
- Radiación Solar (alta, moderada, baja).
- Características del producto. (Peso molecular, presión del vapor).
- Concentración de Interés.

El modelo corre en IBM PC/AT o compatibles con 256Kb de memoria principal y capacidad gráfica, las gráficas de la corrida se pueden imprimir en impresoras compatibles con EPSON o IBM.

EJEMPLO DEL MODELO DE FUGAS Y DERRAMES

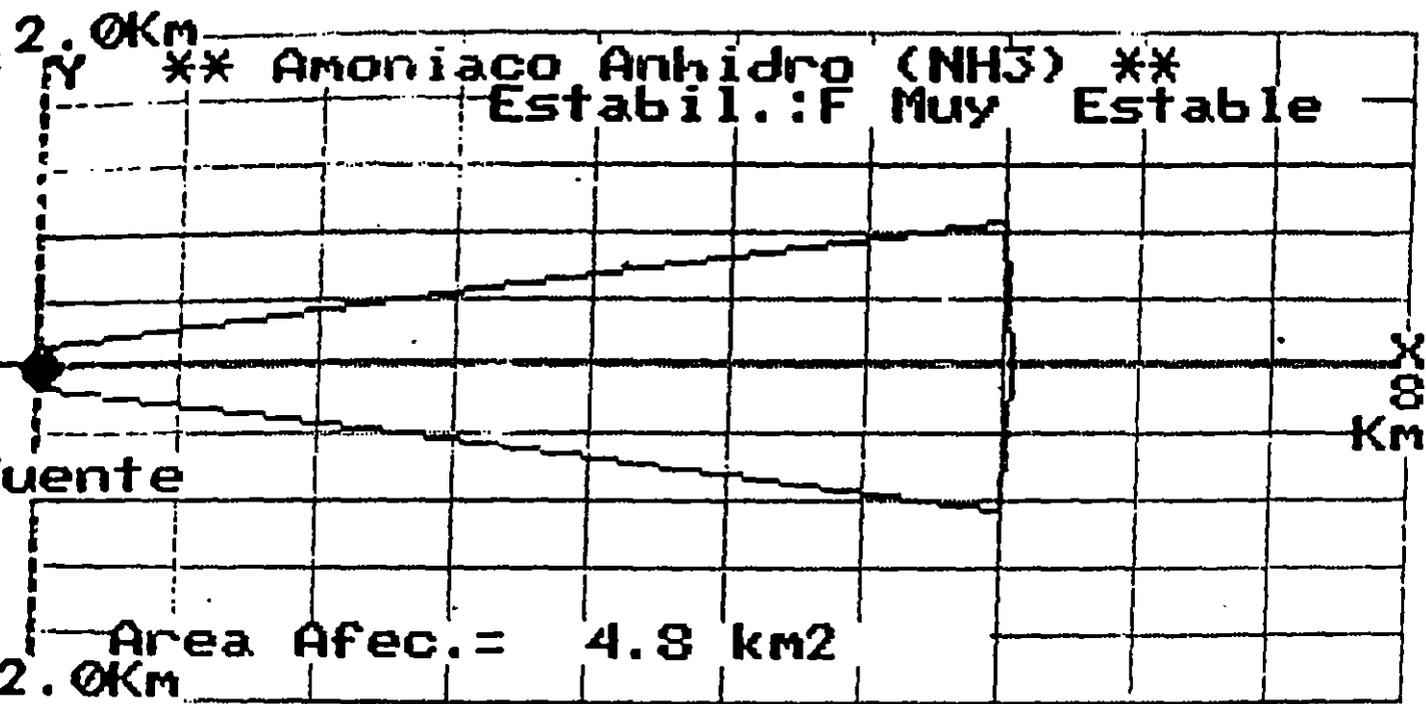
Una fuga de Amoníaco Anhidro (NH_3) se produce por la ruptura de un carro tanque de ferrocarril, con un gasto de 1 Kg/s, situado a 1.5 m del nivel de piso.

A 2500 m. del lugar del accidente se tiene un asentamiento rural, extendiéndose éste hasta una distancia de 10 Km. Se desea estimar si la población será expuesta a niveles de concentración mayores a 27 mg/m³ de NH_3 , considerando que el accidente se produce durante una noche despejada con un viento de 2 m/s.

Ejecución del paquete SCRI

El asentamiento rural se verá afectado en un sector cuya distancia será de 5.65 Km - 2.5 Km = 3.15 Km. Se recomienda efectuar la evacuación de toda la población. El tiempo aproximado que tardará la nube en alcanzar el asentamiento es de :

$$(2500 \text{ m}) / (2 \text{ m/s}) = 1250 \text{ s} = 20.8 \text{ minutos.}$$



MODELO FUGA DE GAS O VAPOR DE DERRAME

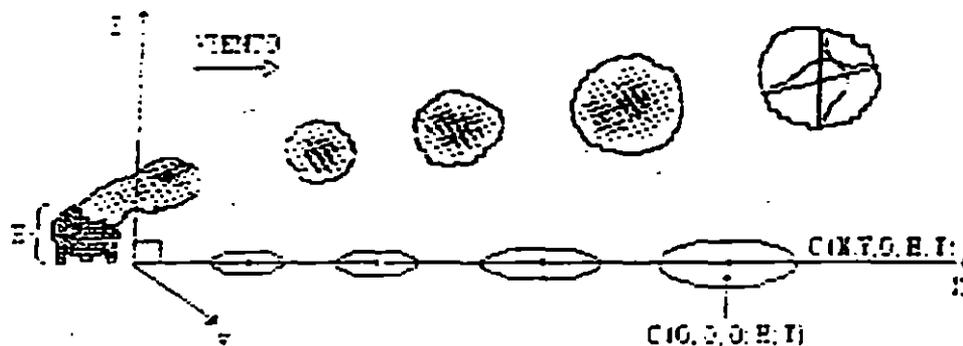
Q= 1000.0 g/s
 H= 1.5 m
 U= 2.0 m/s

Conc1= 27.000 mg/m3
 Teta= 15.0 G
 Yexc= 858.9 m

Distancia= 5.645 Km

MODELO DE DISPERSION DE UNA NUBE DE GAS TOXICO

Este modelo está implementado en un programa de computadora que simula la dispersión de una nube o "PUFF" tridimensional de gas, el cual es liberado en forma masiva e instantánea de un almacenamiento.



El modelo calcula en función del tiempo la dimensión de la nube en el plano X-Y de acuerdo a una concentración máxima definida por el usuario. El algoritmo se detiene hasta que la concentración en el centro de la nube es inferior a la concentración máxima requerida. Así mismo grafica una curva concentración-distancia del centro del "PUFF" y el tiempo requerido por la nube para alcanzar una distancia determinada.

Se pueden simular escenarios de impacto, bajo diferentes situaciones de emisión y características meteorológicas prevalientes para efectuar estudios de riesgo ambiental y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal en manejo de situaciones de emergencia.

El modelo requiere de información accesible y fácil de estimar, como es:

- Cantidad de la sustancia emitida.
- Altura de Emisión.
- Radio equivalente del recipiente.
- Velocidad del Viento.
- Radiación Solar (alta, moderada, baja).
- Nubosidad.
- Concentración de Interés.

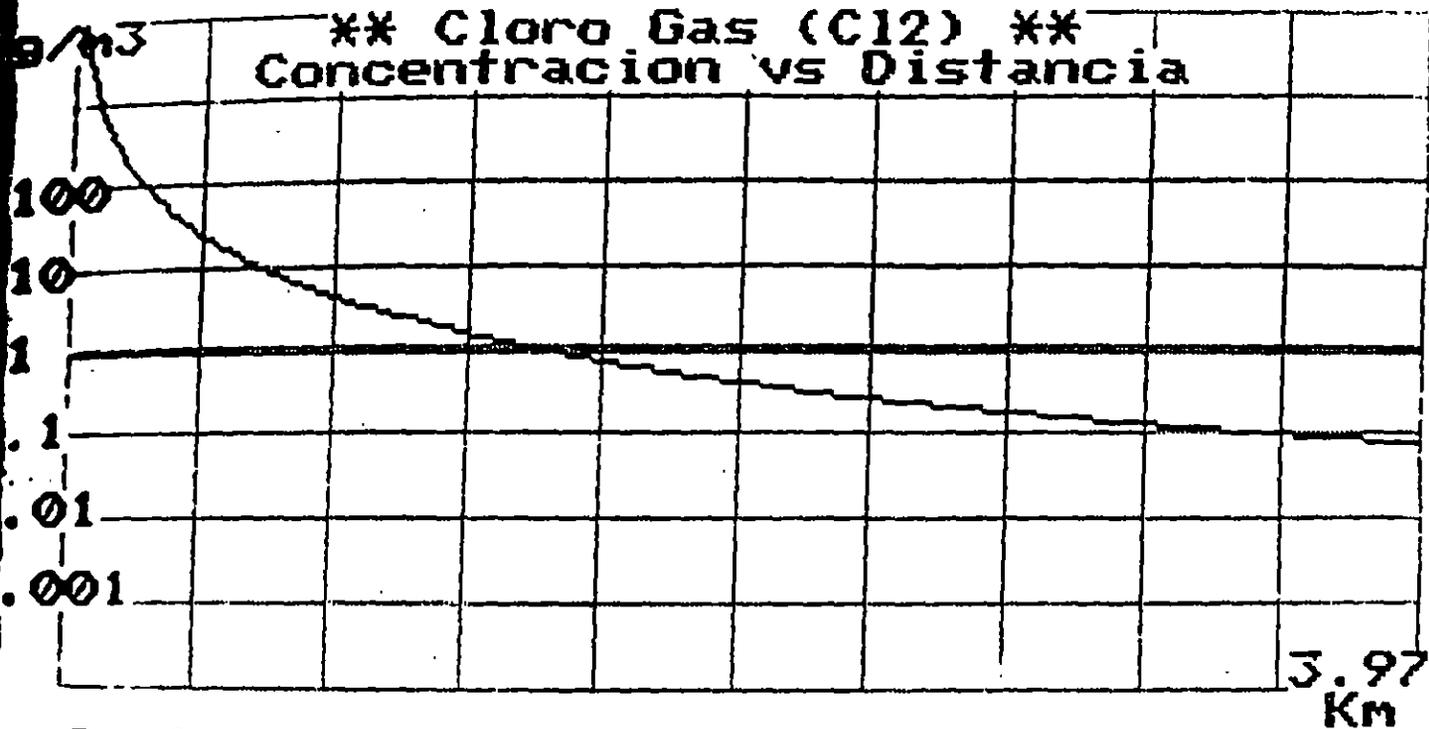
El modelo corre en IBM PC-AT o compatibles con 256Kb de memoria principal y capacidad gráfica, las gráficas de la corrida se pueden imprimir en impresoras compatibles con EPSON o IBM.

EJEMPLO DEL MODELO DE FUGA MASIVA E INSTANTANEA

Se produce una liberación masiva e instantánea de 1 tonelada de Cloro Gas (Cl_2) a 2 metros del nivel del piso, debido a la ruptura de un almacenamiento de aproximadamente 3 m de diámetro. El accidente se produce durante una noche nublada con viento de 2 m/s. Viento abajo del lugar del accidente se encuentran 2 centros habitacionales situados a 5 Km y 1 Km. Se desea evaluar si los pobladores de los centros estarán expuestos a concentraciones superiores a 72.5 mg/m^3 .

Ejecución del paquete SCRI

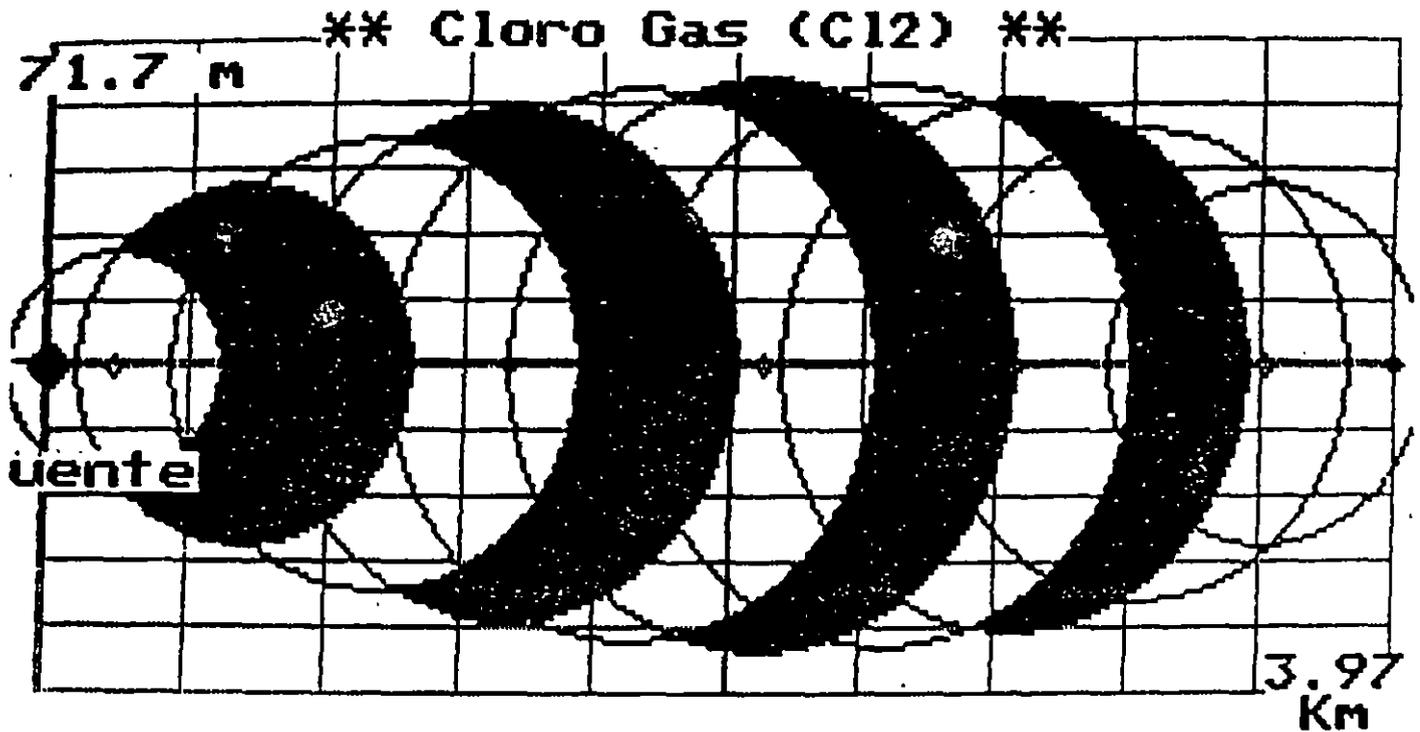
A 5 Km. de distancia la concentración es inferior a 72.5 mg/m^3 . El centro situado a 1 Km se verá afectado por concentraciones del orden de 2000 mg/m^3 y la nube tardará en alcanzarlo aproximadamente $(1000 \text{ m}) / (2 \text{ m.s}) = 500 \text{ s} = 8'20''$.



Centro de la Nube a Nivel de Piso

$D = 1000.0 \text{ Kg}$
 $U = 2.0 \text{ m/s}$
 $H = 2.0 \text{ m}$

Radio $R = 1.5 \text{ m}$
 Estab. = E Estable



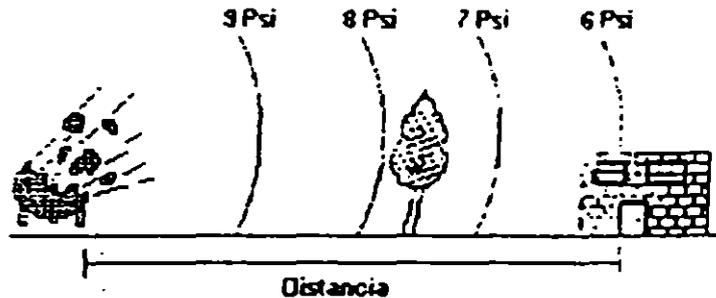
Modelo Nube o Puff

Para $X_{int} = 1.000$ Km
 Conc = 2240.371 mg/m³ Tiempo = 0:8'20''

Para Concentracion = 72.500 mg/m³
 Dist = 3.97 Km Tiempo = 0:33' 5''

MODELO DE SIMULACION DE NUBES EXPLOSIVAS

Este modelo está implementado en un programa de computadora y permite estimar el daño en una planta ocasionado por la explosión de sustancias gaseosas o líquidas que al vaporizarse forman una nube explosiva.



El procedimiento consiste en calcular un peso equivalente de la masa de la sustancia en proceso, en toneladas de TNT, considerando dos tipos de eventos: Daño máximo probable y Daño catastrófico probable. Posteriormente se obtiene la cantidad de sustancia vaporizada y con ello la magnitud de la nube formada. A partir de los resultados anteriores se obtienen la energía equivalente desprendida y las distancias de las ondas expansivas u ondas de sobrepresión. Conociendo estos diámetros y la presión asociada se obtienen los daños asociados considerando el tipo de instalaciones y equipos que se encuentran dentro de la zona afectada.

Dentro de los posibles materiales formadores de nubes explosivas se consideran: gases en estado líquido por entremiso o por efecto de alta presión, gases sujetos a presiones de 500 o más psi, líquidos inflamables o combustibles a temperaturas superiores a su punto de ebullición.

El modelo requiere de datos de la sustancia considerada, como son:

- Peso Molecular.
- Límite superior e inferior de explosividad.
- Calor de Combustión.
- Densidad.
- Temperatura del Proceso.
- Temperatura de Ebullición.
- Volumen del Proceso.
- Capacidad Calorífica.

El modelo corre en IBM PC/AT o compatibles con 256Kb de memoria principal y capacidad gráfica. las gráficas de la comda se pueden imprimir en impresoras compatibles con EPSON o IBM.

EJEMPLO DEL MODELO DE NUBES EXPLOSIVAS

Se tiene un cilindro de almacenamiento de n-Butano, conteniendo 1000 ft³ del gas (Referidos a 0 C y 1 atm) a una presión de 600 psi. Se desea evaluar el radio de afectación que produciría el almacenamiento en caso de explosión, asumiendo que la máxima sobrepresión admisible sea de 3 psi. Se considera que la nube de gas alcanza una altura de 8 ft. el n-Butano presenta las siguientes características :

- Peso Molecular : 58
- Temperatura de Ebullición : -0.6 C
- Calor de Combustión : 19665 Btu/lb
- Límite Inferior de Explosividad : 1.9 %
- Límite Superior de Explosividad : 8.5 %

Ejecución del SCRI

Tabla 1. Efectos de nubes explosivas en refinerías y componentes vulnerables de plantas.

Sobrepresión (Psi)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas
0,3	<p>Edificio de mantenimiento caída de techos de asbesto corrugado</p> <p>Torre de enfriamiento de agua caída de lumbreras de asbesto corrugado</p>	<p>Torre de enfriamiento falta de mamparas</p>
0,5	<p>Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro). rotura de ventanas</p>	<p>Cuarto de control (techo metálico) rotura de ventanas y medidores</p> <p>Cuarto de control (techo de concreto) rotura de ventanas y medidores</p> <p>Torre de enfriamiento falta de mamparas</p>
1,0	<p>Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro) deformación de la estructura</p>	<p>Cuarto de control (techo metálico) conectores dañados por colapso del techo</p> <p>Cuarto de control (techo de concreto) conectores dañados por colapso del techo</p> <p>Tanques de almacenamiento (techo de conico) colapso del techo</p>
1,5	<p>Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro) derrumbe del techo</p> <p>Horno de tubos fijos ligero desplazamiento de su posición original</p>	<p>Cuarto de control (techo metálico) colapso del techo</p> <p>Cuarto de control (techo de concreto) colapso del techo</p>

Tabla 1. (Continuación)

	Tanques de almacenamiento (techo conico y techo flotante) levantamiento de tanques vacios	Torre de enfriamiento partes internas danadas
		Cubiculo de instrumentos rotura de ventanas y medidores
2.0		Calentador fracturas de ladrillos
		Reactor quimico rotura de ventanas y medidores
		Filtros falla de paredes de concreto
2.5		Calentador el equipo se mueve y la tubería se rompe
3.0	E. inicio de mantenimiento deformacion de la estructura	Tanque de almacenamiento (techo conico) el equipo se levanta (50% llenado)
		Cubiculo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas. controles dañados
		Regenerador el equipo se mueve y las tuberías se rompen
		Tanque de almacenamiento (techo flotante) el equipo se levanta (50% llenado)
3.5	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro) derrumbe de muros de concreto	Cuarto de control (techo metalico) falla de paredes de concreto
	Torre de enfriamiento de agua derrumbe de la torre	Cuarto de control (techo de concreto) falla de paredes de concreto

Tabla 1. (Continuación)

	Tuberías (soportadas por estructura de acero) deformación de la estructura	Torre de enfriamiento, falla de paredes de concreto
	Tuberías (soportadas por estructura de concreto) fracturas en la estructura	Reactor catalítico: el equipo se mueve y la tubería se rompe
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante) levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Soportes de tuberías: marcos deformados
4,0	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante) levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Reactor químico, partes internas dañadas
4,5	Torre fraccionadora (montada sobre pedestal de concreto) aflojamiento de tuercas de anclaje	Filtro: partes internas dañadas
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Medidor de gas: carcasa y caja deformadas
		Transformador eléctrico: daño por proyección de partículas
5,0	Torre de regeneración: deformación de la columna	Calentador, unidad destruida
	Edificio de mantenimiento, derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura	Regenerador, marcos colapsados
	Tuberías, derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas	Motor eléctrico, daño por proyección de partículas
		Ventilador, carcasa y caja dañadas

Tabla 1. (Continuación)

	Tanques de almacenamiento (techo conico y techo flotante) levantamiento de tanques llenos o medio llenos dependiendo de su capacidad	
5.5	Torre rectangular (estructura de concreto) fractura de la estructura de concreto	Soportes de tuberías marcos colapsados tubería rota
	Tanques de almacenamiento (techo conico y techo flotante) levantamiento de tanques llenos o medio llenos dependiendo de su capacidad	Columna fraccionadora. marcos rotos
6.0	Unidad de recuperación de vapor (con estructura rectangular de acero): derrumbe de la estructura	Cubiculo de instrumentos unidad destruida
	Horno de tubos fijos: caída de la chimenea	Recipiente horizontal a presión: marcos deformados, el equipo se mueve y la tubería se rompe
	Edificio de mantenimiento: derrumbe de la estructura	Regulador de gas. el equipo se mueve y la tubería se rompe
	Tuberías (soportadas por estructura de acero): derrumbe de la estructura y rompimiento de la tubería	
	Tanques de almacenamiento (techo conico y techo flotante) levantamiento de tanques llenos o medio llenos. dependiendo de su capacidad	
6.5	Horno de tubos fijos: derrumbe del horno	Tanques de almacenamiento (techo conico) equipo levantado (90% llenado)

Tabla 1. (Continuación)

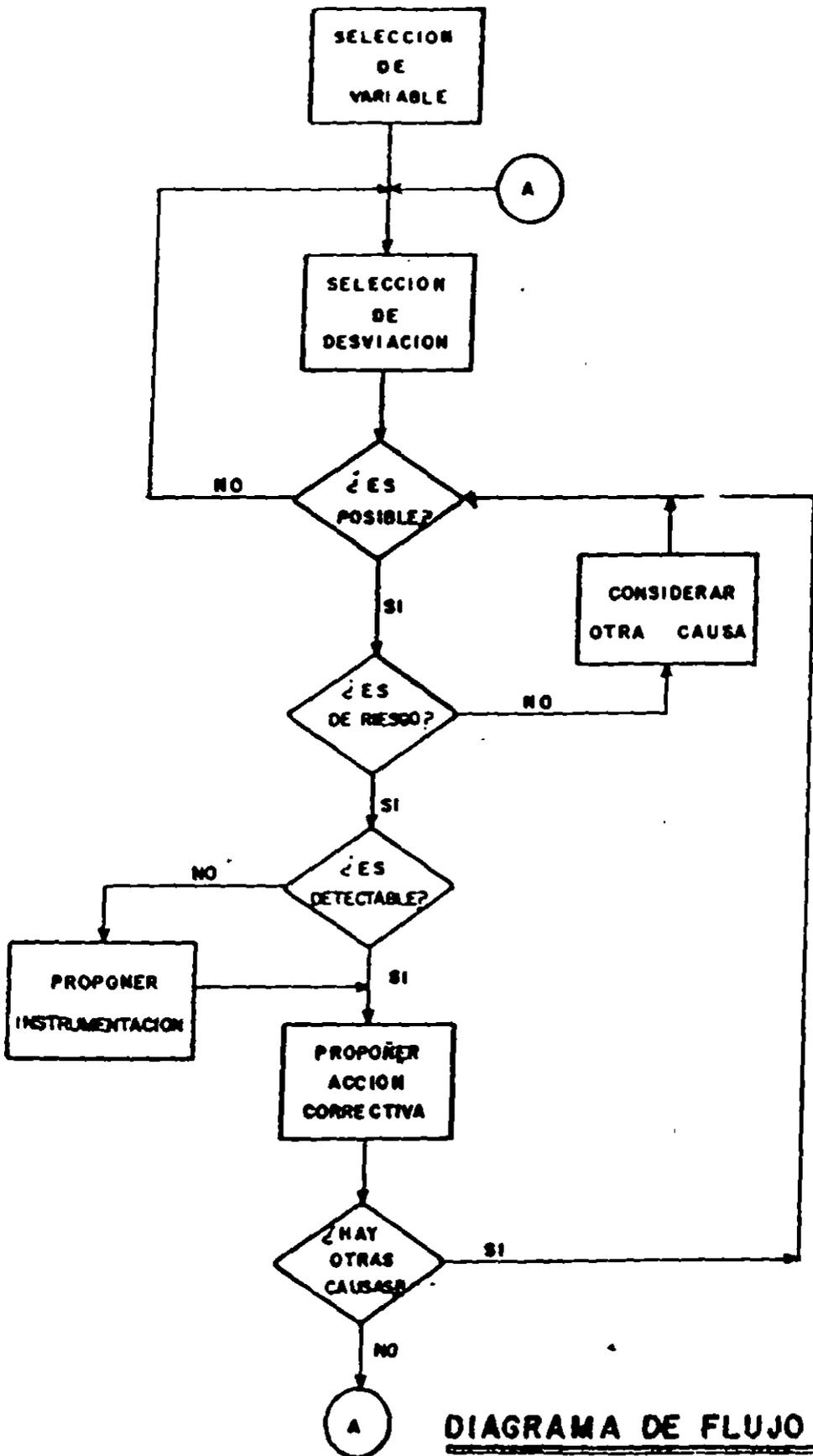
	Tanques de almacenamiento (techo conico y techo flotante) levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Reactor quimico marcos colapsados Tanque de almacenamiento (techo flotante), equipo levantado (90% llenado) Columna de extraccion, el equipo se mueve y la tubería se rompe
7.0	Torre rectangular (estructura de concreto), derrumbe de la estructura y la torre Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura Torre fraccionadora (montada sobre pedestal de concreto) caída de la torre Torre de regeneración (estructura de acero): caída de la torre Tanque de almacenamiento esferico: deformación de la estructura en tanques llenos	Reactor catalitico partes internas dañadas Columna fraccionadora: unidad destruida
7.5	Torre de vacío octagonal (estructura de concreto) ruptura de anclaje de la torre y caída de la misma Tanque de almacenamiento esferico: deformación de la estructura en tanques vacíos	Regenerador unidad destruida Transformador electrico líneas de fuerza dañadas Turbina de vapor el equipo se mueve y la tubería se rompe Cambiador de calor el equipo se mueve y la tubería se rompe

Tabla 1. (Continuación)

8,0	Reactor rectangular de cracking catalítico (estructura de concreto) fractura de la estructura	Tanque de almacenamiento (esférico) el equipo se mueve y la tubería se rompe
8,5	Torre de regeneración (estructura de concreto) fractura de la estructura	
9,0	Tanque de almacenamiento esférico: derrumbe de tanques llenos	Reactor químico: unidad destruida Motor eléctrico: líneas de fuerza dañadas Recipiente horizontal a presión: unidad destruida Cambiador de calor: unidad destruida
9,5	Desisobutanizador (montado sobre pedestal y zapatas): caída del reactor Tanque de almacenamiento esférico: derrumbe de tanques vacíos	Filtro: la unidad se mueve de sus cimientos
10,0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro) derrumbe de estructura de hierro	Cuarto de control (techo de concreto) unidad destruida Transformador eléctrico: unidad destruida Ventilador: unidad destruida Regulador de gas: controles dañados, carcasa y caja dañadas Columna de extracción: la unidad se mueve de sus cimientos

Tabla 1. (Continuación)

12.0	Reactor rectangular de craking catalítico - (estructura de concreto) derrumbe de la estructura y la torre	<p>Filtro unidad destruida</p> <p>Reactor catalítico unidad destruida</p> <p>Columna de extracción. unidad destruida</p> <p>Turbina de vapor: controles dañados</p> <p>Recipiente vertical a presión: el equipo se mueve y la tubería se rompe</p> <p>Bomba. líneas de fuerza dañadas</p>
14.0		<p>Turbina de vapor tubería rota</p> <p>Tanque de almacenamiento (estérico): falla de abrazaderas y soportes</p> <p>Recipiente vertical a presión: unidad destruida</p>
16.0	Torre de regeneración (estructura de concreto) derrumbe de la estructura y la torre	<p>Tanque de almacenamiento (estérico): unidad destruida</p> <p>Bomba: la unidad se mueve en sus cimientos</p>
20.0		Tanque de almacenamiento (techo flotante) colapso del techo
>20.0		<p>Motor eléctrico la unidad se mueve de sus cimientos</p> <p>Turbina de vapor la unidad se mueve de sus cimientos</p>



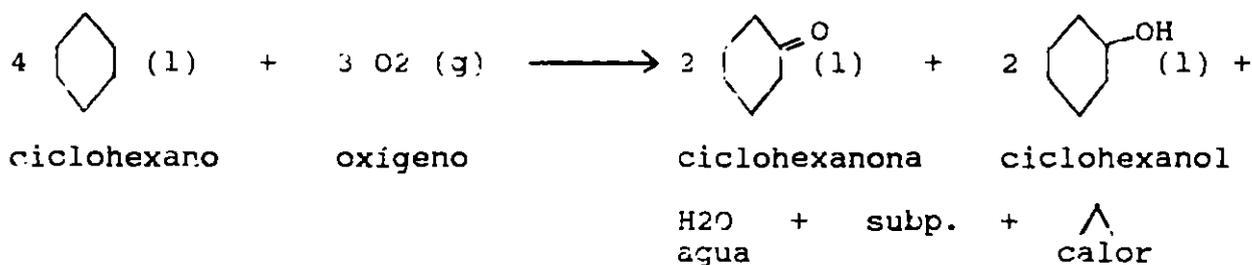
**DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL
HAZOP**

CASO DE ESTUDIO.

EN LA PRODUCCION DE CICLOHEXANONA HAY VARIAS ETAPAS, LAS CUALES SON:

- OXIDACION DE CICLOHEXANO.
- SEPARACION DE FASES.
- CONDENSACION.
- ABSORCION.
- DESTILACION DE CICLOHEXANO.
- SAPONIFICACION.
- PURIFICACION DE LA CICLOHEXANONA.
- CONVERSION DEL ANOL.

EN LA OXIDACION DEL CICLOHEXANO SE EFECTUA LA SIGUIENTE REACCION:



LA CICLOHEXANONA SE PRODUCE CUANDO SE HACE REACCIONAR EL CICLOHEXANO CON AIRE A ALTA TEMPERATURA (155 °C) Y PRESION (9.14 kg/cm²). EL CICLOHEXANO FRESCO, CICLOHEXANO RECUPERADO Y EL AIRE SE ALIMENTAN A TRES REACTORES EN SERIE, AGITADOS. SE CUENTA CON DIFUSORES EN LA ALIMENTACION DE AIRE.

CONFORME PASAN DE UN REACTOR A OTRO LA REACCION SE VA COMPLETANDO. EL CALOR QUE SE GENERA POR LA REACCION SE RETIRA DEL SISTEMA POR LA EVAPORACION DE UNA PARTE DE CICLOHEXANO, EL CUAL VA A CONDENSACION, JUNTO CON UNA PEQUEÑA PARTE DE OXIGENO.

EN ESTE SISTEMA LA CINETICA EN SI MISMA NO REPRESENTA RIESGO GRAVE. SIN EMBARGO HAY UNA CONDICION DE RIESGO QUE SE CREA EN RELACION CON EL CONTENIDO DEL OXIGENO DEL AIRE QUE SE SUMINISTRA.

LAS CARACTERISTICAS DE LA REACCION SON LAS SIGUIENTES:

- HETEROGENEA (SE EFECTUA EN DOS FASES)
- A PRESION, VOLUMEN Y TEMPERATURA CONSTANTE
- SIMULTANEA, CONSECUTIVA Y EN CADENA.

LAS COLINDANCIAS DEL PREDIO EN EL QUE ESTA UBICADA LA PLANTA EN UN RADIO DE 200 m EN SU ENTORNO, SON:

NORTE : CAMPOS DE CULTIVO Y CANAL DE RIEGO.

SUR : CARRETERA PANAMERICANA TRAMO CELAYA-SALAMANCA. CAMPOS DE CULTIVO, AREAS HABITACIONALES, AREAS DE USO PECUARIO AISLADAS, ASI COMO LA VIA DE FERROCARRILES.

ORIENTE: CAMPOS DE CULTIVO Y LINEAS DE ALTA TENSION.

PONIENTE: PLANTA QUIMICA Y CAMPOS DE CULTIVO.

CONSIDERANDO QUE SE PRESENTA UN ACCIDENTE, POR EL ROMPIMIENTO DE LA TUBERIA DE 2" , EN LA SECCION DE LOS REACTORES. PARTIENDO DE QUE LA BOMBA DE ALIMENTACION TIENE UNA CAPACIDAD DE 1000 GALONES POR MINUTO Y SUPONIENDO QUE LA BRIGADA DE EMERGENCIA EN CASO DE FUGA DE CICLOHEXANO TARDARA EN PREPERARSE :

	TIEMPO (MINUTOS)
1.- DETECCION DE LA FUGA	0:00
2.- ACCIONAMIENTO DE LA ALARMA DE EMERGENCIAS	0:30
3.- REUNION BRIGADA DE EMERGENCIAS	2:00
4.- ESTRATEGIA DE ATAQUE	2:00
5.- EQUIPAMIENTO DE BRIGADISTAS	5:00

	9:00

LA BRIGADA ESTARA LISTA DESPUES DE ESTE TIEMPO.

CABE ACLARAR QUE POR EL ROMPIMIENTO DE LA TUBERIA EL CICLOHEXANO QUE ESTA EN ESTADO LIQUIDO PASA A ESTADO GASEOSO POR LA DIFERENCIA DE PRESIONES, LA INTERNA DEL REACTOR (9.14 KG/CM²) Y LA ATMOSFERICA (1.03313 KG/CM²) SE FORMARIA UNA NUBE.

PREGUNTAS A CONTESTAR:

- MODELO MATEMATICO UTILIZADO EN LA SIMULACION.

- RADIO DE AFECTACION.

- EL VOLJUMEN O GASTO QUE CONSIDERARIA.

- SUPONIENDO QUE HAY FORMAS DE CONTROL EN LA CORRECCION DEL ACCIDENTE:

* CUALES DISPOSITIVOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD USTED PROPONDRIA.

* CUAL ES SU TIEMPO DE RESPUESTA, EL RADIO DE AFECTACION Y LA MASA O VOLUMEN FUGADO.

TODOS LOS DATOS QUE PUDIERA USTED NECESITAR SON LOS SIGUIENTES:

CICLOHEXANO

SINONIMOS: HEXAHIDROBENCENO, HEXAMETILENO, HEXAHIDRURO.

PESO MOLECULAR: 84.18 g/gmol.

TEMPERATURA DE EBULLICION: 81 °C

TEMPERATURA DE FUSION: 7 °C

GRAVEDAD ESPECIFICA: 0.779 g/ml

VOLATILIDAD: 100 %

DENSIDAD DE VAPOR: 2.90 kg/m³

PRESION DE VAPOR: 95 mm de Hg a 20 °C

VISCOSIDAD: 0.914 cp. a 22.2 °C

IDLH: 10,000 ppm o 35,000 mg/m³

TLV : 300 ppm o 1,050 mg/m³

TEMPERATURA DE INFLAMABILIDAD: - 20 °C

TEMPERATURA DE IGNICION: 245-260 °C

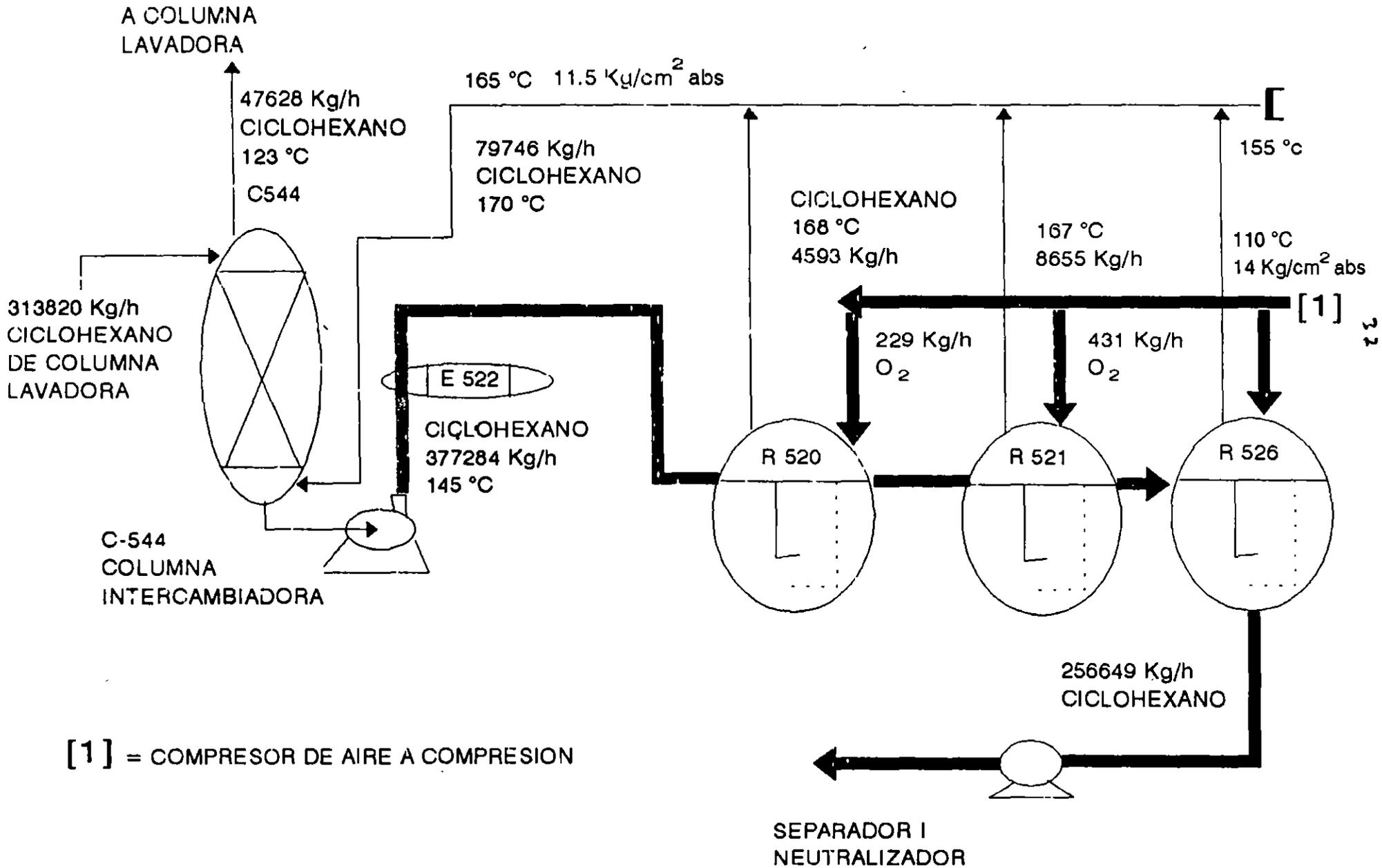
LIMITE INFERIOR DE EXPLOSIVIDAD: 1.3 %

LIMITE SUPERIOR DE EXPLOSIVIDAD: 8.4 %

CALOR DE VAPORIZACION: 86 cal/g

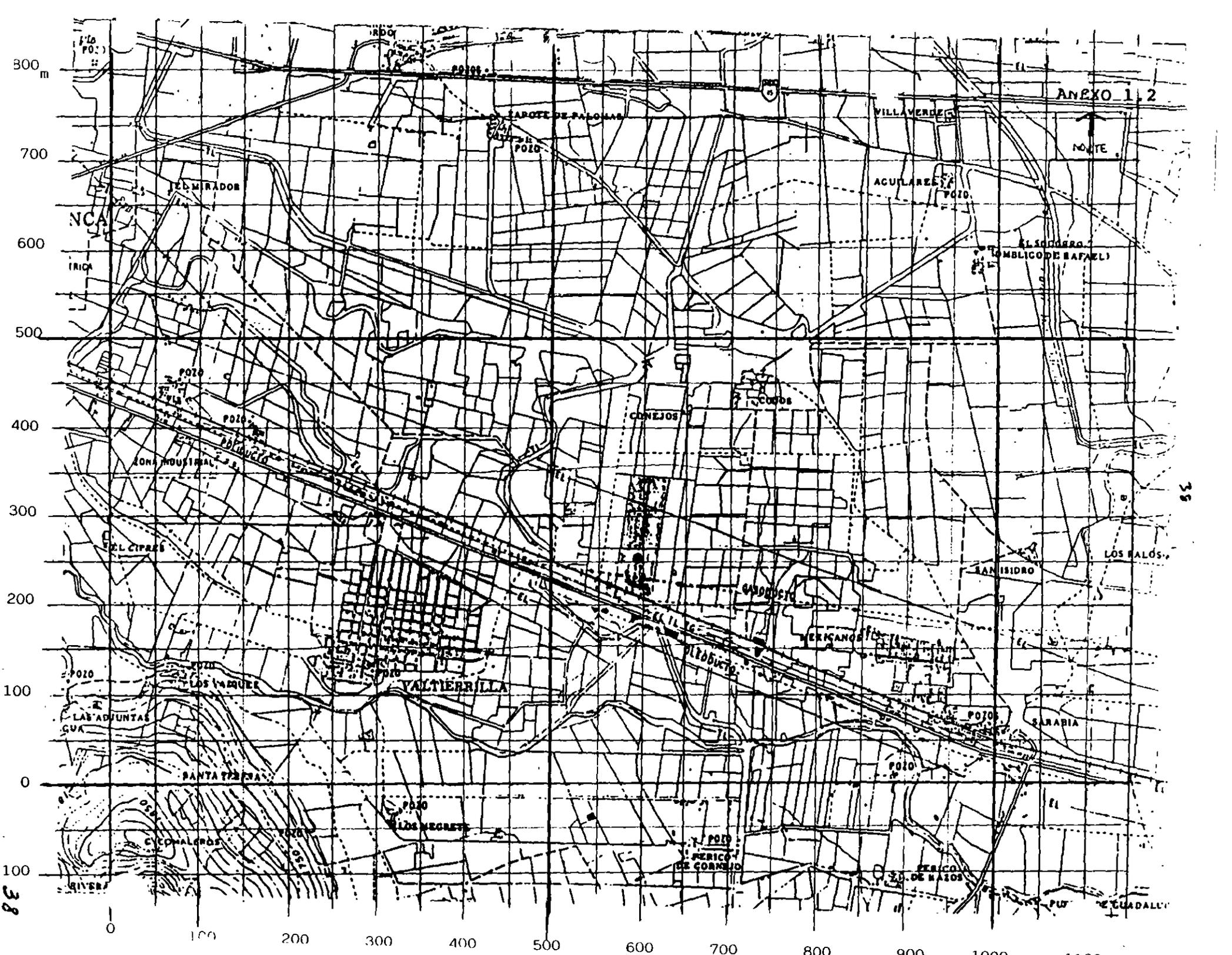
CALOR DE COMBUSTION: 18860 BTU/lb

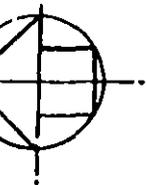
CALOR ESPECIFICO: .52 cal/g °C



32

32





NIVELES



MIZANDE
MAINT TO.



SECC. 4.3



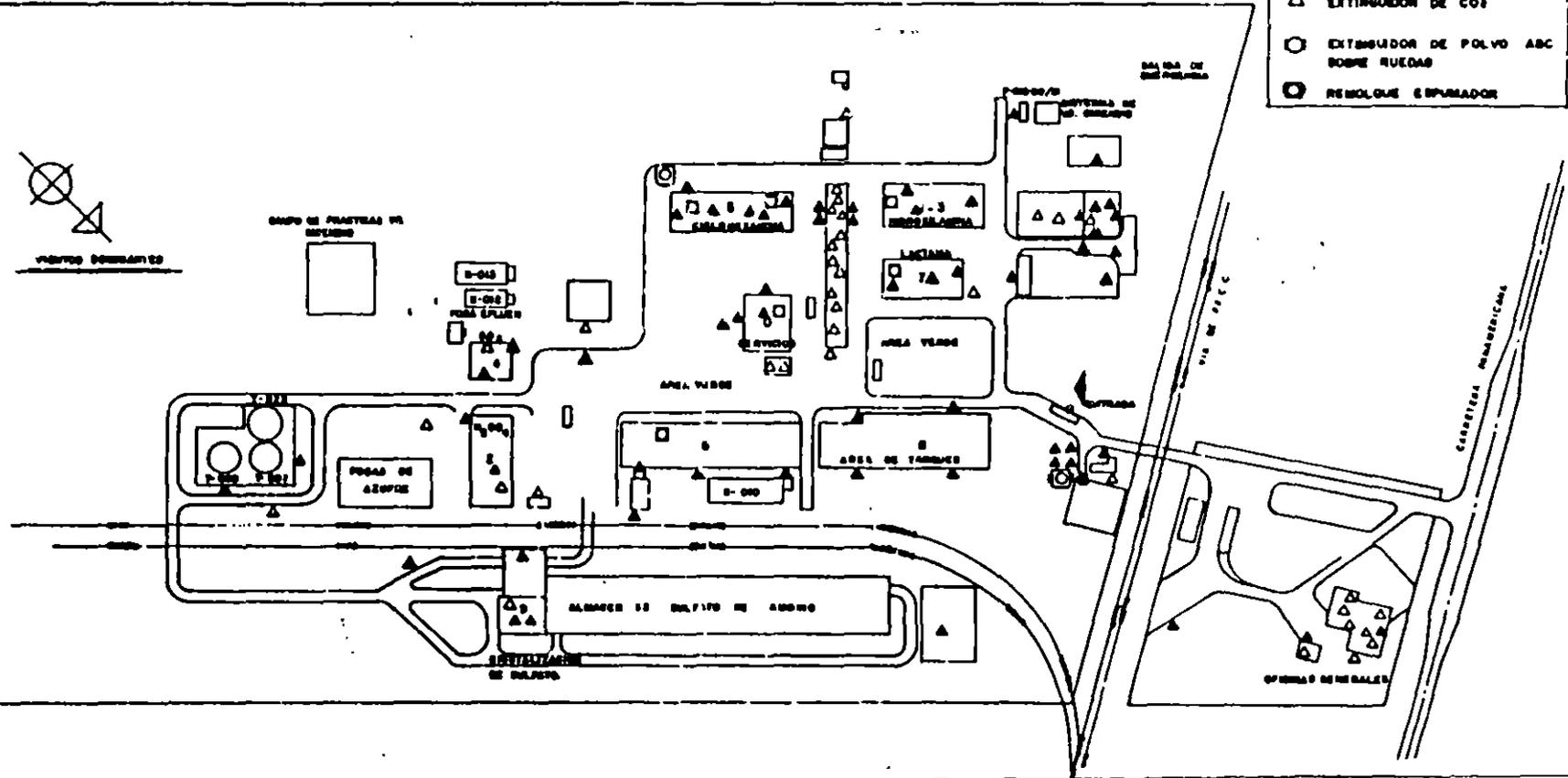
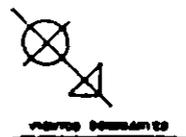
SECC. 8



SECC. 7



SIMBOLOS	
▲	EXTINGUIDOR DE POLVO ABC
△	EXTINGUIDOR DE CO ₂
○	EXTINGUIDOR DE POLVO ABC SOBRE RUEDAS
⊙	RESOLUCHE ESPALMADO





FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

ASPECTOS LEGALES SOBRE LAS ACTIVIDADES
RIESGOSAS Y DE RESIDUOS PELIGROSOS

ING JESUS RABAGO VILLASEÑOR
PALACIO DE MINERIA
1995

ASPECTOS LEGALES SOBRE LAS ACTIVIDADES RIESGOSAS

Y DE RESIDUOS PELIGROSOS

**ING. JESUS RABAGO VILLASEÑOR.
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA.**

I N T R O D U C C I O N .

A MEDIDA QUE LA TECNOLOGIA HA AUMENTADO, ASI TAMBIEN HA AVANZADO EL RIESGO ASOCIADO CON ESTA. LOS EFECTOS MAS IMPORTANTES DE LA TECNOLOGIA MODERNA SOBRE LA SALUD PUBLICA TIENEN SU ORIGEN EN LA EXPOSICION PROLONGADA Y CRONICA A EMANACIONES DE CONTAMINANTES DE LOS ALREDEDORES DE LOS COMPLEJOS INDUSTRIALES. ESTOS PROBLEMAS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA TECNOLOGIA GUARDAN RELACION ESTRECHA CON LA SEGURIDAD, PUESTO QUE RARAS SON LAS VECES EN QUE, EN LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONOMICAS, NO HAYA IMPLICITAS CUESTIONES DE SEGURIDAD; ESTO SE HACE MAS EVIDENTE EN EL CASO DE EMANACIONES ACCIDENTALES, DONDE SUS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE LLEGAN A SER EN ALGUNOS CASOS DE CONSECUENCIAS FATALES.

EN MEXICO, LOS ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y DE SERVICIO, H. INCREMENTADO EL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS, SIENDO LAS TOXICAS, EXPLOSIVAS E INFLAMABLES, LAS QUE PUEDEN REPERCUTIR DE MANERA MAS IMPORTANTE EN LA POBLACION.

POR OTRO LADO, EL CRECIMIENTO POBLACIONAL Y LA UBICACION DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS CON RELACION A LAS INDUSTRIAS O ESTABLECIMIENTOS PUEDEN PRESENTAR RIESGO A LA POBLACION. ADEMAS, SI SE TOMA EN CUENTA QUE EN MEXICO, SU TERRITORIO SE ENCUENTRA UBICADO EN UNA REGION EN LA QUE SE PRESENTAN CON PROBABILIDAD SIGNIFICATIVA FENOMENOS NATURALES QUE CONDUCEN O PUEDEN CONDUCIR A DAÑOS IMPORTANTES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES, SE HACE NECESARIO CONSIDERAR EL RIESGO PRODUCIDO POR FENOMENOS NATURALES COMO LA SISMICIDAD, INUNDACIONES, ETC.

PARA LA DETERMINACION DE ESTAS ACTIVIDADES SE EMPLEO EL CRITERIO DE QUE LA ACCION O CONJUNTO DE ACCIONES, YA SEA DE ORIGEN NATURAL O ANTROPOGENICO, QUE ESTAN ASOCIADAS CON EL MANEJO DE SUSTANCIAS TOXICAS, REACTIVAS, RADIATIVAS, CORROSIVAS O BIOLÓGICAS EN CANTIDADES TALES, QUE EN CASO DE PRODUCIRSE UNA LIBERACION, FUGA O DERRAME, O BIEN UN INCENDIO :/C EXPLOSION DE LAS MISMAS, OCASIONARAN UNA AFECTACION SIGNIFICATIVA AL AMBIENTE, A LA POBLACION O A SUS BIENES.

CONCIENTE DE ESTE PROBLEMA, EL GOBIERNO MEXICANO HA DECIDIDO IMPLEMENTAR UNA SERIE DE ACCIONES ENCAMINADAS A CORREGIR LOS PROBLEMAS QUE REPERCUTEN O PODRIAN REPERCUTIR EN EL MEDIO AMBIENTE Y QUE POR LO TANTO TENDRIAN UNA AFECTACION DIRECTA O INDIRECTA EN EL SER HUMANO.

M A R C O J U R I D I C O .

I. ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

A) LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.

AL PRESENTE, LA "LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE", PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL 28 DE ENERO DE 1988 Y QUE ENTRO EN VIGOR EL 1º DE MARZO DEL MISMO AÑO, EN LO REFERENTE AL **CAPITULO IV**, DEDICADO A LAS ACTIVIDADES RIESGOSAS, SE CONSTITUYO EN UNA DE LAS

INNOVACIONES MAS IMPORTANTES, PUES LAS DISPOSICIONES QUE LA INTEGRAN RECOGEN LA EXPERIENCIA DERIVADA DE LAS ACCIONES QUE HA PUESTO EN MARCHA EL GOBIERNO FEDERAL PARA EVITAR RIESGOS AL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y AL BIENESTAR DE LA POBLACION, RESOLVIENDO POR ESTA VIA UN VACIO JURIDICO QUE DE NO HABERSE SUPERADO TENDRIA GRAVES REPERCUSIONES PARA LOS PROPOSITOS DE DICHO ORDENAMIENTO.

LA **LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE**, SIRVE COMO MARCO PARA REGULAR TANTO LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS COMO LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL DENTRO DEL CUAL SE INVOLUCRA EL ANALISIS DE RIESGO, LO QUE PLANTEA LA NECESIDAD DE ESTABLECER CRITERIOS ECOLOGICOS QUE SIRVAN DE INSTRUMENTO PARA LA ADECUADA PLANEACION Y LA CONSECUENTE TOMA DE DECISIONES.

LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN SU **ARTICULO 5º FRACCION X** CONTEMPLA QUE SON ASUNTO DE ALCANCE GENERAL EN LA NACION O DE INTERES DE LA FEDERACION, LA REGULACION DE ACTIVIDADES QUE DEBEN CONSIDERARSE ALTAMENTE RIESGOSAS, SEGUN ESTA Y OTRAS LEYES Y SUS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS, POR LA MAGNITUD O GRAVEDAD DE LOS EFECTOS QUE PUEDAN GENERAR EN EL EQUILIBRIO ECOLOGICO O EL AMBIENTE.

DE ACUERDO CON LAS DISPOSICIONES DE LA **LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE**, EL **ARTICULO 28** INDICA: "LA REALIZACION DE OBRAS O ACTIVIDADES PUBLICAS O PRIVADAS, QUE CAUSAN DESEQUILIBRIOS ECOLOGICOS O REBASAN LOS LIMITES Y CONDICIONES SEÑALADOS EN LOS REGLAMENTOS Y LAS NORMAS OFICIALES

MEXICANAS EMITIDAS POR LA FEDERACION PARA PROTEGER EL AMBIENTE, DEBERAN SUJETARSE A LA AUTORIZACION PREVIA DEL GOBIERNO FEDERAL, POR CONDUCTO DE LA **SECRETARIA** O DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS O MUNICIPIOS, CONFORME A LAS COMPETENCIAS QUE SEÑALA ESTA LEY, ASI COMO AL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS QUE SE LES IMPONGAN UNA VEZ EVALUADO EL IMPACTO AMBIENTAL QUE PUDIEREN ORIGINAR, SIN PERJUICIO DE OTRAS AUTORIZACIONES QUE CORRESPONDA OTORGAR A LAS AUTORIDADES COMPETENTES".

CUANDO SE TRATA DE LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL POR LA REALIZACION DE OBRAS O ACTIVIDADES QUE TENGAN POR OBJETO EL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES, **LA SECRETARIA** REQUERIRA A LOS INTERESADOS QUE EN LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL CORRESPONDIENTE, SE INCLUYA LA DESCRIPCION DE LOS POSIBLES EFECTOS DE DICHAS OBRAS O ACTIVIDADES EN EL ECOSISTEMA DE QUE SE TRATE, CONSIDERANDO EL CONJUNTO DE ELEMENTOS QUE LO CONFORMAN Y NO UNICAMENTE LOS RECURSOS QUE SERIAN SUJETOS DE APROVECHAMIENTO.

COMO COMPLEMENTO A LO ANTERIOR, EL **ARTICULO 32** SE INDICA: "PARA LA OBTENCION DE LA AUTORIZACION A QUE SE REFIERE EL **ARTICULO 28** DEL PRESENTE ORDENAMIENTO, LOS INTERESADOS DEBERAN PRESENTAR ANTE LA AUTORIDAD CORRESPONDIENTE, UNA **MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL**. EN SU CASO, DICHA MANIFESTACION DEBERA IR ACOMPAÑADA DE UN **ESTUDIO DE RIESGO** DE LA OBRA, DE SUS MODIFICACIONES O DE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS, CONSISTENTE EN LAS MEDIDAS TECNICAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS ADVERSOS AL EQUILIBRIO ECOLOGICO DURANTE SU EJECUCION, OPERACION Y EN CASO DE ACCIDENTE".

DENTRO DE LAS ACTIVIDADES CONSIDERADAS COMO RIESGOSAS, EL **ARTICULO 145** SEÑALA QUE "LA SECRETARIA PROMOVERA QUE EN LA DETERMINACION DE LOS USOS DEL SUELO SE ESPECIFIQUEN LAS ZONAS EN LAS QUE SE PERMITA EL ESTABLECIMIENTO DE INDUSTRIAS, COMERCIOS O SERVICIOS CONSIDERADOS RIESGOSOS POR LA GRAVEDAD DE LOS EFECTOS QUE PUEDAN GENERAR EN LOS ECOSISTEMAS O EN EL AMBIENTE, TOMANDOSE EN CONSIDERACION:

- I. LAS CONDICIONES TOPOGRAFICAS, METEOROLOGICAS Y CLIMATOLOGICAS DE LAS ZONAS;
- II. LA PROXIMIDAD A CENTROS DE POBLACION, PREVIENDO LAS TENDENCIAS DE EXPANSION DEL RESPECTIVO ASENTAMIENTO Y LA CREACION DE NUEVOS ASENTAMIENTOS;
- III. LOS IMPACTOS QUE TENDRIA UN POSIBLE EVENTO EXTRAORDINARIO DE LA INDUSTRIA, COMERCIO O SERVICIO DE QUE SE TRATE, SOBRE LOS CENTROS DE POBLACION Y SOBRE LOS RECURSOS NATURALES;
- IV. LA COMPATIBILIDAD CON OTRAS ACTIVIDADES DE LAS ZONAS;
- V. LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE Y NECESARIA PARA LA ATENCION DE EMERGENCIAS ECOLOGICAS, Y
- VI. LA INFRAESTRUCTURA PARA LA DOTACION DE SERVICIOS BASICOS.

ASIMISMO, F' **ARTICULO 147** SOSTIENE QUE "QUIENES REALICEN ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS, ELABORARAN, ACTUALIZARAN Y EN LOS TERMINOS DEL REGLAMENTO CORRESPONDIENTE SOMETERAN A LA APROBACION DE LA SECRETARIA Y DE LAS SECRETARIAS DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL, DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, DE SALUD Y DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, GOBERNACION, LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES EN LA REALIZACION DE TALES ACTIVIDADES QUE PUEDAN CAUSAR GRANDES DESEQUILIBRIOS ECOLOGICOS.

B) LISTADOS DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

A NIVEL INTERNACIONAL Y NACIONAL SE HAN CONSTITUIDO DIVERSOS LISTADOS DE SUSTANCIAS TOXICAS, PARA DAR CUMPLIMIENTO A LAS LEGISLACIONES RELATIVAS A CREAR CONDICIONES PARA EL MANEJO Y ELIMINACION SEGURA Y AMBIENTALMENTE ADECUADAS A LOS PRODUCTOS QUIMICOS TOXICOS O PELIGROSOS.

LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, EN SU **ARTICULO 146**, ESTABLECE QUE LA SECRETARIA CORRESPONDIENTE, DETERMINARA Y PUBLICARA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION LOS LISTADOS DE LAS ACTIVIDADES QUE DEBAN CONSIDERARSE ALTAMENTE RIESGOSAS PARA EFECTO DE ESTA LEY.

ES ASI QUE EL **29 DE MARZO DE 1990**, SE PUBLICO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL ACUERDO QUE EXPIDE EL **PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS** QUE INCLUYE LAS **SUSTANCIAS TOXICAS**.

EL **SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS**, PUBLICADO EL 4 DE MAYO DE 1992, INCLUYE LAS **SUSTANCIAS INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS**, QUEDANDO POR PUBLICAR EL LISTADO DE SUSTANCIAS REACTIVAS Y CORROSIVAS.

EN LOS LISTADOS PUBLICADOS SE SEÑALA COMO CRITERIO PARA CONSIDERAR RIESGOSA UNA ACTIVIDAD, EL QUE INVOLUCRE ACCIONES ASOCIADAS EN EL MANEJO DE SUSTANCIAS CON PROPIEDADES INFLAMABLES, EXPLOSIVAS, TOXICAS, REACTIVAS, RADIATIVAS, CORROSIVAS Y BIOLÓGICAS, E CANTIDADES TALES QUE, EN CASO DE PRODUCIRSE SU LIBERACION SEA POR FUGA O DERRAME DE LAS MISMAS O BIEN UNA EXPLOSION, PUEDAN OCASIONAR AFECTACION SIGNIFICATIVA AL AMBIENTE, A LA POBLACION O A SUS BIENES.

LAS SUSTANCIAS INCLUIDAS EN NUESTRO PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS, SE TOMARON DE VARIAS LISTAS: EN PRIMER LUGAR SE CONSIDERO UNA LISTA DE APROXIMADAMENTE 400 SUSTANCIAS QUIMICAS IDENTIFICADAS COMO AGUDAMENTE TOXICAS POR LA **E.P.A.**, TAMBIEN FUERON CONSIDERADOS LOS LISTADOS DE LAS SUSTANCIAS IDENTIFICADAS POR LOS DIFERENTES ORGANISMOS NACIONALES RELACIONADOS CON EL CONTROL DE ESTE TIPO DE PRODUCTOS, ENTRE LOS QUE PODEMOS MENCIONAR A LA **SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA**; LA **SECRETARIA DE TRABAJO Y PREVISION SOCIAL**; ASI COMO TAMBIEN SE CONSIDERO LOS LISTADOS DE OTROS ORGANISMOS.

DESPUES DE REALIZAR UN CRUZAMIENTO, LA **SECRETARIA** DEFINIO LA INCLUSION DE TODAS LAS SUSTANCIAS QUE TIENEN UN **IDLH** MENOS DE 10 mg/m^3 , EN UN LISTADO EN EL QUE ADEMÁS E INCLUYEN LAS SUSTANCIAS

QUE POR EL ALTO VOLUMEN CON EL QUE SE PRODUCEN, MANEJAN O TRANSPORTAN EN MEXICO, FUERON TOMADAS EN CUENTA, AUNQUE NO SEAN DEL GRADO TOXICO-AGUDAS, PERO QUE EN CASO DE LIBERARSE PODRIAN PRESENTAR PROBLEMAS SERIOS AL CONSIDERARSE SU CONCENTRACION EN EL AMBIENTE.

ESTAS SUSTANCIAS Y SUS CANTIDADES DE REPORTE SE ENCUENTRAN CONSIGNADAS EN EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

SIGUIENDO UN PROCEDIMIENTO IDENTICO AL ANTERIOR, SE ELABORO EL LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS BAJO CRITERIOS DE INFLAMABILIDAD Y EXPLOSIVIDAD.

**C) REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y
PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE ACTIVIDADES
ALTAMENTE RIESGOSAS**

CON LA APARICION FUTURA DEL **REGLAMENTO EN MATERIA DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS**, SE PRETENDE REDEFINIR AQUELLAS ACTIVIDADES RIESGOSAS CUYA REGULACION ES COMPETENCIA DE LOS ESTADOS Y MUNICIPIOS.

EL OBJETIVO DE ESTE INSTRUMENTO, ES CONTAR CON EL MARCO JURIDICO REGLAMENTARIO NECESARIO PARA UNA OPTIMA REGULACION DE LAS ACTIVIDADES DE ALTO RIESGO, EN ARMONIA ENTRE LOS SECTORES INVOLUCRADOS.

D) NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION.

EN CONSECUENCIA A LA PUBLICACION DEL PRIMER Y SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS Y COMO COMPLEMENTO A SU REGULACION, LA SECRETARIA DETERMINO LA ELABORACION DE LAS **NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION**, QUE ESTABLEZCAN LOS PROCEDIMIENTOS MINIMOS A SEGUIR POR LAS INDUSTRIAS QUE ALMACENEN, PROCESEN, MANEJEN O USEN CUALQUIER SUSTANCIA PELIGROSA (MATERIA PRIMA, PRODUCTOS INTERMEDIOS O FINALES) DE LA INDUSTRIA DEL PETROLEO, QUIMICA, PETROQUIMICA Y DE LAS PINTURAS, TINTAS Y SOLVENTES, QUE REPRESENTAN UN ELEVADO RIESGO A LA POBLACION, DEBIDO A LA TOXICIDAD E INFLAMABILIDAD DE LAS SUSTANCIAS EN CASO DE SER LIBERADAS A LA ATMOSFERA.

LOS CRITERIOS UTILIZADOS EN LA ELABORACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION, PARA LA IDENTIFICACION DE LOS PROCEDIMIENTOS, CONDICIONES, SON LOS SIGUIENTES:

- * LOCALIZACION Y CLASIFICACION DE LA NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACION INTERNACIONAL Y NACIONAL EXISTENTE PARA EL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS EN LA INDUSTRIA DEL PETROLEO, PETROQUIMICA, QUIMICA Y DE PINTURA, LAS TINTAS Y LOS SOLVENTES.
- * RECOPIACION Y ANALISIS DE LAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES INTERNACIONALES Y NACIONALES RELACIONADAS CON SUSTANCIAS PELIGROSAS, EN FUNCION DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA MANEJO, LLENADO, DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS.

- * SE CONSIDERARON LAS ESPECIFICACIONES I.C.C. (COMISION INTERESTATAL DE COMERCIO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA) RESPECTO A LOS RECIPIENTES Y ENVASES PARA ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS ASI COMO LAS ESPECIFICACIONES D.O.T. (DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DE E.U.A.).

**DEFINICION DEL MARCO JURIDICO DE LAS NORMAS OFICIALES
MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION.**

- * ANALISIS DE LOS FUNDAMENTOS CONTENIDOS EN LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL.
- * ANALISIS DE LOS FUNDAMENTOS CONTENIDOS EN LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.
- * DEFINICION DE LOS ELEMENTOS JURIDICOS QUE INTEGRARON LAS NORMAS OFICIALES DE SEGURIDAD Y OPERACION.
 - * FUNDAMENTOS DE ACUERDO
 - * CONSIDERANDOS
 - * DISPOSICIONES GENERALES
 - * DISPOSICIONES ESPECIFICAS
 - * DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS
 - * SANCIONES POR INCUMPLIMIENTO

ESTRUCTURACION TECNICA DE LA NORMA.

- ▲ LA NORMATIVIDAD SE FORMULÓ ANALIZANDO LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS (TOXICAS E INFLAMABLES) QUE SE MANEJAN EN LAS INDUSTRIAS DEL PETROLEO, PETROQUIMICA, QUIMICA Y DE LAS PINTURAS, LAS TINTAS Y SOLVENTES.

- ▲ CONSIDERANDO EL 1º Y 2º LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS, SE SELECCIONARON SUSTANCIAS POR SU CANTIDAD DE REPORTE, IDLH Y NIVEL DE USO INDUSTRIAL, PARA ELABORAR EN UNA PRIMERA ETAPA SUS NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEGURIDAD Y OPERACION DE ACUERDO A LA ETAPA DE PROCESO.

ACTUALMENTE, EXISTE UN **COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION PARA EL MEDIO AMBIENTE** INTEGRADO POR LA ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA (ANIQ), CANACINTRA, PEMEX, SECOFI, STPS, SEMIP, CFE, SCT, PROCURADURIA FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE (PROFEPA) Y EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGICA (INE) COMO COORDINADOR DE DICHO COMITE.

EN ESTE COMITE, A TRAVES DEL **SUBCOMITE DE RIESGO** SE HAN ELABORADO NORMAS SOBRE EL DISTANCIAMIENTO ENTRE EL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS (INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS) CON RELACION A ASENTAMIENTOS HUMANOS, LAS CUALES SE ENCUENTRAN EN PROCESO DE REVISION POR EL AREA JURIDICA DE LAS DIFERENTES INSTANCIAS PARTICIPANTES EN EL COMITE PARA SU APROBACION Y PROXIMA PUBLICACION.

**A) LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL
AMBIENTE.**

EL MARCO JURIDICO QUE DEFINE LAS REGULACIONES EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS ESTA SEÑALADO EN LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, CON LAS SIGUIENTES DISPOSICIONES:

ARTICULO 5. "SON ASUNTOS DE ALCANCE GENERAL EN LA NACION O DE INTERES DE LA FEDERACION:

XIX. LA REGULACION DE LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS";

ARTICULO 8. "CORRESPONDE A LA SECRETARIA:

XI. PROPONER AL EJECUTIVO FEDERAL LAS DISPOSICIONES QUE REGULEN LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS, EN COORDINACION CON LA SECRETARIA DE SALUD;

XIV. PROPONER AL EJECUTIVO FEDERAL LAS DISPOSICIONES QUE REGULEN LOS EFECTOS ECOLOGICOS DE LOS PLAGICIDAS, FERTILIZANTES Y SUSTANCIAS TOXICAS EN COORDINACION CON LAS SECRETARIAS DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, DE SALUD Y DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL",

ASIMISMO, PARA SUSTANCIAS PELIGROSAS (TOXICAS) SE CUENTA CON EL PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA DE SEGURIDAD Y OPERACION PARA EL CLORO, AMONIACO, ACIDO FLUORHIDRICO Y ACIDO CIANHIDRICO, LAS CUALES HAN SIDO ELABORADAS Y APROBADAS EN EL SENO DEL COMITE Y PROXIMAMENTE SE REMITIRAN AL AREA JURIDICA PARA SU REVISION, APROBACION Y POSTERIOR PUBLICACION.

CON BASE A LO INDICADO, **EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA** HA ESTABLECIDO PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACION DE MANIFESTACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE RIESGO, MEDIANTE LOS CUALES SE REGULAN LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS; ESTOS ULTIMOS A TRAVES DE LA PUBLICACION DE LOS LISTADOS DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

II. RESIDUOS PELIGROSOS.

EL TEMA FUE INCORPORADO RECIENTEMENTE EN EL MARCO JURIDICO MEXICANO. ES HASTA 1988, CON MOTIVO DE LA PROMULGACION DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE (MISMA QUE SUSTITUYO A LA LEY FEDERAL PARA LA PROTECCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL), QUE SE INCLUYO EN EL SENO DE ESA LEY EL CONCEPTO DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.

ARTICULO 152. "LOS MATERIALES Y RESIDUOS QUE SE DEFINAN COMO PELIGROSOS PARA EL EQUILIBRIO ECOLOGICO DEBERAN SER MANEJADOS CON ARREGLO A LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (ANTES NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS) Y PROCEDIMIENTOS QUE ESTABLEZCA LA SECRETARIA, CON LA PARTICIPACION DE LAS SECRETARIAS DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, DE SALUD, DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL Y DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS.

ARTICULO 153. "LA INPORTACION O EXPORTACION DE MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS SE SUJETARA A LAS RESTRICCIONES QUE ESTABLEZCA EL EJECUTIVO FEDERAL. (CUENTA CON OCHO DISPOSICIONES EL ARTICULO).

B) REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

EN EL SIGUIENTE ORDEN JERARQUICO DE LA LEGISLACION SE ENCUENTRA EL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL 25 DE NOVIEMBRE DE 1988, EL CUAL PLANTEA PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO E INFORMACION OBLIGATORIOS PARA TODO SUJETO RESPONSABLE DE LA GENERACION, ASI COMO LOS LINEAMIENTOS DE MANEJO Y DISPOSICION FINAL, IMPORTACION Y EXPORTACION DE LOS MISMOS. ESTE REGLAMENTO

ARTICULO 29. "CORRESPONDE AL GOBIERNO FEDERAL, POR CONDUCTO DE LA SECRETARIA, EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL A QUE SE REFIERE EL ARTICULO 28 DE ESTA LEY, PARTICULARMENTE TRATANDOSE DE LAS SIGUIENTES MATERIAS:

VI. INSTALACIONES DE TRATAMIENTO, CONFINAMIENTO O ELIMINACION DE RESIDUOS PELIGROSOS, ASI COMO E LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS, Y"

ARTICULO 150. "LA SECRETARIA PREVIA LA OPINION DE LAS SECRETARIAS DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, DE SALUD, DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL, DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS; Y LA DE GOBERNACION, DETERMINARA Y PUBLICARA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION LOS LISTADOS DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS PARA EFECTO DE LO ESTABLECIDO EN LA PRESENTE LEY".

ARTICULO 151. "LA INSTALACION Y OPERACION DE SISTEMAS PARA LA RECOLECCION, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE ALOJAMIENTO, REUSO, TRATAMIENTO, RECICLAJE, INCINERACION Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS PELIGROSOS, REQUERIRA DE LA AUTORIZACION PREVIA DE LA SECRETARIA".

RESIDUOS PELIGROSOS, EL LISTADO DE LOS MISMOS Y LOS LIMITES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE.

(ANTES NOM-CRP-001-ECOL/93).

NOM-053-ECOL/93

ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO LA PRUEBA DE EXTRACCION PARA DETERMINAR LOS CONSTITUYENTES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE.

(ANTES NOM-CRP-002-ECOL/93).

NOM-054-ECOL/93

ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA INCOMPATIBILIDAD ENTRE DOS O MAS RESIDUOS CONSIDERADOS COMO PELIGROSOS POR LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL/93.

(ANTES NOM-CRP-003-ECOL/93).

NOM-055-ECOL/93

ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS AL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS EXCEPTO DE LOS RADIATIVOS.

(ANTES NOM-CRP-004-ECOL/93).

NOM-056-ECOL/93

ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

(ANTES NOM-CRP-005-ECOL/93).

ES DE OBSERVANCIA EN TODO EL TERRITORIO NACIONAL Y SU APLICACION
COMPETE A LA FEDERACION A TRAVES DE ESTA SECRETARIA.

**C) NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS
 PELIGROSOS.**

EN LA SIGUIENTE ESCALA DEL MARCO JURIDICO, SE ENCUENTRAN LAS
NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM) EN MATERIA DE RESIDUOS
PELIGROSOS. LA **LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA
PROTECCION AL AMBIENTE**, ESTABLECE COMO ASUNTO DE INTERES DE LA
FEDERACION LA REGULACION DE LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON
MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS (**ARTICULO V; FRACCION XIX**), Y
FIJA COMO ATRIBUCION DE LA SECRETARIA LA PROPOSICION AL EJECUTIVO
FEDERAL DE DISPOSICIONES QUE REGULEN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON
MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS Y CON SUS EFECTOS ECOLOGICOS
(**ART. 8, FRACCIONES XI Y XIV**). PARA EL DISTRITO FEDERAL, LA **LEY
GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE**,
PREVE QUE LA SECRETARIA EXPIDA NORMAS TECNICAS PARA LA
RECOLECCION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE TODA CLASE DE RESIDUOS
(**ART. 9, FRACCION VIII**), QUE PROPONGA AL EJECUTIVO FEDERAL LAS
DISPOSICIONES QUE REGULEN LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON
MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS (**ART. 9, FRACCION IX**).

ACTUALMENTE SE TIENEN PUBLICADAS SIETE NORMAS OFICIALES MEXICANAS
EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS, SIENDO ESTAS:

NOM-052-ECOL/93 ESTABLECE LAS CARACTERISTICAS DE LOS

FINALMENTE, CABE SEÑALAR QUE EL REGLAMENTO Y LAS NORMAS SUSTENTAN UN SISTEMA DE MANIFIESTOS Y REPORTES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS, EL CUAL TIENE LA FINALIDAD DE CONOCER LAS ACTIVIDADES QUE LOS GENERAN, SU VOLUMEN Y TIPO DE RESIDUOS QUE TRANSPORTAN, ALMACENAN, RECICLAN, TRATAN O ELIMINAN ANUALMENTE; ASI COMO LAS EMPRESAS INVOLUCRADAS. ESTE SISTEMA DE MANIFIESTOS INCLUYE:

- ◆ MANIFIESTO PARA EMPRESAS GENERADORAS.
- ◆ MANIFIESTO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCION.
- ◆ MANIFIESTOS PARA CASOS DE DERRAME POR ACCIDENTE.
- ◆ MANIFIESTO PARA GENERADORES EVENTUALES DE BIFENILOS POLICLORADOS.
- ◆ REPORTE MENSUAL DE RESIDUOS PELIGROSOS, CONFINADOS EN SITIOS DE DISPOSICION FINAL.
- ◆ REPORTE SEMESTRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS ENVIADOS PARA RECICLAJE, TRATAMIENTO, INCINERACION O CONFINAMIENTO.
- ◆ REPORTE SEMESTRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS RECIBIDOS PARA RECICLAJE O TRATAMIENTO.
- ◆ MANIFIESTOS Y GUIAS ECOLOGICAS DE IMPORTACION/EXPORTACION.

NOM-057-ECOL/93 ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN OBSERVARSE EN EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE CELDAS DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO PARA RESIDUOS PELIGROSOS.

(ANTES NOM-CRP-006-ECOL/93).

NOM.058-ECOL/93 ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA LA OPERACION DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

(ANTES NOM-CRP-007-ECOL/93).

DENTRO DEL PROGRAMA NORMATIVO, ACTUALMENTE SE DESARROLLAN LOS SIGUIENTES PROYECTOS DE NORMAS EN MATERIA DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS:

RESIDUOS PELIGROSOS.

- o INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.
- o IMPERMEABILIZACION DE CELDAS PARA CONFINAMIENTOS CONTROLADOS.
- o MANEJO, ESTERILIZACION E INCINERACION DE RESIDUOS HOSPITALARIOS (PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA **NOM-187-ECOL-1994**, PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL 19 DE AGOSTO DE 1994).

RESIDUOS SOLIDOS.

- + SELECCION DE SITIOS PARA RELLENOS SANITARIOS.
- + DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS.
- + OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS.

Desastres Tecnológicos (Industriales)

- **Fuga de Dioxina en Duphart, India. 1963**
- **Fuga de Dioxina en Seveso, Italia. 1976**
- **Fuga de Gas Metil-Isocianuro en Bhopal, India.1984**
- **Explosión de Gas Propano en la Cd. de México.1984**
- **Incendio y Descarga de Aguas Contaminadas al Rhin, provenientes de una Bodega de Basilea.1986**
- **Explosión y Fuga de Agroquímicos en Córdoba, Ver.Mayo de 1991**
- **Explosión de un Ducto de destilados de Petróleo en Guadalajara. Abril de 1992**

* **Accidente**



- **Terrémoto de la Cd. de México en 1985**
- **Avalanchas de Lodo en Ecuador en 1987**
- **Emisiones Tóxicas en un Lago de Camerún**
- **Terremoto de San Francisco en 1990**
- **Inundaciones en Missouri, Kentucky, Tennessee, USA. (otoño de 1993)**
- **Terremoto de Los Angeles, Cal. en enero de 1994**

PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Que es?

Es el Programa formado por los planes, procedimientos, organización, recursos y acciones para proteger a la población y sus bienes, así como el ambiente y sus ecosistemas de los accidentes que pudieran ser provocados por la realización de las actividades altamente riesgosas.

Para que Sirve?

Sirve como Instrumento de planeación y de ejecución para dar respuesta a emergencias y contingencias provocadas por la realización de actividades altamente riesgosas.

Fundamento Legal

Capítulo IV, Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Beneficios

El desarrollo de un PPA permite a la empresa estar preparada para dar respuesta a las actividades altamente riesgosas identificadas en el estudio de riesgo, hacer un diagnóstico del grado de ayuda externa que ésta requeriría y establecer los niveles de participación de empresas y población circunvecinas, así como de las autoridades.

MODELOS DE SIMULACION

Que es?

Es una herramienta de apoyo para la evaluación de los proyectos de desarrollo Industrial en el país.

Para que sirve?

Para simular escenarios de acuerdo con los datos que se reportan en los estudios de riesgo, permitiendo ver el comportamiento de las sustancias; proporcionando una visión amplia de cuales serian las consecuencias y afectaciones.

Criterios

Se consideran condiciones climáticas y atmosféricas extremas, características físicas y químicas de las sustancias y las concentraciones de toxicidad de las mismas (IDLH), así como los límites de inflamabilidad y explosividad.

Beneficios

El utilizar modelos de simulación matemática auxiliada por computadora, para definir zonas de afectación que nos permiten realizar una mejor planeación de los del suelo aledaños a zonas y parques Industriales.

RIESGO AMBIENTAL

Que es?

Es la probabilidad de ocasionar un daño al ambiente, la población o a sus propiedades, derivadas de causas naturales o provocadas por la actividad humana.

Para que sirve?

Es el procedimiento, mediante el cual se pueden desarrollar y establecer diversas técnicas de análisis de riesgos, así como el establecimiento de políticas del uso del suelo que eviten la existencia de zonas urbanas o ecológicamente sensibles y áreas industriales de alto riesgo para efecto de prevenir daños de consideración en el caso de presentarse una situación de accidente ambiental.

Fundamento

Art. 5o. Fracción X; Art. 29 al 35, Art. 146 y 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en Materia de Impacto Ambiental.

Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas.

Beneficios

Ordenar las actividades productivas entre sí y éstas con el ambiente de manera que se garantice su compatibilidad.

Anticipar los impactos ambientales adversos de un plan o proyecto para prevenirlos y diseñar los mecanismos técnicos bajo los cuales se debe implementar el mismo.

Facilitar la toma de decisiones por parte de la autoridad competente.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

**GUIA ESPECIFICA PARA LA ELABORACION
DEL ESTUDIO DE RIESGO DE DUCTOS TERRESTRES**

**PALACIO DE MINERIA
1995**

**GUIA ESPECIFICA PARA LA ELABORACION
DEL ESTUDIO DE RIESGO DE DUCTOS TERRESTRES.**

I.- DATOS GENERALES:

(La presente guía no debe ser considerada como si fuera un simple cuestionario, sino como un resumen de los lineamientos fundamentales para elaborar un documento serio y formal, que reporte el empleo de la metodología mas idónea sobre análisis de riesgo para la actividad proyectada).

Nombre de la Empresa u Organismo.

Registro Federal de Causantes.

Objeto de la Empresa u Organismo.

Instrumento jurídico mediante el cual se constituyó la empresa u organismo. (escritura pública, decreto de creación, etc.).

Domicilio para oír y recibir notificaciones.

Estado _____ Ciudad _____

Municipio _____ Localidad _____

Código Postal _____ Tel. _____

Nombre completo de la persona responsable y puesto.

Instrumento jurídico mediante el cual se concede poder suficiente al responsable para suscribir el presente documento (mandato, nombramiento, etc.). Anexar comprobante.

Firma del responsable bajo protesta de decir verdad.

Empresa responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo.

II.- DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO:

NOMBRE DEL PROYECTO O INSTALACION.

Naturaleza de la instalación o proyecto (descripción general, capacidad proyectada, inversión, vida útil).

Número de líneas por corredor de ductos.

Identificación de ductos.

Origen, destino, longitud y diámetro de ducto(s).

Servicio.

En el caso de ductos en operación, señalar cual es su antigüedad.

Permiso del uso de suelo, anexando comprobantes.

III.- ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO:

Describa el sitio seleccionado para la realización del proyecto, especificando los elementos relevantes en su caso.

Especificar en una franja de 200 metros paralela al corredor de ducto(s) las zonas donde existan:

- Asentamientos irregulares.
- Centros residenciales, rurales, etc.
- Atractivos turísticos, centros culturales, religiosos o históricos, parajes para fines educativos, etc.
- Cruces con carreteras, ríos, ferrocarril, etc.
- Hospitales, escuelas, parques, etc.).
- Actividades industriales, comerciales o de servicio.
- Tierras cultivables.
- Cualidades estéticas únicas o excepcionales.
- Reservas para hábitat de fauna silvestre.
- Ecosistemas excepcionales.
- Recursos acuáticos (lagos, ríos, etc.).
- Especies animales (terrestres y acuáticas) y vegetales en peligro de extinción o únicas, dentro del área del proyecto.
- Otros.

Especificar sobre el cruce por lugares ubicados en zonas susceptibles a:

- Terremotos (sismicidad).
- Corrimientos de tierra.
- Derrumbamientos o hundimientos.
- Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.).
- Inundaciones.
- Pérdidas de suelo debido a la erosión.
- Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión.
- Riesgos radiológicos.

Citar si se están evaluando otros sitios donde sería posible establecer el proyecto, señalando cuáles son.

Se encuentra incluido el sitio seleccionado para el proyecto en un programa de planificación adecuado o aplicable (por ejemplo: el Plan de Ordenamiento Ecológico del Area).

Descripción topográfica de las zonas.

Profundidades y tipos de suelo.

Describir las características climatológicas por las zonas donde pasa el corredor del ducto(s) como son: Temperatura ambiente máxima y mínima; Vientos reinantes y dominantes; etc., (promedio por zonas).

Antecedentes de epidemias, contaminación del aire, de las aguas o por residuos sólidos debido a otras actividades en la zona del proyecto.

Afectación a los hábitats presentes.

Anexar planos de localización, marcando puntos importantes de interés cercanos al plan o proyecto, la escala de plano puede ser 1:20,000 ó 1:25,000 en la micro-región y 1:100,000 en la región.

IV.- INTEGRACION DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.

Este apartado se deberá desglosar de acuerdo con los distintos capítulos que conforman el Plan Nacional de Desarrollo y que tengan vinculación directa con el proyecto propuesto.

IV.1.-ETAPA DE CONSTRUCCION.

Materiales requeridos por etapa del proyecto y requerimiento de mano de obra.

Equipo requerido por etapa del proyecto (en cantidad, tiempo estimado de uso y descripción).

Requerimientos de agua, combustibles, (origen, fuente, suministro, cantidad, almacenamiento) y electricidad (origen, fuente de suministro, potencia, voltaje).

Vialidades que serán afectadas y sus medidas de mitigación.

IV.2.-BASES DE DISEÑO:

Características del ducto.

Materiales de construcción en toda la longitud del ducto.

Tolerancia a la corrosión.

Códigos de diseño utilizados.

Duración y cambio de servicios.

Recubrimientos internos y externos.

Régimen transiente:

- Golpe de ariete

- A) Curvas de bombas
- B) Especificación de válvulas de control.
- C) Ubicación de válvulas de retención.
- D) Características y ubicación de los sistemas de seguridad para golpe de ariete.
- E) Cambios súbitos de elevación.
- F) Tiempo de cierre de válvulas de corte.

Memoria Técnica de la infraestructura necesaria para la operación del proyecto, así como su número y ubicación a lo largo del ducto, tales como: estaciones de bombeo o compresión; estaciones de trampas de diablos; estaciones de regulación; puentes de cruce; sistemas de seguridad; seccionamientos; venteos y; otros. Señalando las dimensiones de las áreas de protección que tendrá cada instalación.

V.- SUSTANCIAS INVOLUCRADAS.

V.1.- COMPONENTES RIESGOSOS.

Porcentaje y nombre de componentes riesgosos.

Número CAS o de Naciones Unidas.

Nombre del fabricante o importador.

En caso de emergencia comunicarse al teléfono o fax número: _____

V.2.- PRECAUCIONES ESPECIALES.

Especificar cumplimiento de acuerdo a la reglamentación ecológica.

Otras precauciones.

V.2.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

Nombre químico y comercial.
SINÓNIMOS.
Fórmula química.
Peso molecular _____ (gr/grmol).
Densidad _____ (gr/ml).
Punto de ebullición _____ (°C).
Calor de vaporización a (T2) _____ (cal/gr).
Calor de combustión (como líquido) _____ (BTU/lb).
Calor de combustión (como gas) _____ (BTU/lb).
Volumen a condiciones de operación _____ (ft).
Presión de vapor _____ (mmHg a 20°C).
Densidad de vapor _____ (aire=1).
Velocidad de evaporación _____ (butil-acetona=1).
Temperatura de autoignición _____ (°C).
Temperatura de fusión _____ (°C).
Densidad relativa _____.
Solubilidad en agua _____.
Estado físico, color y olor.
Punto de inflamación _____ (°C).
Por ciento de volatilidad _____ (%).
Curva de viscosidad
Tensión superficial _____ (dinas/cm).
Factor de compresibilidad.
Capacidad calorífica _____ (BTU/mol°F).
Conductividad térmica _____ (BTU/(h-pie ²)(°F/pulg)).
Otros datos de interés.

V.4.- RIESGOS PARA LA SALUD.

Ingestión accidental.

Contacto con los ojos.

Contacto con la piel.

Absorción.

Inhalación.

Toxicidad	IDLH	_____	(ppm o mg/m3)
	TLV 8 horas	_____	(ppm o mg/m3)
	TLV 15 min.	_____	(ppm o mg/m3)

Daño genético: Clasificación de las sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos, por ejemplo Instructivo No. 10 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social u otros. Especificar.

V.5.- RIESGO DE FUEGO O EXPLOSION Y SU ATENCION.

Condiciones que conducen a un peligro de fuego y explosión no usuales.

Productos de combustión.

Medios de extinción.

Equipo especial de protección, (general) para combate de incendio.

Procedimiento especial de combate de incendio.

Inflamabilidad:

Límite Superior de Inflamabilidad (%). _____

Límite Inferior de Inflamabilidad (%). _____

V.6.- DATOS DE REACTIVIDAD.

Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua, y potencial de oxidación.

Estabilidad de las sustancias.

Condiciones a evitar.

Incompatibilidad, (sustancias a evitar).

Descomposición de componentes peligrosos.

Polimerización peligrosa.

V.7.- CORROSIVIDAD.

Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.

V.8.- RADIOACTIVIDAD.

Clasificación de sustancias por radioactividad.

VI.- **CONDICIONES DE OPERACION**

Características de instrumentación y control (debiendo incluir diagrama lógico de control y planos de tuberías e instrumentación).

Métodos usados y bases de diseño en el dimensionamiento y capacidad de los sistemas de relevo y venteo.

Presiones de operación: máximas y mínimas.

Temperatura de operación.

Flujo manejado.

Composición del flujo manejado.

Fases presentes en el flujo.

VII.- **RIESGO AMBIENTAL**

Antecedentes de riesgo de la actividad.

En el caso de ductos en operación señalar historial de fugas.

En el caso de ductos en operación señalar historial de accidentes por:

- Deflagración.
- Detonación.
- Intoxicación.
- Contaminación de mantos ^efriáticos.

Determinar los puntos de riesgo, de todas la instalaciones, reportando la metodología y la memoria técnica descriptiva empleada para su identificación, (lista de comprobación, etc.).

Describir los riesgos potenciales de accidentes identificados.

Modelación de él o los eventos probables máximos de riesgo.

Jerarquizar los riesgos identificados.

Descripción de medidas de seguridad y operación para abatir el riesgo.

Describir los dispositivos y sistemas de seguridad con que se cuenta para el control de eventos extraordinarios.

Respuesta a la lista de comprobaciones detallada de seguridad, en caso de ductos en operación.

Programas de mantenimiento internos y externos.

- Inspecciones.
- Pruebas de hermeticidad.
- Corridas de diablo instrumentado.
- Protección catódica.
- Otras.

Reporte de actividades realizadas en base a los resultados de la aplicación de los programas de mantenimiento, en el caso de ductos en operación.

VIII.- CONCLUSIONES.

hacer un resumen de la situación general que presenta el proyecto, en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas con base en la metodología empleada.

Recomendaciones para corregir, mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.

3. What unwanted hazardous reactions or decompositions can develop:
 - because of improper storage?
 - because of impact or shock?
 - because of foreign materials?
 - because of abnormal process conditions (e.g., temperature, pH)?
 - because of abnormal flow rates?
 - because of missing ingredients or misproportioned reactants or catalysts?
 - because of mechanical failure (e.g., pump trip, agitator trip) or improper operation (e.g., started early, late, or out of sequence)?
 - because of sudden or gradual blockage or buildup in equipment?
 - because of overheating residual material (i.e., heels) in equipment?
 - because of a utility failure (e.g., inert gas)?
4. What data are available or should be obtained on the amount and rate of heat and gas evolution during reaction or decomposition of any materials?
5. What provisions are made for preventing runaway reactions and for quenching, short-stopping, dumping, or venting an existing runaway?
6. What provision is made for rapid passivation or disposal of reactants if required?
7. In heat-integrated units, what provisions are made to maintain temperature control when flow through one or more pathways stops?
8. Can compounds (e.g., iron sulfide, ammonium perchlorate) that are pyrophoric or sensitive to impact/shock precipitate out of the solution or form if the solution dries?
9. How are process materials stored?
 - Are flammable or toxic materials stored at temperatures above their atmospheric boiling points?
 - Are refrigerated or cryogenic storage tanks used to reduce storage pressures?
 - Are potentially explosive dusts stored in large bins?
 - Are any large inventories of flammables or toxics stored inside buildings?
 - Are inhibitors needed? How is inhibitor effectiveness maintained?
10. Is any stored material incompatible with other chemicals in the area?

11. What is done to ensure raw material identification and quality control? Are there hazards associated with contamination with common materials such as rust, air, water, oil, cleaning agents, or metals? Are there materials used that could be easily mistaken for each other?
12. What raw materials or process materials can be adversely affected by extreme weather conditions?
13. Can hazardous materials be eliminated? Have alternative processes with less toxic/reactive/flammable raw materials, intermediates, or by-products been evaluated? Can hazardous raw materials be stored in diluted form (e.g., aqueous ammonia instead of anhydrous, sulfuric acid instead of oleum)?
14. Can hazardous material inventories be reduced?
 - Can the number or size of tanks be reduced?
 - Has all processing equipment been selected and designed to minimize inventory (e.g., using wiped film stills, centrifugal extractors, flash dryers, continuous reactors, in-line mixers)?
 - Can hazardous materials (e.g., chlorine) be fed as a gas instead of a liquid?
 - Is it possible to reduce storage of hazardous intermediates by processing the materials into their final form as they are produced?
15. Can the process be performed under safer conditions?
 - Can the supply pressure of raw materials be kept below the working pressure of vessels receiving them?
 - Can reaction conditions (e.g., temperature, pressure) be made less severe by using or improving a catalyst or by increasing recycle flows to compensate for lower yields?
 - Can process steps be carried out in a series of vessels to reduce the complexity and number of feed streams, utilities, and auxiliary systems?
16. Can hazardous wastes be minimized?
 - Can waste streams be recycled?
 - Can all solvents, diluents, or "carriers" be recycled? If not, can they be minimized or eliminated?
 - Have all washing operations been optimized to reduce the volume of wastewater?
 - Can useful by-products be recovered from waste streams? Can hazardous byproducts be extracted to reduce the overall volume of hazardous waste?
 - Can hazardous wastes be segregated from non-hazardous wastes?
17. What has been done to ensure that the materials of construction are compatible with the chemical process materials involved?

18. What changes have been made in process equipment or operating parameters since the previous safety review?
19. What changes have occurred in the composition of raw materials, intermediates, or products? How has the process been changed to accommodate these differences?
20. In view of process changes since the last process safety review, how adequate is the size of:
 - other process equipment?
 - relief and flare systems?
 - vents and drains?
21. What safety margins have been narrowed by design or operating changes (e.g., to reduce cost, increase capacity, improve quality, or change products)?
22. What hazards are created by the loss of each feed, and by simultaneous loss of two or more feeds?
23. What hazards result from loss of each utility, and from simultaneous loss of two or more utilities such as:

— electricity?	— plant air?
— high, medium, or low pressure steam?	— cooling water?
— instrument air?	— refrigerant/brine?
— instrument electric power?	— process water?
— inert gas?	— deionized water?
— fuel gas/oil?	— ventilation?
— natural gas/pilot gas?	— process drain/sewer?
24. What are the most severe credible incidents (i.e., the worst conceivable combinations of reasonable malfunctions) that can occur?
25. What is the potential for external fire (which may create hazardous internal process conditions)?
26. How much experience do the facility and company have with the process? If limited, is there substantial industry experience? Is the company a member of industry groups that share experience with particular chemicals or processes?
27. Is the unit critical to overall facility operations on a throughput or value-added basis? Does shutdown of this unit require other units to be shut down as well?

B. Unit Siting and Layout

1. Can the unit be located to minimize the need for off-site or intra-site transportation of hazardous materials?

2. What hazards does this unit pose to the public or to workers in the control room, adjacent units, or nearby office or shop areas from:
 - toxic, corrosive, or flammable sprays, fumes, mists, or vapors?
 - thermal radiation from fires (including flares)?
 - overpressure from explosions?
 - contamination from spills or runoff?
 - noise?
 - contamination of utilities (e.g., potable water, breathing air, sewers)?
 - transport of hazardous materials from other sites?
3. What hazards do adjacent facilities (e.g., units, highways, railroads, underground pipelines) pose to personnel or equipment in the unit from:
 - toxic, corrosive, or flammable sprays, fumes, mists, or vapors?
 - overpressure from explosions?
 - thermal radiation from fires (including flares)?
 - contamination?
 - noise?
 - contamination of utilities (e.g., potable water, breathing air, sewers)?
 - impacts (e.g., airplane crashes, derailments, turbine blade fragments)
 - flooding (e.g., ruptured storage tank, plugged sewer)
4. What external forces could affect the site? Consider:
 - high winds (e.g., hurricanes, typhoons, tornadoes).
 - earth movement (e.g., earthquakes, landslides, sink holes, settling, freeze/thaw heaving, coastal/levee erosion).
 - snow/ice (e.g., heavy accumulation, falling icicles, avalanches, hail, ice glaze).
 - utility failures from outside sources.
 - releases from adjacent plants.
 - sabotage/terrorism/war.
 - airborne particulates (e.g., pollen, seeds, volcanic dust, dust storm).
 - natural fires (e.g., forest fires, grass fires, volcanism).
 - extreme temperatures (causing, for example, brittle fracture of steel).
 - flooding (e.g., hurricane surge, seiche, broken dam or levee, high waves, intense precipitation, spring thaw).
 - lightning.
 - drought (causing, for example, low water levels or poor grounding).
 - meteorite.
 - fog.
5. What provisions have been made for relieving explosions in buildings or operating areas?

6. Are there open ditches, pits, sumps, or pockets where inert, toxic, or flammable vapors could collect?
7. Should there be concrete bulkheads, barricades, or berms installed to protect adjacent personnel and equipment from explosion hazards?
8. Are operating units and the equipment within units spaced to minimize potential damage from fires or explosions in adjacent areas and to allow access for fire fighting activities? Are there safe exit routes?
9. Has equipment been adequately spaced and located to permit anticipated maintenance (e.g., pulling heat exchanger bundles, dumping catalyst, lifting with cranes)?
10. Is temporary storage provided for raw materials and for finished products at appropriate locations?
11. What expansion or modification plans are there for the facility?
12. Can the unit be built and maintained without lifting heavy items over operating equipment and piping?
13. Is there adequate access for emergency vehicles? Could access roads be blocked by trains, highway congestion, etc.?
14. Are access roads well engineered to avoid sharp curves? Are traffic signs provided?
15. Is vehicular traffic appropriately restricted from areas where pedestrians could be injured or equipment damaged?
16. Are vehicle barriers installed to prevent impact to critical equipment adjacent to high traffic areas?

II. Equipment

A. Pressure and Vacuum Relief

1. Can equipment be designed to withstand the maximum credible overpressure generated by a process upset?
2. Where are emergency relief devices needed (e.g., breather vents, relief valves, rupture disks, and liquid seals)? What is the basis for sizing these (e.g., utility failure, external fire, mispositioned valve, runaway reaction, thermal expansion, tube rupture)?
3. Is the relief system designed for two-phase flow? Should it be?

4. Is any equipment that is not protected by relief devices operating under pressure or capable of being overpressurized by a process malfunction?
5. Where are rupture disks installed in series with relief valves?
 - Is there a pressure indicator (e.g., gauge, transmitter, switch) and vent between the rupture disk and relief valve?
 - How often is the pressure indicator read? Should an automatic bleeder be installed with an excess flow check valve and pressure alarm?
 - Were the relief devices sized considering the pressure drop through the entire assembly?
6. Where rupture disks are used to vent explosive overpressures (e.g., peroxide decomposition), are they properly sized relative to vessel capacity and design?
7. Are the relief setpoints and sizes correct?
 - Is at least one relief device set at or below the design pressure of protected equipment?
 - Should multiple relief devices with staggered settings be considered to avoid chattering (particularly where the relief loads in many scenarios will be less than 25% of maximum capacity)?
 - In piping systems, does the relief setpoint allow for static head and differential pressure between the pressure source (e.g., pump) and the relief device?
 - What is maximum backpressure at the relief device? Has its capacity been corrected for this backpressure?
 - Has the relief device been resized appropriately for changes in process conditions (e.g., higher throughput, different reactants)?
8. Are the inlet piping and the outlet piping for relief devices adequate?
 - Are the lines sized for the desired flow and allowable pressure drop?
 - Are the inlet and outlet line ratings and sizes consistent with the ratings and sizes of the relief device's flanges?
 - What has been done to prevent end-of-line whipping during discharge?
 - Is the discharge piping independently supported?
 - Can the discharge piping withstand liquid slugs?
 - Have piping bends and lengths been minimized?
 - How is condensate/rain drained from the discharge piping?
 - Can steam be injected in the discharge piping to snuff fires or disperse releases? If so, is the discharge piping adequately drained and protected from freezing?
 - What prevents solids from plugging the inlet or outlet piping? Is there a purge or blowback system? Is heat tracing required? Should a rupture disk be used? Are there bird screens?
 - Are all maintenance valves ear sealed or locked open? How often is this verified?

9. How are relief headers, blowdown headers, and vents kept open?
 - How often are knockout pots drained? Is there an independent high level alarm?
 - How are liquid seals kept from freezing?
 - How is condensate/ice kept from accumulating inside uninsulated headers?
 - Can autorefrigerated vapors freeze and plug the header?
 - Can heavy oils or polymers accumulate in the header?
 - Are there any low spots that could accumulate liquids?
 - Does all process discharge piping drain freely into the header, and does the header drain freely to a knockout pot or collection point?
 - Are all maintenance valves locked open and oriented so a valve stem failure will not allow the gate to fall and obstruct the piping?
 - Can the vent scrubber or adsorption bed plug?
10. Are discharges from vents, relief valves, rupture disks, and flares located to avoid hazards to equipment and personnel? Could liquids be sprayed into the air? Are vents from relief devices (e.g., between rupture disks and relief valves, between balanced bellows, and between weep holes in discharge piping) also routed to a safe location? Are flame arrestors installed?
11. Are relief devices located so that when they open, the process flow will continue cooling critical equipment (e.g., steam superheaters)?
12. What are the impacts of a flare, incinerator, or thermal oxidizer trip or flameout? What would happen if the flare gas recovery compressor tripped?
13. Are there reliable flare flameout detection devices? Is the flare equipped with a reliable ignition system?
14. What actions are required if a flare, incinerator, thermal oxidizer, or scrubber is out of service? Do procedures minimize the potential for releases until the system is returned to service?
15. Are the flare, blowdown, and off-gas systems adequately purged, sealed or otherwise protected against air intrusion? Are there suitable flame arrestors installed in the piping?
16. Will the relief devices withstand the damaging properties (e.g., corrosion, autorefrigeration, embrittlement) of the relieved material, as well as other materials that may be present in the relief header? Is the material likely to plug the internals of the relief device (e.g., balanced bellows)?
17. What provisions are there for removing, inspecting, testing, and replacing vents, vacuum breakers, relief valves, and rupture disks? Who is responsible for scheduling this work and verifying its completion?

18. What is the plant policy regarding operation with one or more disabled relief devices (e.g., inoperative or removed for testing or repair)? Is the policy followed?
19. Are the flare, blowdown, and off-gas systems capable of handling overpressure events (including loss of utilities) for the plant as it currently exists (e.g., after plant expansions and debottlenecking)? What are the worst case scenarios for the process discharging into these systems?
20. Are there separate cold and wet relief systems? Are relief valve discharges directed to the proper system?

B. Piping and Valves

1. Is the piping specification suitable for the process conditions, considering:
 - compatibility with process materials and contaminants (e.g., corrosion and erosion resistance)?
 - compatibility with cleaning materials and methods (e.g., etching, steaming, pigging)?
 - normal pressure and temperature?
 - excess pressure (e.g., thermal expansion or vaporization of trapped liquids, blocked pump discharge, pressure regulator failure)?
 - high temperature (e.g., upstream cooler bypassed)?
 - low temperature (e.g., winter weather, cryogenic service)?
 - cyclical conditions (e.g., vibration, temperature, pressure)?
 - Is the piping particularly vulnerable to external corrosion because of its design (e.g., material of construction, insulation on cold piping), location (e.g., submerged in a sump), or environment (e.g., saltwater spray)?
2. Is there any special consideration, for either normal or abnormal conditions, that could promote piping failure? For example:
 - Would flashing liquids autorefrigerate the piping below its design temperature?
 - Could accumulated water freeze in low points or in dead-end or intermittent service lines?
 - Could cryogenic liquid carry-over chill the piping below its design temperature?
 - Could heat tracing promote an exothermic reaction in the piping, cause solids to build up in the piping, or promote localized corrosion in the piping?
 - Could the pipe lining be collapsed by vacuum conditions?
 - Could a process upset cause corrosive material carry-over in the piping, or could dense corrosive materials (e.g., sulfuric acid) accumulate in valve seats, drain nipples, etc.?
 - In high temperature reducing service (e.g., hydrogen, methane, or carbon monoxide), could metal dusting cause catastrophic

- failure? Is the piping protected by suitable chemical addition (e.g., sulfides)?
- Is the piping vulnerable to stress corrosion cracking (e.g., caustic in carbon steel piping, chlorides in stainless steel piping)? Should the piping be stress relieved?
 - Is the piping vulnerable to erosion? Are piping elbows and tees designed to minimize metal loss, and are they periodically inspected?
 - Could rapid valve closure or two-phase flow cause hydraulic hammer in the piping? Should valve opening/closing rates be dampened to avoid piping damage?
 - Are there flexible connections that could distort or crack?
3. Can piping sizes or lengths be reduced to minimize hazardous material inventories?
 4. Have relief devices been installed in piping runs where thermal expansion of trapped fluids (e.g., chlorine) would separate flanges or damage gaskets?
 5. Are piping systems provided with freeze protection, particularly cold water lines, instrument connections, and lines in dead-end service such as piping at standby pumps? Can the piping system be completely drained?
 6. Were piping systems analyzed for stresses and movements due to thermal expansion and vibration? Are piping systems adequately supported and guided? Will any cast-iron valves be subjected to excessive stresses that could fracture them? Will pipe linings crack (particularly at the flange face) because of differential thermal expansion?
 7. Are bellows, hoses, and other flexible piping connections really necessary? Could the piping system be redesigned to eliminate them? Are the necessary flexible connections strong enough for the service conditions?
 8. What are the provisions for trapping and draining steam piping?
 9. Which lines can plug? What are the hazards of plugged lines?
 10. Are provisions made for flushing out all piping during start-up and shutdown? Are hoses, spools, jumpers, etc., flushed or purged before use?
 11. Are the contents of all lines identified?
 12. Are there manifolds on any venting or draining systems and, if so, are there any hazards associated with the manifolds?

13. Are all process piping connections to utility systems adequately protected against potentially hazardous flows?
 - Are there check valves or other devices preventing backflow into the utility supply?
 - Are there disconnects (spools, hoses, swing elbows, etc.) with suitable blinds or plugs for temporary or infrequently used utility connections?
 - Are there double blocks and bleeds for permanent utility connections?
14. Are spray guards installed on pipe flanges in areas where a spraying leak could injure operators or start fires?
15. Will the piping insulation trap leaking material and/or react exothermically with it?
16. Have plastic or plastic-lined piping systems been adequately grounded to avoid static buildup?
17. Are there remote shutoff devices on off-site pipelines that feed into the unit or storage tanks?
18. Can bypass valves (for control valves or other components) be quickly opened by operators?
 - What hazards may result if the bypass is opened (e.g., reverse flow, high or low level)?
 - What bypass valves are routinely opened to increase flow, and will properly sized control valves be installed?
 - Is the bypass piping arranged so it will not collect water and debris?
 - Is there a current log of open bypass valves, and is the control room so operators can ensure that the bypass is closed when necessary in an emergency?
19. How are the positions of critical valves (block valves beneath relief devices, equipment isolation valves, dike drain valves, etc.) controlled (car seals, locks, periodic checks, etc.)?
20. How are the positions of critical valves (e.g., emergency isolation valves, dump valves) indicated to operators? Is the position of all nonrising stem valves readily apparent to the operators? Do control room displays directly indicate the valve position, or do they really indicate some other parameter, such as actuator position or torque, application of power to the actuator, or initiation of a control signal to the actuator?
21. Are block valves or double block and bleed valves required:
 - because of high process temperatures?
 - because of high process pressures?

- because the process material is likely to erode or damage valve internals?
 - because the process material is likely to collect on the valve seat?
 - for worker protection during maintenance on operating systems?
22. Are critical isolation valve actuators powerful enough to close the valves under worst case differential pressure conditions (including backflow) in the event of a rupture?
 23. Are chain-operators for valves adequately supported and sized to minimize the likelihood of valve stem breakage?
 24. How will control valves react to loss of control medium or signal? Do the control valves:
 - reduce heat input (cut firing, reboiling, etc.)?
 - increase heat removal (increase reflux, quench, cooling water flow, etc.)?
 - reduce pressure (open vents, reduce speed of turbines, etc.)?
 - maintain or increase furnace tube flow?
 - ensure adequate flow at compressors or pumps?
 - reduce or stop input of reactants?
 - reduce or stop makeup to a recirculating system?
 - isolate the unit?
 - avoid overpressuring of upstream or downstream equipment (e.g., by maintaining level to avoid gas blowby)?
 - avoid overcooling (below minimum desired temperature)?
 25. Will control valve malfunction result in exceeding the design limits of equipment or piping?
 - Are upstream vessels between a pressure source and the control valve designed for the maximum pressure when the control valve closes?
 - Some piping's class decreases after the control valve. Is this piping suitable if the control valve is open and the downstream block closed? Is other equipment in the same circuit?
 - Is there any equipment whose material selection makes it subject to rapid deterioration or failure if any specific misoperation or failure of the control valve occurs (overheating, overcooling, rapid corrosion, etc.)?
 - Will the reactor temperature run away?
 - Is the three-way valve used in a pressure-relieving path the equivalent of a fully open port in all valve positions?
 26. Is there provision in the design for a single control valve to fail:
 - in the worst possible position (usually opposite the fail-safe position)?
 - with the bypass valve open?

27. Upon a plant-wide or unit-wide loss of control medium or signal, which valves should fail to a position that is different from their normal failure positions? How were the conflicts resolved?
28. Can the safety function of each automatically controlled valve be tested while the unit is operating? Will an alarm sound if the sensing-signal-control loop fails or is deactivated? Should any bypass valves be car-sealed or locked closed?
29. Are battery limit block valves easily accessible in an emergency?
30. Are controllers and control valves readily accessible for maintenance?

C. Pumps

1. Can the pump discharge pressure exceed the design pressure of the casing?
 - Does the pump casing design pressure exceed the maximum suction pressure plus the pump shutoff pressure?
 - Is there a discharge-to-suction relief valve or minimum flow valve protecting the pump (set below the casing design pressure minus the maximum suction pressure)?
 - How would a higher density fluid affect the discharge pressure (e.g., during an upset, start-up, or shutdown)?
 - How would pump overspeed affect the discharge pressure?
 - Do any safety signals that close a pump's minimum flow bypass also shut down the pump?
2. Can the pump discharge pressure exceed the design pressure of downstream piping or equipment?
 - If a downstream blockage could raise the pump suction pressure, is the downstream piping and equipment rated for the maximum suction pressure plus the pump shutoff pressure?
 - If a downstream blockage would not raise pump suction pressure, is the downstream piping and equipment rated for the greater of (1) normal suction pressure plus the pump shutoff pressure or (2) maximum suction pressure plus normal pump differential pressure?
3. In parallel pump arrangements, can leakage through an idle pump's discharge check valve overpressure the suction valve, flange, and connecting piping for the idle pump?
4. Can the design temperature of the pump be exceeded?
 - What is the maximum upstream temperature?
 - Could heat removal equipment (e.g., lube oil coolers, gland oil coolers, stuffing box coolers, seal flushes) be bypassed or lose flow?

- Could the pump run in a total recycle or blocked-in configuration?
 - Could the pump be run dry?
5. Can the pump suction be isolated from the feed source in an emergency?
 - Considering the materials, process conditions, and location, can operators safely close the isolation valve(s) during a fire or toxic release?
 - Are remotely operable valves, valve actuators, power cables, and instrument cables fireproofed?
 6. Would leakage of the process fluid into the motor of a canned pump be hazardous?

D. Compressors

1. Can the compressor discharge pressure exceed the design pressure of the casing?
 - Does the compressor casing design pressure exceed the maximum suction pressure plus the compressor shutoff pressure? Is this true for each stage?
 - Is there a discharge-to-suction relief valve or recycle valve protecting the compressor (set below the casing design pressure minus the maximum suction pressure)?
 - How would a higher density fluid (e.g., during an upset, start-up, or shutdown) affect the discharge pressure?
 - How would compressor overspeed affect the discharge pressure?
 - Is there a relief valve for each low pressure stage capable of discharging the maximum recycle flow?
 - Do any safety signals that close a compressor's recycle valve also shut down the compressor?
2. Can the compressor discharge pressure exceed the design pressure of downstream piping or equipment?
 - If a downstream blockage could raise the compressor suction pressure, is the downstream piping and equipment rated for the maximum suction pressure plus the compressor shutoff pressure?
 - If a downstream blockage would not raise compressor suction pressure, is the downstream piping and equipment rated for the greater of (1) normal suction pressure plus the compressor shutoff pressure or (2) maximum suction pressure plus normal compressor differential pressure?
 - Are pulsation dampeners provided to protect against metal fatigue?
3. Is the compressor adequately protected against overpressuring of the suction piping or interstage equipment?
 - What restricts the recycle flow? Is there a tight-sealing valve in the recycle flow?

- Is there a check valve protecting the compressor and recycle line from backflow of downstream equipment or parallel compressors?
 - What pressure would result in the suction for each stage if the discharge check valve leaks when the compressor is tripped or shut down?
4. Can the design temperatures of the compressor be exceeded?
 - What is the maximum upstream temperature?
 - What is the maximum interstage temperature?
 - Could heat removal equipment (e.g., chillers, condensers, interstage coolers, lube oil coolers, cooling jackets) be bypassed, trip off, or lose its cooling media?
 - Could the compressor run in a total recycle mode?
 - Could the compressed fluid burn or exothermically decompose?
 5. Are there adequate protections against upsets that could damage the compressor?
 - Are there enough suction knockout drums to protect the compressor from liquid carry-over? Will a high liquid level in the drums sound an alarm, and will high-high level trip the compressor?
 - Is the compressor suction piping heat traced?
 - Is there an automatic recycle system adequate to prevent surging?
 - Is there a check valve in the discharge of each compressor stage to protect against reverse rotation?
 - Will the compressor shut down to prevent air leakage when vacuum conditions are detected in the suction piping?
 - Will the compressor shut down when low lube oil pressure or high lube oil temperature is detected?
 - Will the compressor shut down when overspeed or insufficient load conditions are detected?
 6. Can the compressor be isolated from flammable inventories in an emergency?
 - Can the compressor be shut down from the control room?
 - Can the suction, discharge, and recycle lines be remotely isolated?
 - Is there a significant inventory of flammable liquids in knockout pots before each stage, and are there remotely operable isolation valves for each stage?
 - Are remotely operable valves, valve actuators, power cables, and instrument cables fireproofed?
 7. Are self-lubricated components or nonflammable synthetic lubricants used for air compressors to guard against explosion?
 8. Are air compressor intakes protected against contaminants (rain, birds, flammable gases, etc.)?

9. If the compressor is in an enclosed building, are proper gas detection and ventilation safeguards installed?

E. Reactors

1. What would cause an exothermic reaction in the reactor?
 - Would quench failure or loss of external cooling cause a runaway reaction?
 - Would an excess (e.g., a double charge) or deficiency of one reactant cause a runaway reaction?
 - Would contaminants (e.g., rust, air, water, oil, cleaning agents, metals, other process materials) cause a runaway reaction?
 - Would inadequate cleaning cause a runaway reaction?
 - Would reactants added in the wrong order cause a runaway reaction?
 - Can loss of agitation in a cooled, stirred reactor lead to excessive temperature/pressure and a subsequent runaway reaction?
 - Could loss of agitation in a heated, jacketed reactor lead to localized overheating at liquid surface and a subsequent runaway reaction?
 - Could local hot spots result from partial bed obstruction?
 - Will excessive point or surface temperature lead to thermal decomposition or a runaway reaction?
 - Would delayed initiation of batch reaction during reactant addition cause a runaway reaction?
 - Could an exothermic reaction be caused by leakage of heat transfer fluid from the jacket or internal coil into the reactor?
 - Could backflow of material through a drain, vent, or relief system lead to or exacerbate a runaway reaction?
 - Will excessive preheating drive the reaction further?
 - Would a loss of purge or inerting gas cause a runaway reaction?
2. What would be the effect of an agitator
 - failing?
 - failing and later restarting?
 - being started late?
 - running too fast or too slow?
 - running in the reverse direction?
3. How is agitator motion monitored (e.g., shaft speed, motor current)?
4. Can material overcharges, solvent undercharges, overcooling, etc., lead to precipitation and loss of effective agitation?
5. Is the pressure relief for the reactor adequate?
 - What is the design basis for the relief system (e.g., cooling failure, external fire, runaway reaction)?
 - Was the potential for two-phase flow through the relief device(s) considered?

- Is the relief device inlet protected from plugging?
 - Was the pressure drop through the reactor considered in the relief system design?
 - Could the reactor bed plug (e.g., scale, coking, catalyst attrition, structural failure) and cause overpressure in a region with no relief device?
 - Could heat transfer fluid leak into the reactor and overpressure it?
 - Could the reactor be subjected to excessive vacuum?
6. Can the design temperature of the reactor be exceeded?
 - Could the feed streams be overheated?
 - Could the reaction run away?
 - Could local hot spots develop?
 - Could the bed regeneration temperature be set too high?
 - Could uncontrolled reactions or burning occur in the bed during regeneration?
 - Could air (e.g., instrument air, plant air, regeneration air) leak into the reactor during operation?
 - Could heat transfer fluid leak into the reactor and overheat it?
 7. What hazards are associated with the reactor catalyst?
 - Is the catalyst pyrophoric either before or after use?
 - Could the catalyst attack the reactor (or downstream equipment) during normal use, during an abnormal reaction, or during regeneration?
 - Is the fresh or spent catalyst toxic? Will it emit toxic gases when dumped from the reactor?
 8. What hazards are associated with regenerating the catalyst or bed?
 - Is a runaway reaction possible?
 - Are regeneration feeds (e.g., air) adequately isolated during normal operation?
 - Are there interlocks to prevent simultaneous operation and regeneration?
 - How are accidental flows prevented in multiple reactor systems where one reactor is regenerated while others remain in operation?

F. Vessels (Tanks, Drums, Towers, etc.)

1. Are all vessels regularly inspected (e.g., x-ray, ultrasound) and pressure tested? Would the inspection method reliably detect localized damage (e.g., hydrogen blistering, fretting)? Do all pressure vessels conform to state and local requirements? Are they registered? Has the history of all vessels been completely reviewed? When were they last inspected?
2. Is the pressure relief for the vessel adequate?

- What is the design basis for the relief system (e.g., cooling water failure, external fire, blocked flow, blowdown from upstream vessel)?
 - Is a thermal expansion relief valve needed for small, liquid-filled vessels that would not otherwise require a relief valve?
 - Is a vacuum relief system needed to protect the vessel during cooldown or liquid withdrawal?
 - What would happen if a slug of water were fed to the vessel?
3. Can a vessel upset overpressurize downstream equipment?
 - What if the overhead pressure control valve or vent fully opens?
 - What if the liquid level were lost? Can high pressure gas blow through?
 - What if water were not separated and drained?
 - What if process material escapes through a water drawoff?
 4. What hazards can occur as a result of loss of gas for purging, blanketing, or inerting?
 - How consistent is the gas supply composition?
 - How dependable are the supplies of gas, and how easily can supplies to individual units be interrupted?
 - How will a loss of the inert gas be detected?
 5. What safety precautions are needed in loading liquids into, or withdrawing them from, tanks? Has the possible creation of static electricity been adequately addressed? Are diptubes used to avoid static buildup? Is all equipment properly grounded/bonded, including transport containers?
 6. Can the contents of the vessel be isolated in an emergency?
 - Considering the materials, process conditions, and location, can operators safely close the isolation valves during a fire or toxic release?
 - Are there excess flow check valves or automatic isolation valves that would limit the loss of material through a downstream piping rupture?
 - Are remotely operable valves, valve actuators, power cables, and instrument cables fireproofed?
 - Can the vessel contents be pumped out or vented to a safe location?
 - Do emergency shutdowns prevent operators from emptying process materials from the unit?
 7. Are all tower and drum vents and drains properly specified?
 - Are their ratings consistent with the vessel design pressure and temperature?
 - Are all drains valved and, where required, plugged, capped, or blinded?
 - Are double valves provided on regularly used drain connections for vessels? Are bleeds required?

- Do drains on vessels that contain flashing liquids capable of auto-refrigeration have double valves, with a quick-closing valve nearest the vessel?
 - Are normally closed vents plugged, capped, or blinded and, where required, also valved?
 - Is there a large vent (or vent capability) on all vessels in which human entry is planned?
 - Are all lines that could collect water adequately protected against freezing?
 - Are vents large enough for planned steamouts?
 - Are vents large enough to prevent vacuum conditions when liquids are drained from the vessel (e.g., after a washout)?
8. What vessel levels are vital for the operation of process units (e.g., levels required for pump suction pressure or surge capacity between or after process equipment)? How are these levels monitored?
 9. Are the contents of all storage vessels identified?

G. Heat Exchangers

1. What are the consequences of a tube failure in a heat exchanger (or a heating/cooling coil failure in a vessel)?
 - Will the fluids react, leading to high pressure, high temperature, or formation of solids?
 - Will the fluid flash and autorefrigerate the system, possibly freezing the other fluid or embrittling the exchanger material?
 - Will the leaking fluid cause toxic or flammable emissions in an unprotected area (e.g., at the cooling tower)?
 - Will the leaking fluid cause corrosion, embrittlement, or other damage to equipment (including gaskets and seals) in the low pressure circuit?
2. Is the pressure relief for both sides of the heat exchanger adequate?
 - Can the exchanger withstand exposure to the maximum pressure source upstream or downstream?
 - What if a tube ruptures (particularly if the high-pressure side's design rating is more than 150% of the low-pressure side's rating, or if the differential pressure in a double pipe exchanger is 1000 psi or more)?
 - What if the exchanger were exposed to an external fire?
 - What if the cold fluid expands/vaporizes because it is blocked in?
 - What is the pressure drop between the exchanger and the relief device protecting it?
 - Can hot fluid (e.g., steam) condense and create vacuum if the exchanger is blocked in?
 - What if the fluid freezes in the exchanger?

3. Can the design temperatures of the heat exchangers be exceeded?
 - What is the maximum upstream temperature?
 - Could upstream heat removal equipment be bypassed, trip off, or lose its cooling medium?
 - Could the flow of cooling medium for this exchanger be lost?
 - Could the heating medium be too hot (e.g., loss of the steam desuperheater, hot oil temperature control failure)?
 - Could flashing material, released by a tube failure or vent, autorefrigerate and embrittle the exchanger?
 - Could fouling reduce the heat transfer rate below acceptable limits?
4. Will unacceptably high downstream temperatures result if the exchanger is bypassed or its cooling media is lost?
 - Will hot material cause undesirable venting from storage or rundown tanks?
 - Can personnel be burned by touching the hot piping?
5. Will unacceptably low downstream temperatures result if the exchanger is bypassed or its heating media is lost?
 - Could freezing cause plugging or damaged equipment downstream?
 - Could unvaporized gases (e.g., liquid nitrogen, LPG) flash and embrittle equipment downstream?
6. What are the consequences of low level in a boiler or reboiler? Can high pressure vapors blow through to the next vessel? Will the tubes warp or split?
7. How reliable is the cooling water supply?
 - Are motor-driven and turbine-driven pumps used?
 - Are there multiple sources of makeup water?
 - Is there any spare capacity in the cooling towers?
 - Are autostart systems regularly tested?
8. Are there adequate equipment clearances so that maintenance can be performed safely (e.g., cleaning or removal of a tube bundle)?

II. Furnaces and Boilers

1. Is the firebox protected against explosions?
 - Does the burner control system meet all applicable codes and standards (e.g., NFPA)?
 - How is the firebox purged before start-up? If steam is used, are the valves located away from the firebox? Is there a purge timer?
 - Are dedicated, positive shutoff trip valves installed in every fuel line? Must these valves be manually reset? Are bypass valves locked closed?

- What signals will trip the furnace: low fuel pressure? high fuel pressure? loss of pilot or main flame? high stack temperature? low combustion air flow? low atomizing air/steam flow? loss of instrument air or power? low flow of water or process material?
 - How often are the furnace trips tested?
 - Are the fuel pressure sensors downstream of the fuel control valves?
 - Will air or stack dampers fail in a safe condition?
 - Can the forced draft fan overpressurize the firebox?
 - If several fireboxes share a common stack, will fuel leaking into one firebox be ignited by exhaust from the other fireboxes?
 - Could a tube failure cause an explosion?
 - Are there explosion hatches in the firebox?
 - Can flammable or combustible gases enter the firebox via the combustion air supply system?
2. Is the furnace protected against liquids in the fuel gas system?
 - Is an uninsulated fuel gas knockout drum provided for each fuel gas, pilot gas, and waste gas system?
 - Is a manual block valve accessible at least 50 feet from the furnace on each fuel line?
 - Are provisions made for draining liquids from the knockout drum (preferably to a closed system)? Does the drain need backflow protection?
 - Will the furnace trip on high level in the knockout drum?
 - Is the fuel line heat-traced/insulated from drum to burner?
 3. Is the furnace protected against liquid fuel system failures?
 - Is atomizing air or steam flow monitored?
 - Is the fuel supply at higher pressure than the atomizing air or steam flow? Could a plugged burner tip cause a backflow?
 - Is the fuel supply filtered and heat traced?
 - Is a manual block valve accessible at least 50 feet from the furnace?
 - Are toe walls provided in the furnace to contain any spills?
 4. Is the furnace adequately protected against tube failures?
 - Are individual pass flow controls, indications, and alarms provided?
 - Will a loss of process flow or drum level trip the furnace (but not the pilots)?
 - Are there check valves or remotely operable isolation valves in the outlet of each coil to prevent backflow in the event of a tube rupture?
 - Are there remotely operable valves (with appropriate fireproofing) in the furnace inlet lines, or are manual isolation valves located where they could be closed in the event of a fire?
 - Are relief valves provided for each coil with suitable protection against plugging (e.g., coking) the valves' inlets?

- How would flame impingement on a tube be detected before it led to tube failure?
- Is snuffing steam supplied to the firebox? Are the valves located where they could be opened in the event of a fire? Are there adequate traps and drains in the snuffing steam lines?

1. Instrumentation

1. Have instruments critical to process safety been identified and listed with an explanation of their safety function and alarm setpoints?
2. Has the process safety function of instrumentation been considered integrally with the process control function throughout plant design?
3. What has been done to minimize response time lag in instruments directly or indirectly significant to process safety? Is every significant instrument or control device backed up by an independent instrument or control that operates in an entirely different manner? In critical processes, are these first two methods of control backed up by a third, ultimate safety shutdown?
4. What would be the effect of a faulty sensor transmitter, indicator, alarm, or recorder? How would the failure be detected?
5. If all instruments fail simultaneously, is the collective operation still fail-safe? Are partial failures also fail-safe (e.g., one instrument power bus remaining energized while others fail)?
6. How is the computer control system configured? Are there backups for all hardware components (computers, displays, input/output modules, programmable logic controllers, data highways, etc.)? How quickly can the backup be engaged? Is human action required?
7. How is computer control software written and debugged? If there is a software error, is the backup computer also likely to fail as a result of the same error? Should extremely critical shutdown interlocks be hardwired instead?
8. Is there a computer with outputs to process devices? If so, is computer failure detection implemented? Can any output or group of outputs from the computer cause a hazard?
9. Where sequence controllers are used, is there an automatic check, together with alarms, at key steps after the controller has called for a change? Is there a check, together with alarms, at key steps before the next sequence changes? What are the consequences of operator intervention in computer-controlled sequences?
10. Does the control system verify that operator inputs are within an acceptable range (e.g., if the operator makes a typographical error, will the control system attempt to supply 1000 lb of catalyst to a reactor that normally requires only 100 lb)?
11. What would be the consequences of a brief or extended loss of instrument power? Is there an uninterruptible power supply (UPS) for supporting the process control computer? Is it periodically tested under load? Does the UPS also support critical devices that may need to be actuated or does it only support information and alarm functions?
12. Does the operator-machine interface incorporate good human factors principles?
 - Is adequate information about normal and upset process conditions displayed in the control room?
 - Is the information displayed in ways the operators understand?
 - Is any misleading information displayed, or is any display itself misleading?
 - Is it obvious to operators when an instrument is failed or bypassed?
 - Do separate displays present information consistently?
 - What kinds of calculations must operators perform, and how are they checked?
 - Are all critical alarms immediately audible or visible to an operator? Are any alarms located in areas or buildings that are not normally staffed?
 - Are operators provided with enough information to diagnose an upset when an alarm sounds?
 - Are operators overwhelmed by the number of alarms associated with an upset or emergency? Should an alarm prioritization system be implemented? Can operators easily tell what failure/alarm started the upset (e.g., is there a first alarm or critical alarm panel)?
 - Are the displays adequately visible from all relevant working positions?
 - Do the displays provide adequate feedback on operator actions?
 - Do control panel layouts reflect the functional aspects of the process or equipment?
 - Are related displays and controls grouped together?
 - Does the control arrangement logically follow the normal sequence of operation?
 - Are all controls accessible and easy to distinguish?
 - Are the controls easy to use?
 - Do any controls violate strong populational stereotypes (e.g., color, direction of movement)?
 - Are any process variables difficult to control with existing equipment?
 - How many manual adjustments must an operator perform during normal and emergency operations?

- When adjacent controls (e.g., valves, switches) have a similar appearance, what are the consequences if the incorrect control is used?
 - Are redundant signal or communication lines physically separated (i.e., run in separate cable trays, one run aboveground and another underground)?
 - Are signal cables shielded or segregated from power cables (i.e., to avoid electromagnetic interference and false signals)?
 - Are there control loops in the process which are not connected into the computer control system? How do operators monitor and control from the control room?
13. Are automatic controls ever used in manual mode? How do operators ensure safe operation while in manual mode?
 14. What emergency valves and controls can operators not reach quickly and safely while wearing appropriate protective clothing?
 15. What procedures have been established for testing and proving instrument functions and verifying their alarm setpoints are correct? How often is testing performed?
 16. Are the means provided for testing and maintaining primary elements of alarm and interlock instrumentation without shutting down the process?
 17. Are instruments, displays, and controls promptly repaired after a malfunction? Are any instruments, displays, or controls deliberately disabled during any phase of operation? How are alarm setpoints and computer software protected from unauthorized changes?
 18. What provision is made for process safety when an instrument is taken out of service for maintenance? What happens when such an instrument is not available?
 19. Are instrument sensing lines adequately purged or heat traced to avoid plugging?
 20. What are the effects of atmospheric humidity and temperature extremes on instrumentation? What are the effects of process emissions? Are there any sources of water (e.g., water lines, sewer lines, sprinklers, roof drains) that could drip into or spray onto sensitive control room equipment?
 21. Is the system completely free of instruments containing fluids that would react with process materials?
 22. What is being done to verify that instrument packages are properly installed, grounded, and designed for the environment and area

electrical classification? Is instrument grounding coordinated with cathodic protection for pipes, tanks, and structures?

23. Are the instruments and controls provided on vendor-supplied equipment packages compatible and consistent with existing systems and operator experience? How are these instruments and controls integrated into the overall system?

J. Electrical Power

1. What is the area electrical classification?
 - What process characteristics affect the classification, group, and division?
 - Are the hardware (e.g., motors, forklifts, vent fans, radios) and protective techniques consistent with the area electrical classification?
 - Was all equipment tested and approved by an independent laboratory (e.g., Underwriters Laboratories or Factory Mutual), or is additional testing required?
 - Are any new protective techniques being employed?
2. Is all auxiliary electrical gear (e.g., transformers, breakers) located in safe areas (e.g., from hazardous materials and flooding)?
3. Are electrical interlocks and shutdown devices made fail-safe?
 - What is the purpose of each interlock and shutdown?
 - Can the interlock and shutdown logic be simplified?
 - How is continued use of protective devices ensured?
 - How often are the interlocks and shutdowns tested under load?
4. How completely does the electrical system parallel the process?
 - What faults in one part of the plant will affect operation of other independent parts of the plant?
 - How are the plant's instrument and control power supplies protected from faults or other voltage disturbances?
 - Are primary and spare equipment powered from independent buses?
 - Is there an emergency power supply for critical loads?
5. Is the electrical system simple in schematic and physical layout so that it can be operated in a straightforward manner?
6. Are the electrical system instruments arranged so that equipment operation can be monitored?
7. What are the overload and short circuit protective devices?
 - Are they located in circuits for optimum isolation of faults?
 - Will they act quickly enough?
 - What is the interrupting capacity?

- How are they coordinated?
 - Are they tested under load? How often?
 - Are they sensitive to voltage or frequency variations?
8. Can operators safely open or reset breakers in an emergency?
 9. What bonding and grounding is provided?
 - Does it protect against static buildup?
 - Does it provide lightning protection?
 - Does it provide for personnel protection from power system faults?
 10. Are trucks and railcars properly grounded during loading/unloading operations?
 11. What electrical equipment can be taken out of service for preventive maintenance without interrupting production? Can the equipment be safely locked out? How?
 12. Are conduits sealed against flammable vapors?

K. Miscellaneous

1. Are special seals, packing, or other closures necessary for severe service conditions (e.g., toxic, corrosive, high/low temperature, high pressure, vacuum)?
2. Do major pieces of rotating equipment have adequate equipment integrity shutdowns to minimize major damage and long-term outages (e.g., lube oil shutdowns)?
3. Is the equipment's vibration signature routinely monitored to detect incipient failures? How is excessive vibration detected? Will excessive vibration trip large rotating equipment such as
 - turbines? — pumps?
 - motors? — cooling tower fans?
 - compressors? — blowers?
4. What is the separation of critical and operating speeds? Will the equipment trip on overspeed? Could overspeed or imbalance cause the equipment to disintegrate?
5. Are all turbine overspeed trips set below the maximum speed of the driven equipment?
6. Are there provisions for operation or safe shutdown during power failures?
7. Are check valves fast-acting enough to prevent reverse flow and
 - pumps, compressors, blowers?

8. What procedure exists for ensuring an adequate liquid level or flow in any liquid flushed, cooled, or lubricated seals?
9. Are there full-flow filters in lube oil systems?
10. Are there provisions for trapping and draining steam turbine inlet and exhaust lines? Are there separate visible-flow drain lines from all steam turbine points?
11. Are adequate service factors on gears in shock services provided?
12. Are the mechanical loads imposed on equipment acceptable considering
 - thermal expansion?
 - piping weight?
 - overfilling the vessel?
 - high winds?
 - snow, ice, and water accumulation?
13. Are the foundations, supporting structures, and anchor points adequate for
 - vessel(s) completely filled with water (or process material)?
 - high winds?
 - ground movement?
 - snow/ice/water accumulation?
 - anticipated floor loading?
 - relief device discharges (thrust or reactive loads)?
14. In cases where glass or other fragile material is used, can durable materials be substituted? If not, is the fragile material adequately protected to minimize breakage? What is the hazard resulting from breakage?
15. Are sight glasses provided only where positively needed? On pressure vessels, do sight glasses have the capability to withstand the maximum pressure? Are they equipped with excess flow valves? Are they frequently inspected for cracks/damage?
16. What provisions have been made for dissipation of static electricity to avoid sparking? Will currents be induced in large rotating equipment?
17. How are the piping and equipment protected from corrosion?
 - Are corrosion inhibitors used?
 - Are the pipes and vessels lined?
 - Is there a cathodic protection system?
 - Are corrosion-resistant materials used?
 - Is the exterior painted or coated?

18. What could cause a catastrophic failure of the piping or equipment (e.g., hydrogen cracking, thermal shock, external impact)?
19. Are there suitable barricades between process equipment and adjacent roadways? Are overhead pipe racks protected from crane impacts?
20. Does all equipment comply with applicable laws and regulations, codes and standards, and company guidelines?
21. What tests will be performed to detect specification errors, manufacturing defects, transportation damage, construction damage, or improper installation before the equipment is put into service? What ongoing tests, inspections, and maintenance are performed to ensure long-term reliability and integrity of the equipment?

III. Operations

1. What human errors may have catastrophic consequences? Have critical jobs and tasks been identified? Have the mental and physical aspects of such jobs been analyzed for both routine and emergency activities? What has been done to reduce the likelihood and/or consequences of potential human errors in the performance of these jobs?
2. Is a complete, current set of procedures for normal operations, start-ups, shutdowns, upsets, and emergencies available for operators to use? How are specific, up-to-date procedures maintained? Do the operators themselves help review and revise the procedures? How often? Are known errors allowed to remain uncorrected?
3. What process equipment or parameters have been changed? Have the operating procedures been appropriately revised and have operators been trained in the new procedures?
4. Are procedures written so workers can understand them, considering their education, background, experience, native language, etc.? Is a step-by-step format used? Are diagrams, photographs, drawings, etc., used to clarify the written text? Are cautions and warnings clearly stated in prominent locations? Does procedure nomenclature match equipment labels? Are there too many abbreviations and references to other procedures?
5. How are new operating personnel trained on initial operations, and how are experienced operating personnel kept up to date? Is there regular training on emergency procedures, including drills on simulated emergencies?

6. How do workers demonstrate their knowledge before being allowed to work independently? Is there a testing and verification system?
7. Are checklists used for critical procedures? Is only one action specified per numbered step? Are any instructions embedded in explanatory notes? Are the steps in the correct sequence? Do steps requiring control actions also specify the expected system response?
8. Do operator practices always comply with written procedures? How are differences detected and resolved? Who can authorize changes and deviations from the written procedures? Does such authorization include a review of the safety implications of the change or deviation?
9. How thorough is the operators' knowledge of the process chemistry and potential undesired reactions?
10. Do the procedures specify safe operating limits for all materials and operations? What process variables do, or could, approach those limits? How quickly could safety limits be exceeded? Can operators detect and respond to upsets before safety limits are exceeded, or are automatic systems provided?
11. What procedures or operations must be monitored by process engineers or other technically trained personnel? Is this requirement documented?
12. Is all important equipment (vessels, pipes, valves, instruments, controls, etc.) clearly and unambiguously labeled with name, number, and contents? Does the labeling program include components (e.g., small valves) that are mentioned in the procedures even if they are not assigned an equipment number? Are the labels accurate? Who is responsible for maintaining and updating the labels?
13. What special clean-up, purging, or draining requirements are there before start-up? How are these requirements checked?
14. How are utility system failures handled?
 - Is there a plant-wide response procedure?
 - Are load-shedding priorities defined?
 - Are there backup electrical supplies (e.g., diesel generators)?
 - Can the steam system operate without electrical power (i.e., with steam-driven fans and feedwater pumps)?
 - Is there at least one boiler that can start without steam (e.g., with motor-driven fans and feedwater pumps)?

15. Is the process difficult to control (e.g., limited time to respond to upset conditions)? Are operators overwhelmed by low-priority alarms during an upset?
16. Have there been "near miss" incidents that could have been much more serious, given other operating situations or operator responses?
17. Is equipment left unattended under automatic control? If so, what is the strategy for responding to alarm conditions?
18. Should television cameras be installed
 - to watch loading/unloading racks?
 - to watch flare tips?
 - to watch for process material releases?
 - to watch for intruders?
19. What loading and unloading operations are performed?
 - What procedures control these operations?
 - Who performs these operations?
 - How is training/familiarization conducted for company and noncompany personnel involved in these operations?
 - How is surveillance or supervision maintained?
 - How are hookups performed? Are there any physical means to prevent reversed connections or connections to the wrong tank?
 - How is the transport container grounded/bonded? Is the electrical continuity verified?
 - How is the raw material or product composition verified?
 - Is the composition verified before material transfer takes place?
20. Are adequate communications provided to operate the facility safely (telephones, radios, signals, alarms)?
21. Are shift rotation schedules set to minimize the disruption of workers' circadian rhythms? How are problems with worker fatigue resolved? What is the maximum allowable overtime for a worker, and is the limit enforced? Is there a plan for rotating workers during extended emergencies?
22. Are there enough operators on each shift to perform the required routine and emergency tasks?

IV. Maintenance

1. Are written procedures available and followed for:
 - hot work?
 - hot taps and stopples (including metal inspection before welding)?
 - opening process lines?

- confined space or vessel entry?
 - work in an inert atmosphere?
 - lockout/tagout?
 - work on energized electrical equipment?
 - blinding before maintenance or vessel entry?
 - pressure testing with compressible gases?
 - use of supplied-air respiratory equipment?
 - removal of relief devices from operating equipment?
 - digging and power excavation?
 - cranes and heavy lifts?
 - contractor work?
 - entry into operating units?
2. What procedures govern crane/heavy equipment usage in an operating unit?
 - Is operator certification required?
 - Are equipment/cable inspections and certifications current?
 - How are underground voids or piping positioned before a heavy lift is performed?
 3. Is it necessary to shut down the process completely to safely repair a piece of equipment? Are there provisions for blanking off all lines into equipment that people may enter? Are other precautions necessary to protect operators, mechanics, and service personnel?
 4. How often is the process equipment cleaned? What chemicals and maintenance equipment are used? Are nozzles and manholes sized and located for safe cleanout, maintenance access, and emergency removal of people from vessels?
 5. What is the preventive maintenance schedule, and is it adequate to ensure the reliability of safety-critical equipment and instrumentation?
 - Is vibration monitoring needed?
 - Do valves, agitators, etc., require regular greasing?
 - Must seal oil and lube oil levels be monitored?
 - Must lubricants be changed periodically?
 - Must oil mist systems be checked for water, low spots, mist generator failure, etc.?
 6. What process hazards are introduced by routine maintenance procedures?
 7. Do platforms provide adequate clearance for safe maintenance of equipment?
 8. Consider the consequences of a breakdown of a piece of equipment during operation. Can it be safely stopped, isolated,

drained, cleaned/purged, and repaired? How is overpressure protection provided while the equipment is isolated?

9. What provisions are made for spare machines or spare parts for critical machines? Are there important pieces of individual equipment that are not spared and/or would require a long time to replace (e.g., compressors, reactors, heaters, specialty vessels)?
10. Is material control maintained for material and supplies to be used in the units (e.g., weld rod, piping and fittings, gaskets, rupture disks)?
11. Are the right tools available and used when needed? Are special tools required to perform any tasks safely or efficiently? What steps are taken to identify and provide special tools?
12. What kind of special housekeeping is required? Will accumulation of small spills cause slippery floors, or powder accumulation possibly cause a dust explosion?
13. What hazards do adjacent units pose to maintenance workers? Consider:
 - normal exhausts and vents.
 - emergency relief and blowdown.
 - accidental releases and spills.
 - fires and explosions.

V. Personnel Safety

A. Building and Structures

1. What standards are being followed in the design of stairways, platforms, ramps, and fixed ladders? Are they well lit?
2. Are sufficient general exit and escape routes available from operating areas, shops, laboratories, and offices? Are the exits appropriately marked? Are alternate means of escape from roofs provided? Is protection provided to persons using the escape routes?
3. Are doors and windows hung to avoid projecting into or blocking walkways and exits?
4. Is structural steel grounded?
5. Where operations are potentially hazardous from the standpoints of fire and explosion, are controls housed in separate structures? If not, are control room windows kept to a minimum and glazed with laminated safety glass? Is the control room structure blast resistant?

6. Does the control room provide a safe haven during accidents, protecting operators from potential fires, explosions, and toxic releases? What is the design basis for the protection? What are the evacuation plans? If a shelter-in-place strategy is used, are there enough SCBAs for control room personnel and others who may come there in an emergency?

B. Operating Areas

1. What fire and explosion hazards are workers exposed to, and how are the hazards mitigated? Are there:
 - flammable conditions in process equipment?
 - combustible materials near hot process equipment?
 - spills/releases of flammables or combustibles?
 - accumulation of flammables or combustibles (e.g., dusts, oily sumps)?
 - cleaning solvents?
 - strong oxidizers (e.g., peroxides, oxygen gas)?
 - ignition sources (e.g., open flames, welding, resistance heaters, static)?
2. How is high pressure vented from the area?
3. Has a safe storage and dispensing location for flammable liquid drums been provided?
4. What chemical hazards are workers exposed to, and how are they mitigated? (Consider raw materials, intermediates, products, by-products, wastes, accidental reactions, and combustion off-gases.) Are there:
 - asphyxiants? — carcinogens?
 - irritants? — mutagens?
 - poisons? — teratogens?
5. Where may workers be exposed to chemical hazards? Are special protective measures (e.g., special ventilation) required? Consider:
 - collecting samples?
 - gauging tanks, vessels, or reservoirs?
 - charging raw materials?
 - withdrawing or packaging products?
 - loading/unloading trucks, railcars, or drums?
 - cleaning filters or strainers?
 - purging/draining process chemicals from lines and vessels?
 - draining/venting wastes?
6. Have workers been notified of the hazards, and are material safety data sheets available? Are appropriate warning signs and labels posted? Are medical personnel aware of the hazards and trained/equipped to render appropriate treatment?

7. Can the process be better designed to minimize or eliminate exposure to toxic substances?
8. Is adequate general and local ventilation furnished for hazardous fumes, vapors, dust, and excessive heat? How was the adequacy of ventilation determined for the current activities? Are air intakes well clear of sources of harmful contaminants?
9. Are there any confined or partially confined areas (e.g., instrument cabinets, analyzer buildings, tank pits) where inert gas leaks could collect and asphyxiate workers?
10. Are all utility connections (e.g., steam, water, air, nitrogen) clearly and unambiguously labeled? If a color-coding scheme is used, are all pipes the proper color?
11. Will personnel require medical surveillance or air monitoring for radiation, biological, or chemical contaminants? (One time only or continuous?)
12. Is personal protective equipment required, such as:
 - head protection (bumps, falling objects, etc.)?
 - eye protection (particulates, fragments, liquid splashes, strong light, etc.)?
 - ear protection (noise)?
 - face protection (liquid splashes, ultraviolet exposure, etc.)?
 - respiratory protection (dusts, mists, vapors, inert gases, etc.)?
 - skin/body protection (liquid splashes, vapors, burns, contamination, etc.)?
 - hand protection (cuts, burns, liquids, etc.)?
 - wrist protection (repetitive motions)?
 - back protection (heavy lifting)?
 - toe protection (trips, falling objects, etc.)?
13. Is appropriate personal protective equipment available and located accessibly for
 - normal operations?
 - process upsets?
 - minor spills?
 - major spills and fires?
14. Are emergency showers and eyebaths provided? In cold climates, is tempered water supplied or is the shower enclosed so workers will not suffer exposure in cold weather? Is water flow alarmed in the control room?

What first aid and medical treatment are required for unusual exposure? Have personnel who may be involved (coworkers, emergency response personnel, medical personnel, etc.) been notified of any special hazards or precautions?

16. Can workers carry hazardous substances home on contaminated clothing?
17. What pressure hazards are workers exposed to, and how are they mitigated? Are there:
 - compressed air tools?
 - high pressure gas or steam leaks?
 - discharges from vents or relief devices?
 - blowing particulates?
 - hydraulic hammers?
 - container or equipment ruptures (e.g., unvented gear boxes, dust collectors, high pressure hoses)?
 - vacuums (e.g., compressor suction, blower inlet, vacuum hose)?
18. Are vents located so that discharges, including liquids, do not endanger personnel, public, or property? Are all vents above the highest liquid level possible?
19. What temperature hazards are workers exposed to, and how are they mitigated? Are there:
 - hot surfaces (including surfaces that would be hot only in unusual circumstances such as a cooler being bypassed)?
 - hot exhaust gases?
 - steam/condensate blowdown?
 - cold flashing liquids or vapors?
 - refrigerated or cryogenic surfaces?
 - extreme ambient temperatures (outdoors or indoors)?
 - heavy or nonporous protective clothes?
20. What mechanical hazards are workers exposed to, and how are they mitigated? Are there:
 - sharp edges or points?
 - obstacles likely to cause head injury or tripping?
 - slippery surfaces?
 - heavy weights to be lifted?
 - falling or toppling objects?
 - unguarded (e.g., rail-less, cageless) or unstable platforms/ladders?
 - ejected parts or fragments?
 - unguarded moving equipment (pulleys, belts, gears, augers, pistons, etc.)?
 - unguarded pinch points/nips?
 - unexpected movements of unsecured objects or ruptured hoses?
21. Are emergency stop switches and/or cables provided for all equipment? Does the equipment stop quickly enough?
22. Are steam, water, air, electrical, and other utility outlets arranged to keep aisles and operating floor areas clear of _____ and cables? Are there any temporary or permanent process _____ connections blocking walkways?

23. Are free-swinging hoists avoided? Are hoists equipped with safety hooks and limit switches, if motorized? Do all cranes, hoists, monorails, hooks, jacks, and slings conform to applicable design standards and guidelines?
24. Are elevators equipped with shaftway door interlocks and car gate contacts? Are there safety astragals on doors that could pinch workers as they close?
25. Is there an alarm system for medical emergencies? Are emergency communication devices (and instructions) readily available in areas where workers may need to summon help (e.g., elevators, loading docks)?
26. Is every effort being made to handle materials mechanically rather than manually?
27. What vibration hazards are workers exposed to, and how are they mitigated? Are there:
 - vibrating tools or material handling equipment?
 - structural vibrations?
 - sonic flow vibrations?
 - high levels of noise?
28. What electrical hazards are workers exposed to, and how are these hazards mitigated? Do they include:
 - shock?
 - burn?
 - arcing/electrical explosion?
 - unexpected energization?
29. Are positive disconnects and interlocks being installed for lockout of all energy sources?
30. What radiation hazards are workers exposed to, and how are they mitigated? Do they include:
 - ionizing radiation?
 - ultraviolet light?
 - high intensity visible light?
 - infrared radiation?
 - microwave radiation?
 - laser beams?
 - intense magnetic fields?
31. Are there at least two exits from hazardous work areas?
32. How good is the lighting system?
 - Adequate for safe normal operation?
 - Adequate for routine maintenance?

- Adequate for shutdown during a power failure?
- Adequate for escape lighting during a fire?

C. Yard -

1. Are material loading/unloading operations continuously monitored by an operator (in the yard or via closed circuit television)?
2. Is yard lighting adequate?
3. Are roadways laid out with consideration for the safe movement of pedestrians, vehicles, and emergency equipment?
4. Are flammable liquid tank car and tank truck loading and unloading docks bonded or grounded?
5. Are safe means provided on loading platforms for access to work areas of tank cars and trucks? Are counterweight cables checked periodically?
6. Are employees who work atop railroad cars and trucks protected against falls?
7. Is safe access provided for employees who work atop storage tanks?
8. Are railroad car puller control stations fully protected against broken cable whiplash? What will protect the operator from being caught between a cable or rope and the capstan or cable drum?

VI. Fire Protection

1. What combustible mixtures can occur within equipment:
 - because of normal process conditions?
 - because of abnormal process conditions?
 - because of a loss or contamination of gas for purging, blanketing, or inerting?
 - because of moving liquids into and out of vessels (e.g., tank breathing)?
 - because of dust?
 - because of improper start-up, shutdown, or restoration after maintenance?
 - because dissolved or chemically bound oxygen was released and accumulated?
 - because of condensation in the ducts?
2. What is the approximate inventory of flammable liquids in the equipment? Are inventory amounts kept to a minimum?

3. How have major storage tanks or vessels been located to minimize the hazard to process equipment if the tanks catch fire or rupture? Are liquid-filled tanks near the ground?
4. What combustible materials are present? How are they protected from fire, sparks, and excessive heat?
5. Are fire walls, partitions, or barricades provided to separate high-value property, high-hazard operations, and units important for production continuity? Do fire doors have fusible link closures?
6. Can all process lines and utilities (especially those containing fuels or high pressure steam) be isolated at the unit battery limits?
7. Are there ignition sources present? Mechanical spark sources? Are worker smoking areas clearly defined and enforced?
8. Is insulation provided on all hot equipment and piping that could ignite a spill of any process material?
9. Is odorant added to all flammable gases used in enclosed areas (e.g., control rooms, kitchens, camps, boiler rooms)?
10. Are sheltered or enclosed areas (e.g., pumphouses, compressor buildings, boiler rooms) adequately ventilated to prevent accumulation of flammable gases? Are vents properly located at high and/or low points, considering the density of the gases involved?
11. In confined areas, how is open-fired equipment prevented from igniting flammable releases?
12. Are tanks, buildings, and structures adequately protected against lightning?
13. Are there flame and detonation arresters where appropriate (e.g., tank vents)? Are they properly specified for the actual service conditions? When were they last tested or inspected?
14. What protection has been provided for dust hazards? Is explosion suppression equipment needed to stop an explosion once started? Are there blast gates in the ducts?
15. How are fires or potential fires detected (e.g., smoke detectors, heat detectors, gas detectors, water flow sensors)? Have suitable locations been selected for fire detectors and alarms (pull boxes and sirens)? Can personnel identify the type of alarm and the location of the fire?

16. Are fire fighting techniques defined for all materials? Is the technique usable in the work area? Is the preferred fire extinguishing method readily available in the area?
17. Are there any extinguishing media that are prohibited (because they are not effective, they react with some other chemical present in the area, or they are harmful to equipment)? Are any prohibited extinguishers available in the area? If water is prohibited, are there warning signs in the area?
18. Is there adequate fire fighting equipment?
 - What firewater hydrants serve the area? Are there hose standpipes inside buildings?
 - What fixed or portable water cannons or monitor nozzles are provided for coverage of manufacturing facilities or storage facilities in open areas (not within buildings)?
 - What automatic sprinklers are provided in buildings with combustible construction or contents? Is this adequate for high piled storage areas?
 - What total flooding or local-application fire suppression system (CO₂, Halon[®], etc.) have been provided?
 - What type, size, location, and number of fire extinguishers are provided?
 - What flammable liquid storage tank protection (e.g., foam, deluge) has been provided?
 - Is equipment containing volatile flammable materials (e.g., spheres) or materials above their autoignition temperature (e.g., hot pumps) protected by deluge systems? Do the deluge systems adequately protect small-diameter piping attached to vessels (particularly spheres and bullets)?
 - Is sprinkler protection provided for fin-fan coolers?
 - Is snuffing steam provided for all fired equipment?
 - Is inert gas or steam provided for all combustible reactor or absorber beds (e.g., activated carbon beds)?
 - Are there mobile equipment and trained crews that can respond quickly?
 - Are hydrocarbon drainage systems equipped with explosion traps and vents?
19. What procedures are followed in the event of a fire?
 - To what extent should operators, maintenance workers, or contractors attempt to fight fires?
 - Have all fire fighters been trained?
 - Who decides when to call the fire brigade?
 - Who decides when to call outside fire brigades?
 - Where is the emergency command center, and how is it staffed?
 - When were these procedures last practiced?
20. What are the capabilities of the fire brigade?

- How is the fire brigade assembled during the day shift? off-shifts?
 - What training does the fire brigade receive? Does it include first aid?
 - What procedures do fire fighters follow when entering a unit?
 - What protective equipment is available to the fire fighters? Are enough SCBAs available? Will bunker gear withstand exposure to process chemicals?
 - What fire fighting equipment is available in the facility? from mutual aid groups? from the community?
21. What is the capability of firewater supplies?
 - What is the maximum firewater demand?
 - How long will supplies meet the maximum demand?
 - Are any alternate supplies available?
 - Are there redundant firewater pumps with diverse drivers (electric, steam, diesel)?
 - Are there contaminants (e.g., mud, shells, gravel) in the firewater supply that could damage fire fighting equipment? How often is equipment flushed out?
 22. Have the underground fire mains been extended or looped to supply additional sprinkler systems, hydrants, and monitor nozzles? Are there any dead ends? What sectional control valves have been provided?
 23. Are important fire protection resources (e.g., fire hall, firewater pumps) located where they can be threatened by fires or explosions in the facility?
 24. How is process equipment protected from external fire?
 25. Is load-bearing structural steel, which is exposed to potential flammable liquid or gas fires, fireproofed to a sufficient height above a fire-sustaining surface to protect it? Are cable trays similarly protected?
 26. Are critical isolation valves fire-safe, and will their actuators withstand fire exposure?
 27. Has adequate drainage been provided to carry spilled flammable liquids and water used for fire fighting away from buildings, storage tanks, and process equipment? Are drain valves outside any dikes? Can the drains and dikes accommodate the water used during fire fighting? Will burning materials float into adjacent areas?
 28. Is the control room adequately protected against external fires or explosions? Do any glass windows face process areas where explosions might occur?

29. Are fire protection systems periodically tested? Is there a program to ensure that fire protection systems are in service? Does the program provide priority maintenance for equipment found out of service?
30. Are there strong administrative controls requiring permits and/or notification before fire protection equipment can be taken out of service or used for normal operation (e.g., auxiliary cooling) or maintenance (e.g., equipment flushing)?

VII. Environmental Protection

1. Are there any chemicals handled that are particularly sensitive from an environmental standpoint? (carcinogens, volatile toxics, odorants)
2. Have all effluent streams been defined? Are they hazardous? What is their disposition? Are scrubbers required? Have permit requirements been addressed? What has been done to minimize effluents and wastes? Will any hazardous materials such as heavy metals reach the waste treatment plant?
3. Does surface water runoff require any special treatment? Is surface drainage adequate? Can it be protected (e.g., with sandbags) from process material spills?
4. How are effluents monitored (e.g., sampled) for unacceptable emissions? What is the lag time between measurement and alarm or notification? Do emission points include:
 - stacks and vents?
 - ventilation exhausts?
 - surface water runoff?
 - discharges to city sewers?
 - discharges to surface water bodies?
 - discharges or seepage to groundwater?
5. What precautions are necessary to meet environmental requirements and protect human health? Are there specific environmental restrictions that will limit operations?
6. Will maintenance work require special precautions to prevent odor problems, air pollution, or sewer contamination?
7. Is the sampling system arranged so any initial blowdown is vented to a closed system instead of to the atmosphere or sewer?
8. What are the hazards of sewer materials during normal and abnormal operation? Consider:
 - runaway reactions?

- flammable concentrations, either from the sewerage material or from reactions (e.g., hydrogen evolution) in the sewer?
 - toxic fumes?
 - environmental contamination?
 - cross-contamination of process and sanitary sewers?
9. What is the potential for releases in the process area, and where would they go? What hazards would result from these releases? Are any special precautions necessary for leak-prone equipment (e.g., bellows, rotating seals)?
 10. What prevents or limits spills during loading/unloading operations?
 - Is there remote shutdown/isolation capability?
 - Are there excess flow check valves or automatic shutdowns?
 - Are the trucks/railcars chocked?
 - Are railcars protected against collision or inadvertent movement?
 - Are hoses inspected/pressure tested/replaced regularly?
 - Are there high level and/or pressure alarms on storage tanks (particularly remote tanks)?
 11. Are storage areas diked? Are the dikes large enough? Are any dikes damaged or breached? Are proper drainage programs implemented to ensure the integrity of the dikes when required? What would happen if the dike overflowed (e.g., because of firefighting activities)?
 12. Are there toxic gas monitors and alarms in process and material storage areas? How often are they checked?
 13. What procedures are followed in the event of a release?
 - To what extent should operators, maintenance workers, or contractors attempt to contain and clean up releases?
 - Have the people who will clean up releases been trained?
 - Who decides when to call the spill response team?
 - Who decides when to call outside emergency response teams?
 - Who notifies corporate management and public authorities?
 - Who decides to evacuate the unit, facility, or community?
 - Where is the emergency command center, and how is it staffed?
 - When were these procedures last practiced?
 14. Are there adequate, reliable means of reporting emergencies to a response team and to applicable government officials or agencies?
 15. Are there adequate, reliable means of sounding an evacuation alarm to all building or area occupants?
 16. Is there a written evacuation plan for the unit, facility, and community?

- Are the process operations shut down, or can they be left on automatic control?
 - Are assembly points, evacuation routes, and alternates clearly marked?
 - Are emergency control centers established?
 - Are there spill containment procedures?
 - Are there re-entry and cleanup procedures?
 - Has the plan been coordinated with local authorities?
 - Has the plan been tested and appropriately revised?
17. Are up-to-date emergency shutdown and evacuation plans posted? Are they effectively communicated to transient workers (e.g., outside contractors)?
 18. What are the nearest and/or largest onsite and offsite populations? How far away are they? Are there any locations that present special evacuation problems (e.g., schools, hospitals, nursing homes, large population centers)?
 19. Are containment and clean-up techniques defined for all materials? Is the technique usable in the work area? Are appropriate protective equipment and clean-up supplies on hand in readily accessible locations? Are different procedures or supplies required to handle products of undesired reactions?
 20. Are there any suppression, absorption, or cleaning media that are prohibited (because they are not effective, they react with some other chemical present in the area, or they are harmful to equipment)? Are any media of this type available in the area? If water is prohibited, are there warning signs in the area?
 21. What are the capabilities of the spill response team?
 - How is the spill response team assembled during the day shift? off-shifts?
 - What procedures do emergency personnel follow when entering a unit?
 - What protective equipment is available to the emergency personnel? Are enough SCBAs available? Will protective gear withstand exposure to process chemicals?
 - What release suppression, collection, and cleanup equipment is available in the facility? from non-union groups? from the community?
 22. Can wastes be safely handled? Can the material be decontaminated, recycled, or destroyed? Have arrangements for disposal been completed?
 23. What means is provided for disposal of off-spec or aborted batches?

24. Are empty containers for packaged raw materials and intermediates systematically recycled or disposed of by acceptable methods?

VIII. Management and Policy Issues

1. Is upper management's commitment to employee health and safety clear? What policy statements communicate this commitment to employees? Do workers understand these policies, and are they convinced of upper management's sincerity?
2. Do supervisors and workers believe that safety has higher (or at least equal) status with other business objectives in the organization? How does the company promote a "safety first" approach?
3. Have supervisors and workers been specifically told to err on the safe side whenever they perceive a conflict between safety and production? Will such decisions be supported throughout the management chain?
4. Is there a policy that clearly establishes which individuals have the authority to stop work if safety requirements are not met?
5. Is management of worker health and safety an essential part of a manager's daily activities? How are managers held accountable for their health and safety record, and how do the rewards and penalties compare to those for production performance?
6. Is health and safety regularly discussed in management meetings at all levels? Do such discussions involve more than a review of injury statistics? What actions are taken if an injury occurs? Are near misses discussed, and is any action taken to prevent recurrence?
7. Are there clear procedures during emergencies for communications between workers and emergency response personnel, plant management, corporate management, and public authorities? Are they regularly practiced?
8. Is the mutual aid network documented by formal agreements?
9. Are the responsibilities for utility system maintenance and operation clearly defined throughout the plant? Are interfaces between different organizations recognized?
10. Are workers encouraged to ask supervisors for assistance? Do workers know when to seek assistance? Are workers penalized for "unnecessary" shutdowns when they truly believe there is an emergency?

11. Are workers encouraged to discuss potential human errors and near misses with their supervisors? Are such worker disclosures treated as evidence of worker incompetence, as unwarranted criticism of management, or as valuable lessons to be shared and acted upon? What criteria and procedures exist for reporting and investigating accidents and near misses? Are they followed consistently? Do the investigations go into enough depth to identify the root causes of worker errors? How are the human factors engineering deficiencies identified during the investigation of an incident corrected at (1) the site of the original incident, (2) similar sites at the same facility, and (3) similar sites at other facilities?
12. Is there a written training policy applicable to all workers?
 - What safety objectives are established, and how is attainment of such objectives monitored?
 - Are training records kept?
 - How are retraining needs identified?
 - How are workers trained on new processes, equipment, and procedures?
 - What training is given to workers changing jobs or taking additional responsibilities?
 - What training is given to new workers?
 - How is training effectiveness assessed?
 - What training is required before a worker can "step up" to substitute for an absent foreman or supervisor?
13. Are there adequate controls on contractor personnel? Do they have to meet the same safety standards required of company personnel? Are there different requirements for long-term and short-term contractors?
14. Does company policy require that all safety-related equipment (alarms, interlocks, relief devices, trips, chokes, etc.) be tested periodically? What failures are tolerated until the next planned shutdown?
15. What is the company policy for designing and operating facilities in different jurisdictions (e.g., are pressure vessels designed and maintained to code standards, whether or not the state requires it)? Are the design and operating practices in this facility consistent with those in other facilities?
16. Are there adequate controls on design changes? Are changes coordinated with operations so procedures and training materials can be updated? Are field changes by operations or maintenance personnel handled in the same way as engineering changes?
17. Are engineering drawings or models up to date, including those related to environmental management permits?

18. What administrative control is necessary to ensure replacement of proper materials during construction/operation/maintenance to avoid excessive corrosion and to prevent the release of hazardous compounds and reactants?
19. What is the company policy toward compliance with process safety guidelines published by industry or trade groups such as the Chemical Manufacturers Association, the American Petroleum Institute, or the Chlorine Institute? Have they been followed in this design?
20. Is there an audit program that regularly reviews safety compliance? Do workers participate on the audit teams? Who sees and responds to audit reports?
21. Are there programs for identifying and helping workers with substance abuse or mental health problems? What counseling, support, and professional advice is available to workers during periods of ill health or stress? What is the company policy on reassigning or terminating workers who are unable/unfit to perform their jobs?

APPENDIX C Symbols and Abbreviations for Example Problem Drawings

Figure C.1 illustrates the symbols and Table C.1 illustrates the abbreviations used for process instrumentation and equipment in the example problem drawings.

	Open Manual Isolation Valve		Agitator
	Closed Manual Isolation Valve		Rupture Disk
	Case Connection		Three-Way Valve
	Double Flange		Check Valve
	Locally Mounted Instrument or Control		Pneumatic line
	Remotely Mounted Instrument or Control		Electrical line
	Pressure Safety Valve		Pump
	Control Valve		Fan
	Self-Regulating Valve		Sample Connection
	Butterfly Valve		Solenoid Valve
	Line Continuation and Drawing Number		Motorized Valve
	Remote Control Valve		Screen
	Open End - Flanged		Stream Trap
	Open End - Threaded		Motor

Figure C.1. Symbols used in example problem drawings.

PODER EJECUTIVO SECRETARIA DE GOBERNACION

ACUERDO por el que la Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-
Secretaría de Gobernación

ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARIAS DE GOBERNACION Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTICULOS 5o. FRACCION X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 27 FRACCION XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

CONSIDERANDO

Que la regulación de las actividades altamente riesgosas, está contemplado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la Nación o de interés de la Federación, y se prevé que una vez hecha la determinación de las mismas, se publicarán los listados correspondientes

Que el criterio adoptado para determinar cuáles actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades

inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas., en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario fijar dicha cantidad para cada sustancia peligrosa que presente las propiedades antes mencionadas. A esta cantidad se le denomina cantidad de reporte

Que con base en el criterio anterior se ha procedido a determinar las actividades altamente riesgosas en función de las propiedades de las sustancias que se manejen y a agrupar dichas actividades en los listados correspondientes.

Que cuando una actividad esté relacionada con el manejo de una sustancia que presente más de una de las características de peligrosidad señaladas, en cantidades iguales o superiores a su cantidad de reporte, dicha actividad será considerada altamente riesgosa y se incluirá en cada uno de los listados que correspondan.

Que mediante este Acuerdo se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquellas en que se manejan sustancias inflamables y explosivas, en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas en la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de las instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobre presión de 0.5 lb./pulg², en esa misma franja

Que tanto el primer listado que corresponde al manejo de sustancias tóxicas y éste concerniente al manejo de sustancias inflamables y explosivas, así como los subsecuentes que se expidan para el caso de aquellas actividades relacionadas con el manejo de sustancias reactivas, corrosivas o biológicas, constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como la elaboración y presentación de los programas para la prevención de accidentes, previstos en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

Que aun cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radioactivas, podrían considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología no establecerán un listado de las mismas, en virtud de que la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radioactivas compete a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud, de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades.

Que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria, Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, así como con la participación de la Secretaría de la Defensa Nacional, llevaron a cabo los estudios que sirvieron de sustento para determinar los criterios y este segundo listado de actividades que deben considerarse altamente riesgosas.

En mérito de lo anterior, hemos tenido a bien dictar el siguiente:

ACUERDO

ARTICULO 1o.- Se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas.

ARTICULO 2o.- Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a la cantidad de reporte

ARTICULO 3o.- Para los efectos de este Acuerdo se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

CANTIDAD DE REPORTE: Cantidad mínima, de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa, a la población o a sus bienes.

MANEJO: Alguna o el conjunto de las actividades siguientes; producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

SUSTANCIA PELIGROSA: Aquélla que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

SUSTANCIA INFLAMABLE: Aquélla que es capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa.

SUSTANCIA EXPLOSIVA: Aquélla que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía, genera una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea

ARTICULO 4o.- Las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas que debén considerarse altamente riesgosas son la producción, el procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen cantidades iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes

I. Cantidad de reporte: a partir de 500 Kg.

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACETILENO
ACIDO SULFHIDRICO
ANHIDRIDO HIPOCLOROSO
BUTANO (N,ISO)
BUTADIENO
1-BUTENO
2-BUTENO (CIS, TRANS)
CIANOGENO
CICLOBUTANO
CICLOPROPANO
CLORURO DE METILENO
CLORURO DE VINILO
DIFLUORO 1-CLOROETANO
DIMETILAMINA
2, 2- DIMETIL PROPANO
ETANO
ETER METILICO
ETILENO
FLUORURO DE ETILO
FORMALDEHIDO
HIDROGENO
METANO
METILAMINA
2- METIL PROPENO
PROPANO
PROPILENO
PROPINO
SULFURO DE CARBONILO
TETRAFLUOROETILENO
TRIFLUOROCLOROETILENO
TRIMETIL AMINA

- b) En el caso de las susustancias en estado gaseoso no previstas en el inciso anterior y que tengan las siguientes características

Temperatura de inflamación ≤ 37.8 °C
temperatura de Ebullición < 21.1 °C
Presión de Vapor < 760 mm Hg

- c) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido

2- BUTINO
CLORURO DE ETILO
ETIL AMINA
3- METIL-1-BUTENO

METIL ETIL ETER
NITRITO DE ETILO
OXIDO DE ETILENO
1- PENTANO

II Cantidad de reporte: A partir de 3.000 Kg.

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

ACETALDEHIDO
ACIDO CIANHIDRICO
AMILENO (CIS, TRANS)
COLODION
DISULFURO DE CARBONO
2- METIL -1-BUTENO
2- METIL-2-BUTENO
OXIDO DE PROPILENO
PENTANO (N, ISO)
1- PETENO
1-PENTENO
SULFURO DE DIMETILO

III. Cantidad de reporte: a partir de 10.000 Kg.

- a) En caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

ACROLEINA
ALIL AMINA
BROMURO DE ALILO
CARBONILO DE NIQUEL
CICLOPENTANO
CICLOPENTENO
1- CLORO PROPILENO
2- CLORO PROPILENO
CLORURO DE ALILO
CLORURO DE ACETILO
CLORURO DE PROPILO (N. ISO)
1, 1- DICLOROETILENO
DIETILAMINA
DIHIDROPIRAN
2.2 DIMETILBUTANO
2.3 DIMETILBUTANO
2.3- DIMETIL 1- BUTENO
2.3- DIMETIL -2- BUTENO
2- ETIL 1- BUTENO
ETER DIETILICO
ETER VINILICO
ETILICO MERCAPTANO
ETOXIACETILENO

FORMIATO DE ETILO
FORMIATO DE METILO
FURANO
ISOPRENO
ISOPROPENIL ACETILENO
2- METIL PENTANO
3- METIL PENTANO
2- METIL -1- PENTENO
2- METIL -2- PENTENO
4- METIL - 1- PENTENO
4- METIL - 2- PENTENO
2- METIL - 2- PROPANOTIOL
METIL PROPIL ACETILENO
METIL TRICLOROSILANO
PROPIL AMINA (N, ISO)
PROPENIL ETIL ETER
TETRAHIDROFURANO
TRICLOROSILANO
VINIL ETIL ETER
VINIL ISOPROPIL ETER

IV.- Cantidad de reporte: a partir de 20.000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETATO DE ETILO
ACETATO DE METILO
ACETATO DE VINILO
ACETONA
ACRILATO DE METILO
ACRILONITRILLO
ALCOHOL METILICO
ALCOHOL ETILICO
BENCENO
1- BROMO-2- BUTENO
BUTILAMINA (N, ISO, SEC, TER)
CICLOHEXANO
CICLOHEXENO
CILOHEPTANO
2-CLORO-2-BUTENO
CLORURO DE BUTILO (N, ISO, SEC, TER)
CLORURO DE VINILDENO
DICLOROETANO
DICLOROETILENO (CIS, TRANS)
1, 2-DICLOROETILENO
DIMETIL DICLOROSILANO
1, 1- DIMETIL HIDRAZINA
2,3 DIMETIL PENTANO
2,4 DIMETIL PENTANO
DIMETOXI METANO
DIISOBUTILENO

DIISOPROPILAMINA
DIOXOLANO
ETER ETIL PROPILICO
ETER PROPILICO (N, ISO)
ETIL BUTIL ETER
ETIL CICLOBUTANO
ETIL CICLOPENTANO
ETIL DICLOROSILANO
ETIL METIL CETONA
ETILENIMINA
FORMIATO DE PROPILO (N, ISO)
FLUOROBENCENO
1- HEXENO
2- HEXENO (CIS, TRANS)
HEPTANO (N, ISO Y MEZCLAS DE ISOMEROS)
HEPTENO
HEPTILENO
HEPTILENO 2- TRANS
1,4- HEXADIENO
HEXANO (N, ISO Y MEZCLAS DE ISOMEROS)
ISOBUTIRALDEHIDO
2- METIL FURANO
METIL CICLOHEXANO
METIL CICLOPENTANO
METIL DICLOROSILANO
METIL ETER PROPILICO
2- METIL HEXANO
3- METIL HEXANO
METIL HIDRAZINA
2- METIL - 1, 3, 3,- PENTADIENO
4- METIL- 1, 3-PENTADIENO
METIL PIRROLIDINA
2- METIL TETRAHIDROFURANO
METIL VINIL CETONA
MONOXIDO DE BUTADIENO
NITRATO DE ETILO
2,5-NORBORNADIENO
OXIDO DE BUTILENO
OXIDO DE PENTAMETILENO
1, 2- OXIDO DE BUTILENO
PIRROLIDINA
PROPIONALDEHIDO
PROPIONATO DE METILO
PROPIONATO DE VINILO
TRIEILAMINA
2, 2, 3- TRIMETIL BUTANO
2, 3, 3- TRIMETIL 1-BUTENO
2, 3, 4- TRIMETIL 1-PENTENO
2, 4, 4- TRIMETIL 2-PENTENO
3, 4, 4- TRIMETIL 2-PENTENO
TRIMETILCLOROSILANO
VINIL ISOBUTIL ETER

V. Cantidad de reporte: a partir de 50.000 Kg.

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

GAS L.P. COMERCIAL(1)

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100.000 Kg.

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETATO DE PROPILO (N, ISO)
ALCOHOL ALILICO
ALCOHOL DESNATURALIZADO
ALCOHOL PROPILICO (ISO)
AMILAMINA (N, SEC)
BROMURO DE N-BUTILO
BUTIRATO DE METILO
BUTIRONITRILLO (N, ISO)
1, 2-DICLOROPROPANO
2,3-DIMETIL HEXANO
2, 4- DIMETIL HEXANO
P-DIOXANO
ETER ALILICO
FORMIATO DE ISOBUTILO
2-METIL-2-BUTANOL
2- METIL BUTIRALDEHIDO
2- METIL-3- ETIL PENTANO
3-METIL -2- BUTANOTIOL
METIL METACRILATO
PIPERIDINA
PIRIDINA
PROPIONATO DE ETILO
PROPIONITRILLO
TETRAMETILO DE PLOMO
2, 2, 3-TRIMETIL PENTANO
2, 2, 4-TRIMETIL PENTANO
2, 3, 3-TRIMETIL PENTANO
TOLUENO

VII. Cantidad de reporte: a partir de 200.000 Kg.

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

ACETAL
ACETATO DE BUTILO (ISO SEC)
ACETATO DE ISOAMILO
ACETATO DE ISOPROPENILO
ACETONITRILLO
ACRILATO DE ISOBUTILO

ALCOHOL AMILICO (N.SEC)
ALCOHOL BUTILICO (ISO. SEC. TERT)
AMIL MERCAPTAN
BENZOTRIFLUORURO
1.-BUTANOL
BUTIL MERCAPTAN (N, SEC)
BUTIRATO DE ETILO (N, ISO)
CLOROBENCENO
CLORURO DE AMILO
CROTONALDEHIDO
CUMENO
DIETILCETONA
DIETILICO CARBONATO
1,3-DIMETIL BUTILAMINA
1,3-DIMETIL CICLOHEXANO
1,4-DIMETIL CICLOHEXANO (CIS, TRANS)
ESTIRENO
ETIL BENCENO
ETIL BUTILAMINA
2-ETIL BUTIRALDEHIDO
ETIL CICLOHEXANO
ETILENDIAMINA
ETILENO-GLICOL DIETILICO ETER
FERROPENTACARBONILO
ISOBROMURO DE AMILO
ISOFORMIATO DE AMILO
METACRILATO DE ETILO
METIL ISOBUTIL CETONA
METIL PROPIL CETONA
NITROETANO
NITROMETANO
OCTANO (N, ISO)
OCTENO (ISO)
1-OCTENO
2-OCTENO
OXIDO DE MESITILLO
2, 2, 5-TRIMETIL HEXANO
VINIL TRICLOROSILANO
XILENO (M,O,P)

VIII. Cantidad de reporte: a partir de 10.000 Kg.

- a) En el caso de las sustancias en estado líquido, no previstas en las fracciones anteriores y que tengan las siguientes características:

Temperatura de inflamación $\leq 37.8^{\circ}\text{C}$
Temperatura de ebullición $\geq 21^{\circ}\text{C}$
Presión de vapor $\leq 760\text{ mm Hg.}$

IX. Cantidad de reporte: a partir de 10.000 Barriles.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

GASOLINAS (1.)

KEROSENAS INCLUYE NAFTAS Y DIAFANO (1)

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

ARTICULO 5°- Se exceptúa de este listado a las actividades relacionadas con el manejo de las sustancias a que se refiere el artículo 41 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

ARTICULO 6°- Las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse referidas a su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, con el fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

ARTICULO 7°- Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal; de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y de Trabajo y Previsión Social podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de las investigaciones que sobre el particular se lleven a cabo.

TRANSITORIO

UNICO.- el presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

México, D F., a 30 de abril de 1992.- El Secretario de Gobernación, Fernando Gutiérrez Barrios.- Rúbrica - El Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, Luis Donald Colosio Murrieta.- Rúbrica.

PODER EJECUTIVO SECRETARIA DE GOBERNACION

ACUERDO por el que la Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el primer listado de actividades altamente riesgosas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Gobernación

ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARIAS DE GOBERNACION Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTICULOS 5o. FRACCION X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 27 FRACCION XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

CONSIDERANDO

Que la regulación de las actividades que se consideren altamente riesgosas, por la magnitud o gravedad ecológica o el ambiente, está contemplada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la nación o de interés de la Federación, y se prevé que una vez hecha la determinación de las mismas, se publicarán los listados correspondientes.

Que el criterio adoptado para determinar cuales actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por

fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso convierten su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones, o medio de transporte, y en caso de la formación de nubes explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte.

Que en consecuencia, para la determinación de las actividades consideradas altamente riesgosas, se partirá de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de sus propiedades, así como de las cantidades de reporte correspondiente.

Que cuando una sustancia presente más de una de las propiedades señaladas, ésta se clasificará en función de aquellas que representen el o los más altos grados potenciales de afectación al ambiente, a la población o a sus bienes y aparecerá en el listado o listados correspondientes.

Que mediante este Acuerdo se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas y que corresponde a aquellas en que se manejan sustancias tóxicas. En dicho listado quedan exceptuadas en forma expresa el uso de aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas, en virtud de que existe una legislación específica para el caso, en la que se regula esta actividad en lo particular.

Que este primer listado y los subsecuentes que se expiden, para el caso de aquellas actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables, explosivas, reactivas, corrosivas o biológicas, éstas constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración de los programas para la prevención de accidentes, previstos en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

Que aun cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radioactivas, podrán considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología no establecerán un listado de las mismas, en virtud de la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones - - —

nucleares o radioactivas compete a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud, de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades.

Que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria, de Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, llevaron a cabo los estudios que sirvieron de sustento para determinar los criterios y este primer listado de actividades que deben considerarse altamente riesgosos.

En mérito de lo anterior, hemos tenido a bien dictar el siguiente:

ACUERDO

ARTICULO 1o.- Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en volumen igual o superior a la cantidad de reporte.

ARTICULO 2o.- Para los efectos de este ordenamiento se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y las siguientes:

Cantidad de reporte: Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o a la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionarla una afectación significativa, a la población o a sus bienes.

Manejo: Alguna o el conjunto de las actividades siguientes; producción, procesamiento, transporte, almacenamiento uso o disposición final de sustancias peligrosas.

Sustancias peligrosas: Aquélla que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Sustancia tóxica: Aquélla en que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muertes.

ARTICULO 3o.- Con base en lo previsto en el artículo primer, se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas, que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias tóxicas. Estas actividades son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento uso o disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

1. Cantidad de reporte: a partir de 1 Kg.

- a) en caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACIDO CIANHIDRICO
ACIDO FLUORHIDRICO - (FLUORURO DE HIDROGENO)
ARSINA
CLORURO DE HIDROGENO
CLORO (1)
DIBORANO
DIOXIDO DE NITROGENO
FLUOR
FOSGENO
HEXAFLUORURO DE TELURIO
OXIDO NITRICO
OZONO (2)
SELENIURO DE HIDROGENO
TETRAFLUORURO DE AZUFRE
TRICLORURO DE BORO

- b) En caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACROLEINA
ALIL AMINA
BROMURO DE PROPARGILO
BUTIL VINIL ETER
CARBONIL DE NIQUEL
CICLOPENTANO
CLOROMETIL METIL ETER
CLORURO DE METACRILATO
DIOXOLANO
DISULFURO DE METILO
FLUORURO CIANURICO
FURANO
ISOCIANATO DE METILO
METIL HIDRACINA
METIL VINIL CETONA
PENTABORANO
SULFURO DE DIMETILO
TRICLOROETIL SILANO

- c) En caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

2 CLOROFENIL TIOUREA
2,4 DITIOBIUREA
4,6 DINITRO -O- CRESOL
ACIDO BENZEN ARSENICO
ACIDO CLOROACETICO

ACIDO FLUOROACETICO
ACIDO METIL -O- CARBAMILO
ACIDO TIOCIANICO 2-BENZOTIANICO
ALDICARB
ARSENIATO DE CALCIO
BIS CLOROMETIL CETONA
BROMODIOLONA
CARBOFURANO (FURDAN)
CABONIOS DE COBALTO
CIANURO DE POTASIO
CIANURO DE SODIO
CLOROPLATINATO DE AMONIO
CLORURO CROMICO
CLORURO DE DICLORO BENZALKONIO
CLORURO PLATINOSO
COBALTO
COBALTO (2, 2-(1,2 - ETANO)
COMPLEJO DE ORGANORODIO
DECABORANO
DICLORO XILENO
DIFACIONONA
DOSOCIANTO DE ISOFORONA
DIMETIL -P- FENILENDIAMINA
DIXTOXIN
ENDOSULFAN
EPN
ESTERATO DE CADMIO
ESTRIGNINA
FENAMIFOS
FENIL TIOUREA
FLUOROACETAMIDA
FOSFORO (ROJO, AMARILLO Y BLANCO)
FOSFORO DE ZINC
FOSMET
HEXACLORO NAFTALENO
HIDRURO DE LITIO
METIL ANZIFOS
METIL PARATION
MONOCROTOFOS (AZODRIN)
OXIDO DE CADMIO
PARAQUAT
PARAQUAT - METASULFATO
PENTADECILAMINA
PENTOXIDO DE ARSENICO
PENTOXICO DE FOSFORO
PENTOXIDO DE VANADIO
PIRENO
PIRIDINA, 2 METIL, 5 VINIL
SELENIATO DE SODIO
SULFATO DE ESTRIGNINA
SULFATO TALOSO

SULFATO DE TALIO
TETRACLORURO DE IRIDIO
TETRACLORURO DE PLATINO
TETRAOXIDO DE OSMIO
TIOSEMICARBAZIDA
TRICLOROFON
TRIOXIDO DE AZUFRE

ISOTIOSIANATO DE METILO
LINDANO
MALONATO TALOSO
MALONONITRILLO
NIQUEL METALICO
OXIDO MERCURICO
PENTACLOROFENOL
PENTACLORURO DE FOSFATO
SALCOMINA
SELENITO DE SODIO
TELURIO
TELURITO DE SODIO
TIOSEMICARBACIDA ACETONA
TRICLORURO DE GALIO
WARFARIN

II. Cantidad de reporte: a partir de 10 kg.

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACIDO SULFURICO
AMONIACO ANHIDRO
FOSFINA
METIL MERCAPTANO
TRIFLUORURO DE BORO

- b) En caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1, 2, 3, 4 DIEPOXIBUTANO
2, CLOROETANOL
BROMO
CLORURO DE ACRILOILO
ISOFLUORATO
MESITILENO
OXICLORURO FOSFOROSO
PENTACARBONONILO
PSEUDOCUMENO
TETRACLORURO DE TITANIO
TRICLORO (CLOROMETIL) SILANO
VINIL NORBORNENO

- c) En caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

ACETATO DE METOXIETILMERCURIO
ACETATO FENIL MERCURICO
ACETATO MERCURICO
ARSENITO DE POTASIO
ARSENITO DE SODIO
AZIDA DE SODIO
BROMURO CIANOGENO
CIANURO POTASICO DE PLATA
CLORURO DE MERCURIO
CLORURO DE TALIO
FENOL
FOSFATO ETILMERCURICO
HIDROQUINONA

III. Cantidad de reporte: a partir de 100 kg.

- a) En caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

BROMURO DE METILO
ETANO (3)
OXIDO DE ETILENO

- b) En caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2, 6 - DIISOCIANATO DE TOLUENO
ACETALDEHIDO (3)
ACETATO DE VINILO
ACIDO NITRICO
ACRILONITRILLO
ALCOHOL ALILICO
BETA PROPIOLACTONA
CLOROACETALDEHIDO
CROTONALDEHIDO
DISULFURO DE CARBONO
ETER BIS - CLORO METILICO
HIDRACINA
METIL TRICLORO SILANO
NITROSODIMETILAMINA
OXIDO DE PROPILENO
PENTACLOROETANO
PENTAFLUORURO DE ANTIMONIO
PERCLOROMETIL MERCAPTANO
PIPERIDINA
PROPILLENIMINA
TETRAMETILO DE PLOMO
TETRANITROMETANO
TRICLORO BENCENO

TRICLORURO DE ARSENICO
TRITOXISILANO
TRIFLUORURO DE BORO

FORATO
FORMALDEHIDO CIANO HIDRINA
GAS MOSTAZA SINONIMO (SULFATO
DE BIS (2-CLOROETILO))

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

ACIDO CRESILICO
ACIDO SELENIOSO
ACILAMIDA
CARBONATO DE TALCO
METOMIL
OXIDO TALCO
YODURO CIANOGENO

HEXA CLORO CICLO PENTADIENO
LACTONITRILLO
MECLORETAMINA
METANOL
OLEUM
PERCLOROETILENO (3)
SULFATO DE DIMETILO
TIOCIANATO DE ETILO
TOLUENO (3)

IV. Cantidad de reporte: a partir de 1000 Kg.

a) En el caso de la siguiente sustancia en estado gaseoso:

BUTADIENO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETRONITRILLO
BENCENO (3)
CIANURO DE BENCILO
CLOROFORMO
CLORURO DE BENZAL
CLORURO DE BENCILO
2,4-DIISOCIANATO DE TOLUENO
EPICLORO HIDRINA
ISOBUTIRONITRILLO
OXICLORURO DE SELENIO
PEROXIDO DE HIDROGENO
TETRA CLORURO DE CARBONO (3)
TETRAETILO DE PLOMO
TRIMETILCLORO SILANO

V. Cantidad de reporte: a partir de 10 000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,4,6 TRIMETIL ANILINA
ANILINA
CICLOHEXILAMINA
CLORURO DE BENCEN SULFONILO
DICLOROMETIL FENIL SILANO
ETILEN DIAMINA

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100 000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

DIMETIL HIDRACINA
ANHIDRIDO METACRILICO
CUMENO
DICLORVOS
ETER DICLOROETILICO
ETER DIGLICIDILICO
FENIL DICLORO ARSINA
NEVINFOS (FOSFORIN)
OCTAMETIL DIFOSFORAMIDA
TRICLORO FENIL SILANO

VII. Cantidad de reportes a partir de 1 000, 000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

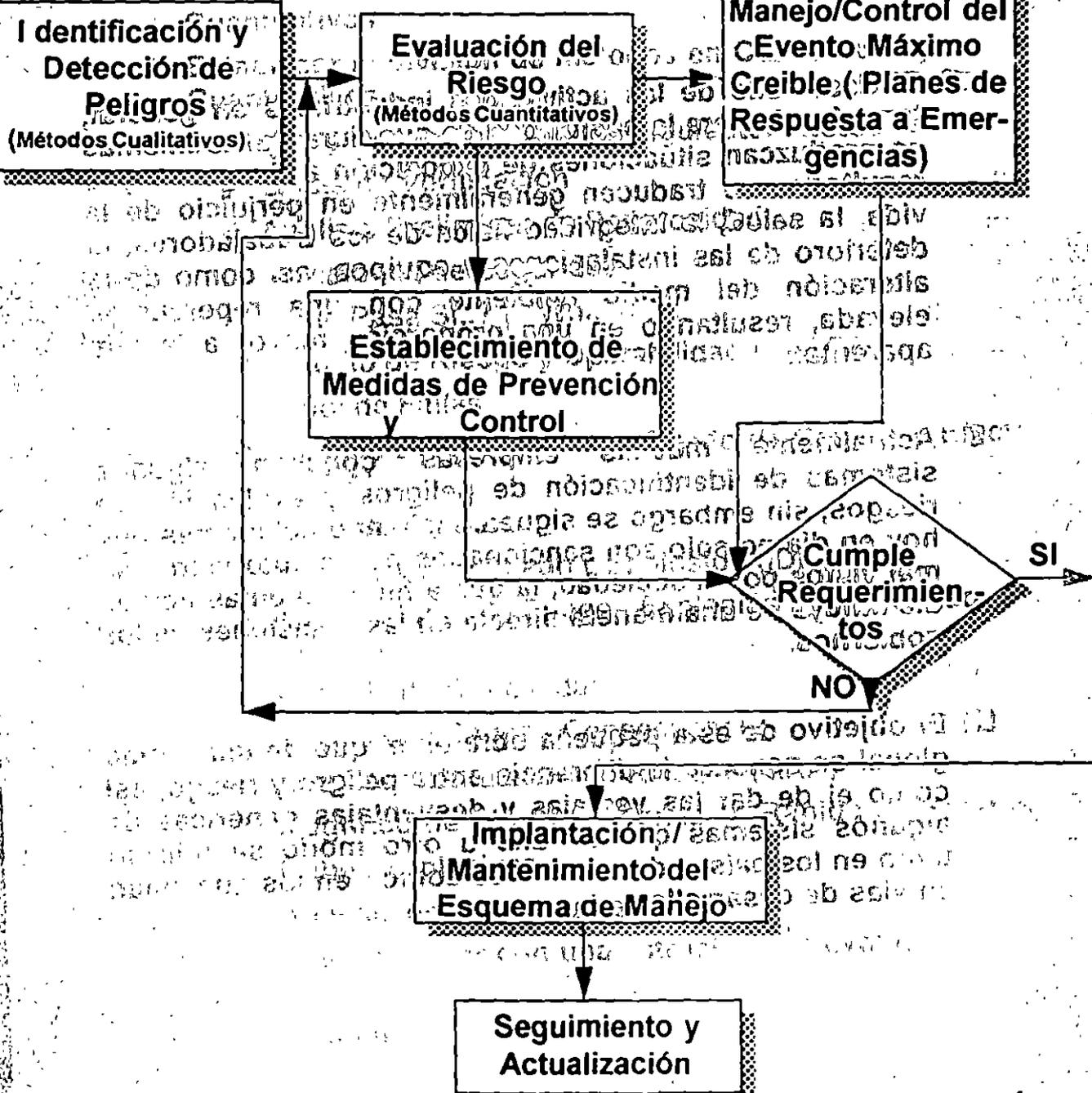
ADIPONITRILLO
CLORDANO
DIBUTILFTALATO
DICROTOFOS (BIDRIN)
DIMETIL 4 ACIDO FOSFORICO
DIMETILFTALATO
DIOCTILFTALATO
FOSFAMIDON
METIL-5-DIMETON
NITROBENCENO
TRICLORURO FOSFOROSO

- (1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.
(2) Se aplica exclusivamente a actividades donde se realicen procesos de ozonización.

ESQUEMA GENERAL PARA EL MANEJO DE PELIGROS Y RIESGOS

Esquema General para el Manejo de Peligros y Riesgos

Memoria de Identificación de Peligros y Evaluación de Peligros y Riesgos y Planes de Respuesta a Emergencias



AMBITO DE APLICACIONES PARA UNA EVALUACION DE RIESGOS

Evaluación de Riesgos

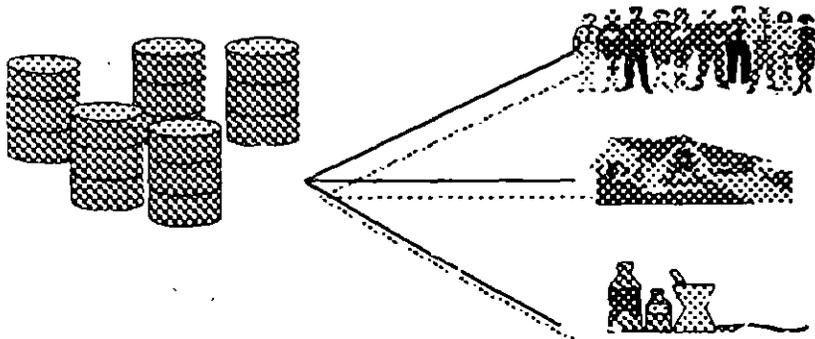
- ☞ Una evaluación de riesgos consiste en un enfoque organizado, sistemático (que incluye la documentación) para la identificación de peligros de manera tal que puedan desarrollarse medidas de control con el fin de minimizar la frecuencia de incidentes o de aminorar las consecuencias en el caso de que el incidente ocurriera.- La evaluación de riesgos es una de las más poderosas herramientas disponibles para un programa eficaz de prevención de pérdidas, ya que cuantifica la frecuencia y magnitud del evento

Identificación de Peligros

- ☞ La identificación de peligros a través de todo el ciclo de vida de un proyecto de inversión de capital es de mucha utilidad sobre todo en las etapas tempranas de la concepción del proyecto, ya que nos da la idea global de los peligros relacionados con el proceso, evitando que se realice un trabajo adicional al direccionarnos claramente hacia aquellos peligros inaceptables.

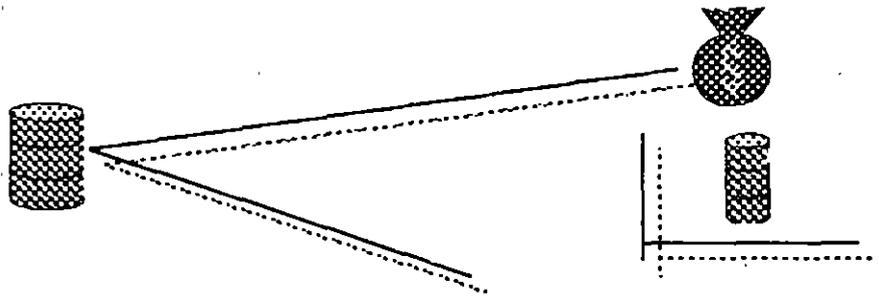
Peligro y Riesgo

- ☞ El enfoque que se ha desarrollado en éste manual es el de tener conceptos prácticos y de aplicación inmediata:
- ☺ **PELIGRO:** Todo aquello con la potencialidad de producir un daño a las personas, propiedades o cosas.



AMBITO DE APLICACIONES PARA UNA EVALUACION DE RIESGOS

- ☺ **RIESGO:** La medida cuantitativa de la consecuencia del peligro; es decir el peligro evaluado en frecuencia y magnitud.



- ☺ **SEGURIDAD EN PROCESOS:** El control de los peligros que son causados por una mala operación o mal funcionamiento del proceso.



- ☒ El ámbito de aplicación de los diversos métodos de Identificación de peligros y evaluación de riesgos, se da principalmente en 3 grandes áreas que son:

- ① Elaboración de un proyecto en planta
- ② Plantas de proceso en operación
- ③ Ampliaciones o modificaciones del proceso de una planta en operación

AMBITO DE APLICACIONES PARA UNA EVALUACION DE RIESGOS

- ⚡ **Generalmente el desarrollo de estos métodos requiere del involucramiento de los afectados directos en la planeación, mantenimiento, ingeniería, operación y manejo de los materiales. por lo que debe tenerse una amplia habilidad, conocimiento del proceso y experiencia en el manejo de los métodos y el manejo de personal.**
- **La estructura de un comité de identificación de peligros y evaluación de riesgos no es o no debe ser de carácter ocasional, sino debe ser un hábito permanente; y ser desarrollado periódicamente con un calendario de objetivos definidos, debido a que cada metodología arroja resultados distintos, que si no se han seleccionado en forma adecuada podrían no coincidir con los resultados esperados.**

METODOS DE IDENTIFICACION DE PELIGROS Y EVALUACION DE RIESGOS MAS USADOS Y SU DIVISION EN CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS

- o Se han desarrollado los métodos hasta hoy más conocidos y usados a nivel industrial, enlistando sus principales ventajas y desventajas, sin que sea el total de los métodos existentes.**

- o Los métodos clasificados como cualitativos se enfocan en la identificación de peligros, y los cuantitativos en la evaluación de riesgos. estos últimos se encuentran identificados con la palabra "cuantitativo" y señalados con una franja negra.**

- ☑ Los métodos cuantitativos aunque son de una aplicación más larga en tiempo y más costosa , resultan a futuro la mejor alternativa debido a que nos dimensionan y cuantifican los riesgos con mayor precisión, permitiendo por lo tanto seleccionar medidas más acordes a la realidad para su manejo.**

METODOS MAS USADOS

CUALITATIVOS

- ✓ *Listas de Verificación*
- ✓ *Análisis Preliminar de Peligrosidad*
- ☐ *Revisiones de Seguridad*
- ✓ *¿ Qué Pasa Si...? (¿What If..?)*
- ✓ *Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP)*
- ✓ *Arbol de Fallas*
- ✓ *Análisis Detallado por el Método de Causas y Efectos (FMEA)*
- ✓ *Arbol de Eventos*
- ✓ *Indice DOW de Fuego y Explosión (IDFE)*
- ✓ *Indice MOND de Fuego, Explosión y Toxicidad (IMFET)*
- △ *Análisis de Criticidad*
- △ *Análisis de Causa - Consecuencia*
- △ *Análisis del Error Humano*
- △ *Magnitud del Riesgo*

CUANTITATIVOS

- ☐ *Análisis Cuantitativo de Riesgos*
- ✓ *Indice DOW de Fuego y Explosión (IDFE)*
- ✓ *Arbol de Fallas*
- ✓ *Análisis Detallado por el Método de Causas y Efectos (FMEA)*
- ✓ *Arbol de Eventos*
- △ *Magnitud de Riesgo*
- ✓ *Nubes Explosivas*

- △ *Métodos poco utilizados como técnica única. Son complementarios de otros métodos.*
- ☐ *Métodos complejos y costosos.*

ESTABLECER LA DIVISION DE METODOS EN CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS

PERMITE

✓ **Identificar y Seleccionar fácilmente el método adecuado para mi estudio en base a:**

- Complejidad de la planta
- Etapa en que se encuentra el proyecto
- Nivel requerido en cuanto a:

≡ Identificación de Peligros
≡ Evaluación de riesgos

- Profundidad a la que deseo conocer los resultados/ causas/ consecuencias/ eventos/ recomendaciones.
- Recursos y tiempo disponible

✓ **Identificar las medidas más efectivas para minimizar Accidentes**

✓ **Identificar los eventos que más contribuyen a la ocurrencia de un accidente.**

✓ **Establecer la prioridad de las medidas a implantar.**

LISTAS DE VERIFICACION

Características/Usos:

- + **Identificar y Señalizar desviaciones**
- + **Comparar los Sistemas de Interés contra :**

Estándares
Códigos
Prácticas
Políticas

DE



Gobierno
Industria
Agencias Especiales

Requerimientos Específicos

Durante las etapas de:

- + **Diseño Preliminar**
- + **Construcción / Operación de la planta**
- + **Paro y Arranque de Planta**

Ventajas

- + **Especifica los requerimientos Mínimos.**
- + **Util para gente de poca experiencia**
- + **Sirve de repaso para la gente con experiencia**
- + **Uniformidad en la Información**
- + **No es costoso**

Desventajas

- + **Limitada a la experiencia de la persona que desarrolló el método**
- + **Necesita actualización constante**
- + **No es un método creativo**
- + **No es efectivo para peligros complejos existentes en nuevas instalaciones o procesos.**

ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGROSIDAD

Características/Usos

- + *Detección temprana de peligros asociados a la Tecnología y el Equipamiento.*
- + *Proveer una lista de los peligros enfocándose en los Materiales Peligrosos y en los elementos mayores de la planta.*

Durante las etapas de:

Conceptualización

Diseño

Localización

De Nuevas Instalaciones

Ventajas

Desventajas

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">+ <i>Evaluación Temprana de Peligros Básicos.</i>+ <i>Se requiere de un equipo de trabajo pequeño.</i>+ <i>Permite desarrollar guías para el Diseño.</i>+ <i>Excelente para el balance Costo - Beneficio.</i> | <ul style="list-style-type: none">+ <i>Usos Limitados.</i>+ <i>No toma en cuenta el factor de Severidad.</i>+ <i>No requiere de una experiencia en el área de seguridad.</i> |
|--|--|

REVISIONES DE SEGURIDAD

Características/Usos

• Se enfoca en la reducción de accidentes y pérdida significativa de vidas y bienes de manera tal que permite identificar

- * Desviaciones del diseño original
- * Los cambios que pudieran ocasionar nuevos peligros
- * Procedimientos inadecuados

Durante las etapas de:

Plantas en Operación

Como una política de la compañía

Incluir dentro de los programas regulares de Seguridad

Ventajas

- Confronta lo que tenemos en la realidad.
- Permite identificar nuevos puntos en cuanto a seguridad.
- Mantiene a los operadores alerta en cuanto a los peligros del proceso
- Asegura que las instalaciones se revisen periódicamente

Desventajas

- No es un método muy detallado
- La visión es limitada
- No es muy efectivo al evaluar peligros complejos de nuevos procesos
- Requiere de la información y absoluta cooperación del personal de procesos

¿QUE PASA SI..? ¿WHAT IF..?

Características/Usos:

- + *Identifica la secuencia de posibles accidentes y por los tanto sus:*
 - *peligros*
 - *Consecuencias*
 - *métodos potenciales para minimizar peligros*
- + *Trabajo en equipo (de 3 a 5 integrantes)*
- + *El costo es proporcional al tamaño de la planta*

Durante las etapas de:

Desarrollo del proceso
Diseño preliminar
Pre-arranque de planta
Cambios pequeños en plantas existentes

Ventajas

- + *Fácil de usar*
- + *Aplicable al proceso completo o secciones del mismo*
- + *Método creativo con una visión de trabajo en equipo*
- + *Flexible*
- + *Puede usarse en procesos "batch" (por lote)*

Desventajas

- Fácilmente pasa por alto los peligros potenciales ya que:*
 - + *Carece de estructura*
 - + *Su efectividad depende de la experiencia del coordinador*
 - + *Requiere de un entendimiento básico de las operaciones de proceso y de los procedimientos*
 - + *Requiere de DTI's*
 - + *Se base en una revisión conceptual*

ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD (HAZOP)

Características/Usos

- Es un método estructurado general que incluye la visión multidisciplinaria de equipo.
- Permite identificar los problemas potenciales y los problemas de la operación por nodo o sección.
- Evalúa las desviaciones de la planta con respecto al diseño original.
- Necesita de los conocimientos y habilidades del equipo y de DTI's actualizados.

Durante las etapas de:

Diseño
Construcción
Operación de Instalaciones
Realización de cambios mayores

Ventajas

- Incluye múltiples puntos de vista
- En forma estructurada se identifican mayor número de problemas con una visión de equipo.
- Toma en cuenta el error humano
Analiza a detalle el sistema
- En general permite identificar entre el 90 y 99% de los peligros existentes pero sin ser todos "reales"

Desventajas

- El éxito o fracaso depende de la exactitud y actualización de los dibujos, de la información y la habilidad del equipo
- Es un método muy cansado, se requiere en teoría para un nuevo proyecto de 6 meses con sesiones de 9 hrs. semanales en la realidad son 40 hrs. semanales
- No indica las interacciones entre nodos o secciones del sistema.

ARBOL DE FALLAS

Características/Usos:

- + Se enfoca en un evento en particular del accidente
- + Su estructura va del evento a las causas
- + Muestra interrelaciones entre eventos

Durante las etapas de:

- + Diseño: Para detectar fallas escondidas
- + Operación: -Evaluar accidentes potenciales en el sistema
-Detectar fallas en procedimientos o en el operador

Ventajas

- + Uno de los mejores métodos para encontrar las causas de un evento, siguiendo interrelaciones complejas
- + Incorpora el error humano
- + Muestra los efectos aditivos al accidente
- + Incluye consecuencias

Desventajas

- + Requiere de un entendimiento muy completo del caso de estudio.
- + Requiere de entrenamiento para usarlo
- + El árbol puede ser difícil de interpretar ya que diferentes representaciones dan diferentes resultados.
- + Es costoso requiere de mucho tiempo

Cuantitativo

Si se incluye una asignación de rangos en cuanto a fallas

- + El analizador se puede enfocar en las medidas preventivas que reduzcan las casusas de accidentes.
- + Indica los eventos que más contribuyen a provocar el accidente y cuales son los más frecuentes.

- + Requiere del conocimiento de la frecuencia de fallas.

ANÁLISIS DETALLADO POR EL METODO DE CAUSAS Y EFECTOS (FMEA)

Características/Usos:

- + Identifica las fallas independientes o aisladas del proceso
- + Revisión Profunda de las fallas incluyendo sus consecuencias
- + Requiere de diagrama de bloques actualizado

Durante las etapas de:

- + Diseño: Identifica sistemas de protección adicionales
- + Operación: Evalúa fallas individuales para plantas existentes y Análisis detallado durante el proceso
- + Construcción: Evalúa cambios de equipo hecho en campo

Ventajas

- + Revisión Profunda
- + Se analiza cada parte del equipo
- + El mejor método para plantas con mucha instrumentación o computarizadas
- + Entoque intensivo en cuanto a justificación y detección.
- + Incluye consecuencias

Desventajas

- + No detecta errores humanos durante el análisis.
- + No considera la combinación de eventos.
- + Consume mucho tiempo (de 2 a 4 evaluaciones por hora)
- + Es costoso (en proporción al tamaño del sistema)
- + Requiere de experiencia.

Quantitativo

Si se incluye una asignación de rangos en cuanto a fallas

- + Establece rangos críticos para cada falla.
- + Permite conocer el riesgo de cada falla (frecuencia y magnitud).

- + Requiere del conocimiento de la frecuencia de fallas.

ARBOL DE EVENTOS

Características/Usos:

- + Evalúa los accidentes potenciales de :
 - + Fallas específicas del equipo
 - + Error Humano
- + Considera las posibles respuestas del operador y de los sistemas de seguridad.
- + Nos da la secuencia de los eventos del accidente.

Durante las etapas de:

- + Diseño
- + Operación

Ventajas

- + Buen método para evaluar los sistemas de seguridad existentes y los procedimientos de respuesta a emergencias.
- + Proporciona múltiples causas de un sólo evento iniciador
- + Nos da la secuencia de los eventos del Accidente.

Desventajas

- + Requiere de conocimientos del proceso de los eventos iniciadores y de como responderá el sistema.
- + El árbol puede ser muy complejo, costoso y tardado en su elaboración.
- + Dificultades en su interpretación.
- + Se requiere de experiencia para su uso.

Quantitativo

Si se incluye una asignación de rangos en cuanto a fallas

- + El analizador se puede enfocar en las medidas preventivas que reduzcan las casusas de accidentes.
- + Da los rangos de probabilidad de la secuencia del accidente.

- + Requiere del conocimiento de la frecuencia de fallas.

INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION

Quantitativo

Características/Usos

- + *Quantificar el daño probable en incidentes potenciales de fuego y explosión.*
- + *Identificar el equipo que puede contribuir al origen o escalación de un incidente.*
- + *Dar a conocer el potencial de pérdida en el área de proceso.*

Durante las etapas de:

Conceptualización y diseño de instalaciones.

Asignar nivel aproximado de riesgos en plantas existentes.

Ventajas

- + *Util para asignar rangos o valores de riesgo en una planta existente.*
- + *Quantificar el daño probable por fuego o explosión en la planta.*
- + *Estimar el valor de las pérdidas en el área de estudio.*
- + *Identificar el equipo que puede contribuir al origen de un accidente.*
- + *Relativamente fácil de usar para gente con poca experiencia.*

Desventajas

- + *Provee un Rango Relativo de Peligros*
- + *Recomendado para plantas donde se manejan sustancias inflamables y radiactivas.*
- + *Requiere contar con : DTI's actualizados, características del material, relación de costos del equipo de proceso instalado en el área de estudio y conocer las medidas de seg. de la planta.*

INDICE MOND DE FUEGO, EXPLOSION Y TOXICIDAD

Quantitativo

Características/Usos

- + Cuantificar el daño probable en incidentes potenciales de fuego, explosión y toxicidad.
- + Identificar, por secciones, el equipo o sustancia que contribuyen al origen o la escalación de un incidente.
- + Dar a conocer el potencial de pérdida en el área de proceso.

Diseño de instalaciones.

Operaciones.

Realización de Cambios Mayores

Durante las etapas de:

Ventajas

- + Amplia gama de materiales a considerar.
- + Amplio rango de procesos.
- + Rápido y fácil de usar.
- + Estima el valor de las pérdidas en el área de estudio. (Totales).
- + Identifica las secciones más peligrosas y, por tanto, a buscar medidas ingenieriles de seguridad.

Desventajas

- + Se debe seccionar en base a los materiales presentes, cantidad, condiciones de operación y tipo de proceso.
- + La Toxicidad es considerada sólo como un factor de complicación.

ANALISIS DE CRITICIDAD

Características/Usos:

- + *Identifica el rango de los componentes y la forma ascendente del Sistema a analizar.*

Durante las etapas de:

- + *Diseño Preliminar*
- + *Operación de la planta*

Ventajas

- + *Es una técnica bien estandarizada fácil de entender y aplicar.*
- + *No requiere de Matemáticas*
- + *No es costoso*

Desventajas

- + *No toma en cuenta :*
 - + *Errores Humanos*
 - + *Causas comunes de falla*
 - + *Interacciones entre sistemas*
- + *No es un método creativo*

ANALISIS DE CAUSA - CONSECUENCIA

Características/Usos:

- + Establece relaciones lógicas de los posibles efectos dominó. Relativamente fáciles de cuantificar
- + Es una combinación de Arbol de Fallas y Arbol de eventos.

Durante las etapas de:

- + Diseño Preliminar
- + Operación de la planta

Ventajas

- + Identifica la combinación de fallas que nos llevan al evento no desado.
- + Util para toma de decisiones

Desventajas

- + Necesita de habilidad y experiencia
- + Consume mucho tiempo
- + Difícil de usar de manera individual para identificar peligros.

ANALISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS (QRA)

Cuantitativo

Características/Usos

- + Método Predictivo para la Evaluación de Riesgos
- + Sus componentes son:
 - Frecuencia de los Eventos
 - Consecuencias Evaluadas en Magnitud y Severidad

Durante las etapas de:

Identificación de operaciones como altamente peligrosas.

Después de haber aplicado métodos como: HAZOP, FMEA y ¿Qué pasa Si...?

Evaluación del costo de las operaciones disponibles para reducir el riesgo.

Herramienta para evaluar la decisión de los negocios.

Ventajas

- + De los métodos más detallados y sofisticados.
- + Sienta las bases para establecer comparaciones más sólidas.
- + Incluye: Análisis de Consecuencias, Severidad y Criterios para establecer rangos de riesgos en aceptables y no aceptables.
- + Tiene muchos usos.

Desventajas

- + El más Costoso de los métodos.
- + Consume mucho tiempo.
- + Requiere de habilidades especiales. Alta tendencia a ser manipulado en cuanto al establecimiento de criterios.
- + Errores potenciales en cuanto a la comprensión e interpretación de los órdenes de magnitud.

MAGNITUD DE RIESGO (ASIGNACION RAPIDA DE RANGOS)

Quantitativo

Características/Usos

- Examina el riesgo a través de la probabilidad, exposición y consecuencias.
- Establece prioridades en los peligros identificados para costos de la magnitud del riesgo.

Durante las etapas de:

Conceptualización y diseño de instalaciones.

Operación: Evalua prioridades y costos

Ventajas

- Util para asignar rangos o valores de riesgo en una planta existente.
- Sencillo Modelo Matemático fuego o explosión en la planta.
- Dispone de valores pre- establecidos para el cálculo.
- Muestra una justificación económica.
- Relativamente fácil de usar para gente con poca experiencia.

Desventajas

- Provee un Rango Relativo de Peligros
- La interpretación depende del criterio en la asignación arbitraria de los valores.
- Requiere de análisis económico y contable.
- Requiere de Experiencia.
- Sólo se enfoca a ciertos factores técnicos.

NUBES EXPLOSIVAS

Cuantitativo

Características/Usos

- *Cuantificar el daño probable en incidentes potenciales de explosión.*
- *Identificar el área de afectación*

Durante las etapas de:

Diseño de instalaciones.

Operaciones.

Realización de Cambios Mayores

Ventajas

- *Identifica las secciones más peligrosas.*
- *Aplicable a un amplio rango de procesos.*
- *Rápido y fácil de usar.*
- *Dimensiona la extensión del daño*

Desventajas

- *Requiere de amplia experiencia en el manejo de datos prácticos y técnicos de los productos.*
- *Requiere de un conocimiento preciso de las condiciones atmosféricas del lugar o bien de una estación meteorológica.*
- *Los sistemas integrales de éste cálculo regularmente son costosos.*

ANALISIS DEL ERROR HUMANO

Características/Usos:

- Herramienta útil para identificar y evaluar maneras de reducir los errores humanos durante la operación y mantenimiento
- Identificar las causas y situaciones más frecuentes de los errores humanos en el trabajo.

Durante las etapas de:

Plantas en Operación
Mantenimiento
Como una política de la compañía
Incluir dentro de los programas regulares de Seguridad

Ventajas

- Considera la interacción operador/Maquina/otros operadores y la manera de minimizar el peligro
- Considera la estrategia para mejorar el desempeño humano
- Involucra a los empleados en la identificación de factores que obstaculizan su desempeño
- Identifica las acciones humanas que pueden hacer que falle el sistema
- Identifica errores humanos potenciales asociados a tareas específicas

Desventajas

- No garantiza que se hallan tomado en cuenta todos los errores humanos ni todo lo que afecte el comportamiento humano, ni los factores de recuperación
- Es subjetivo, los resultados dependen de las suposiciones de los analistas
- Un mismo problema con datos y modelos idénticos, puede generar respuestas diversas analizado por diversos expertos o el mismo experto en momentos distintos
- Consume mucho tiempo

VENTAJAS DE CONTAR CON UNA ESTRUCTURA DE EVALUACION DE RIESGOS

A) *Organización Involucrada en prevención de riesgos y en mantener conciencia y actitud hacia seguridad*

B) *Conocimiento del proceso desde el punto de vista de seguridad: Optimización de protecciones y de procedimientos de operación*

C) *Capacitación del personal en operación segura del proceso*

D) *Garantizar la continuidad del proceso*

E) *Identificar las Medidas para :*

- Eliminar o reducir los riesgos identificados*
- Hacer el sistema más seguro*

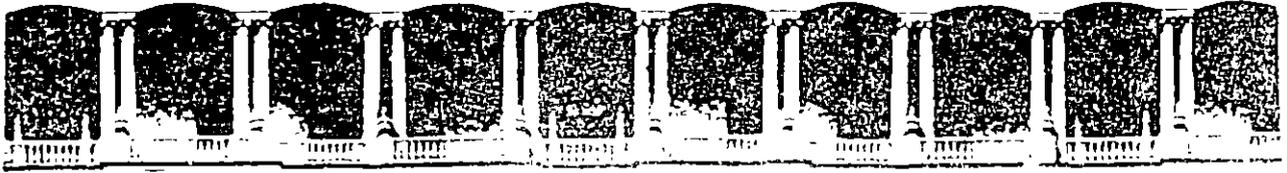
CONCLUSIONES

- El análisis de peligros y evaluación de riesgos hoy en día es una necesidad en toda industria competitiva, ya que a mediano y a largo plazo representa una inversión que permite la permanencia de las unidades productivas y por lo tanto de los negocios.

- ⇒ Por otro lado nos da la perspectiva de poder tomar medidas de seguridad específicas para la minimización de los peligros/riesgos existentes.

- ➔ El desarrollo y aplicación de éstos métodos nos da resultados en diferentes niveles de afectación, por lo que debemos ser objetivos al identificar el (los) evento(s) máximo(s) creible(s), sobre todo aquellos con potencial de afectación a la comunidad o los que pueden resultar en una catástrofe o evento de pérdida mayor.

- ➔ Cada empresa debe establecer los criterios para definir cuales son los "peligros/riesgos inaceptables" para sus diversos centros de trabajo y darles un manejo prioritario en función de:
 - ✓ La afectación a las personas
 - ✓ La afectación al medio ambiente
 - ✓ Costo-Beneficio de la operación



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

FIRE & EXPLOSION INDEX
HAZARD CLASSIFICATION GUIDE

FIRE & EXPLOSION INDEX HAZARD CLASSIFICATION GUIDE

6th Edition
May 1987



PREFACE TO THE SIXTH EDITION

This edition reflects experience gained in applying the procedures specified in previous editions (particularly the Fifth Edition) to a great number of risk analyses in process plants. This edition incorporates numerous text and application changes, including revisions of three penalty charts to make them more representative of actual process conditions.

Improvements embodied in the present edition include:

- a) Adjustments to the determination of the Material Factor (MF) to represent the probable effects of temperature and reactivity more accurately.
- b) Addition of a Toxicity Penalty to reflect possible emergency response complications.
- c) Simplification of the Credit Factor determination.
- d) Clearer definition of Process Hazard Penalties to make them more readily applicable to current process situations.
- e) Definition of the Risk Analysis Package, including Business Interruption Risks.
- f) Use of many examples to demonstrate how the various components of an F&EI calculation are used.

TABLE OF CONTENTS

Introduction: The Fire & Explosion Index System	3
Procedure for Risk Analysis Calculation	4
Selection of Pertinent Process Units	9
Determine Material Factor	11
Contributing Hazard Factors	15
General Process Hazards	16
Special Process Hazards	19
Determine Unit Hazard Factor	31
Determine Fire and Explosion Index	32
Loss Control Credit Factors	33
Determine Unit Damage Factor	40
Determine Area of Exposure	41
Value of Area of Exposure and Base Maximum Probable Property Damage	43
Actual Maximum Probable Property Damage	44
Maximum Probable Days Outage	45
Plant Risk Analysis Summary	47
Risk Analysis Package	48
Maximum Probable Property Damage — General	49
 Tables	
I — Material Factor Determination Guide	13
II — Dust Explosion Penalty	20
III — Hot Oil Heat Exchange System Penalty	30
 Figures	
1 — Procedure for Calculating Unit Hazard Factor	5
2 — Pressure Penalty for Flammable and Combustible Liquids	22, 67
3 — Liquids or Gases in Process	24, 68
4 — Liquids or Gases in Storage	25, 69
5 — Combustible Solids in Storage/Dust Encountered in Process	27, 70
6 — Fired Equipment Penalty (When Located in Process Plant)	29, 71
7 — Damage Factor	40, 72
8 — Area (Radius) of Exposure	41, 73
9 — Maximum Probable Days Outage	46, 74
 Exhibits	
A — Fire and Explosion Index Form	6
B — Loss Control Credit Factors — Unit Analysis Summary	7
C — Plant Risk Analysis Summary	8
 Appendices	
A — Material Factors	50
B — Determination of Material Factor by Calculation/Testing	57
C — Basic Preventive and Protective Features	60
D — Loss Prevention Checklist	62

INTRODUCTION: THE FIRE AND EXPLOSION INDEX SYSTEM

The Fire and Explosion Risk Analysis Program is a step-by-step objective evaluation of the realistic fire, explosion, and reactivity potential of process equipment and its contents. The quantitative measures employed in the analysis are based on historic loss data, the energy potential of the material under study, and the extent to which loss prevention practices are currently applied.

In short, the purpose of the F&EI system is to:

1. **QUANTIFY** the expected damage of potential fire and explosion incidents in realistic terms.
2. **IDENTIFY** equipment that would be likely to contribute to the creation or escalation of an incident.
3. **COMMUNICATE** the F&E risk potential to management.

Beneath all the numbers, graphs, and figures, however, lies the most important goal of the F&EI Program — **TO MAKE YOU AWARE OF THE LOSS POTENTIAL OF YOUR OWN PROCESS AREA** and to help you identify ways to lessen the severity and resultant dollar loss of potential incidents in an efficient and cost effective manner.

Insurance company assessments of potential exposures are typically based on the worst imaginable incident. They might anticipate, for example, that the complete contents of a reactor dump could vaporize instantaneously and ignite, and their insurance loss estimates, which are determined in part from this kind of analysis, can be extremely large. From a realistic point of view, this kind of situation will seldom, if ever, occur.

The Dow F&EI system attempts to determine the **realistic** maximum loss that can occur to a process plant or related facility — a loss that could **actually** be experienced under the most adverse operating conditions, and the calculation is based on quantifiable data. Finite spill rates, process temperature in relation to material flash points and boiling points, and material chemistry are just a few of the many components of a probable incident that are studied and evaluated.

Although the F&EI system is primarily designed for any operation in which a flammable, combustible, or reactive material is stored, handled, or processed, it may also be used in analyzing the loss potential of sewage treating facilities, distribution systems, pipelines, rectifiers, transformers, boilers, and certain elements of power plants. The system can also be used for risk evaluations of very small processes with small inventories of potentially hazardous materials: its application on pilot plants is strongly recommended.

A WORD OF CAUTION is in order for those planning to use the F&EI system for the risk evaluation of such facilities. Common sense and good judgment must be used during the actual calculation and in the interpretation of its results. Process hazards that contribute to the magnitude of losses have been quantified as "penalties" to provide factors for computation, but not every penalty may be applicable to a specific situation and some may have to be modified. Your Loss Prevention Contact can serve as a valuable resource person who can assist you in the calculations.

PROCEDURE FOR RISK ANALYSIS CALCULATIONS

1. To develop an F&EI and Risk Analysis Summary, you should have:

- a) An accurate plot plan of the plant;
- b) A process flow sheet;
- c) An F&EI Hazard Classification Guide, Sixth Edition;
- d) An F&EI Form (Exhibit A, page 6 — F&EI, Sixth Edition);
- e) A Unit Analysis Summary (Exhibit B, page 7 — F&EI, Sixth Edition);
- f) A Plant Risk Analysis Summary (Exhibit C, page 8 — F&EI, Sixth Edition);
- g) A cost data for the installed process equipment under study.

Figure 1, page 5, is a schematic overview of the F&EI calculation procedure. You may find this chart helpful as you proceed through the guide.

2. Identify on the plot plan any Process Units that are considered pertinent to the process and that would have the greatest impact on the magnitude of a fire or explosion.
3. Determine the Material Factors (MF) for each Process Unit. MF's for the particular compound in the Process Unit can be obtained from Table 1, page 13, or Appendices A or B, page 50 or 57.
4. Evaluate each of the Contributing Hazard Factors listed on the F&EI form, page 6, under "GENERAL PROCESS HAZARDS" and "SPECIAL PROCESS HAZARDS" and apply the appropriate penalties.
5. The product of the General Hazard Factor and the Special Hazard Factor represents the "UNIT HAZARD FACTOR," which measures the degree of hazard exposure of the Process Unit. The Unit Hazard Factor is used with the Material Factor to determine the "DAMAGE FACTOR," which represents the degree of loss exposure. See Figure 7, page 40.
6. The product of the Unit Hazard Factor and the Material Factor represents the "F&EI." This is used to determine the "AREA OF EXPOSURE" surrounding the Process Unit being evaluated. See Figure 8, page 41.
7. Determine the dollar value of all equipment within the Area of Exposure. This value is used to obtain the "BASE MAXIMUM PROBABLE PROPERTY DAMAGE" (Base MPPD).
8. The Base MPPD can be reduced to an Actual MPPD by applying various "CREDIT FACTORS" and/or by relocating certain high value equipment outside the Area of Exposure.
9. The Actual MPPD represents the probable loss in an incident of reasonable magnitude with reasonable (not perfect) functioning of all protective equipment and features. If the functioning of the protective features is less than reasonable, then the magnitude of Actual MPPD will tend towards the Base MPPD.
10. The Actual Maximum Probable Property Damage (Actual MPPD) is used to obtain the Maximum Probable Days Outage (MPDO). Business interruption can be calculated from these data. See Figure 9, page 46.

Each of the steps given above is outlined and explained in the following pages of this Guide. Appendix C, page 60, Basic Preventive and Protective Features and Appendix D, page 62, Loss Prevention Checklist, are also provided for use in assessing the important loss control areas in a plant.

**Figure 1 — Procedure for Calculating Unit Hazard Factor
F&E Index — MPPD & MPDO**

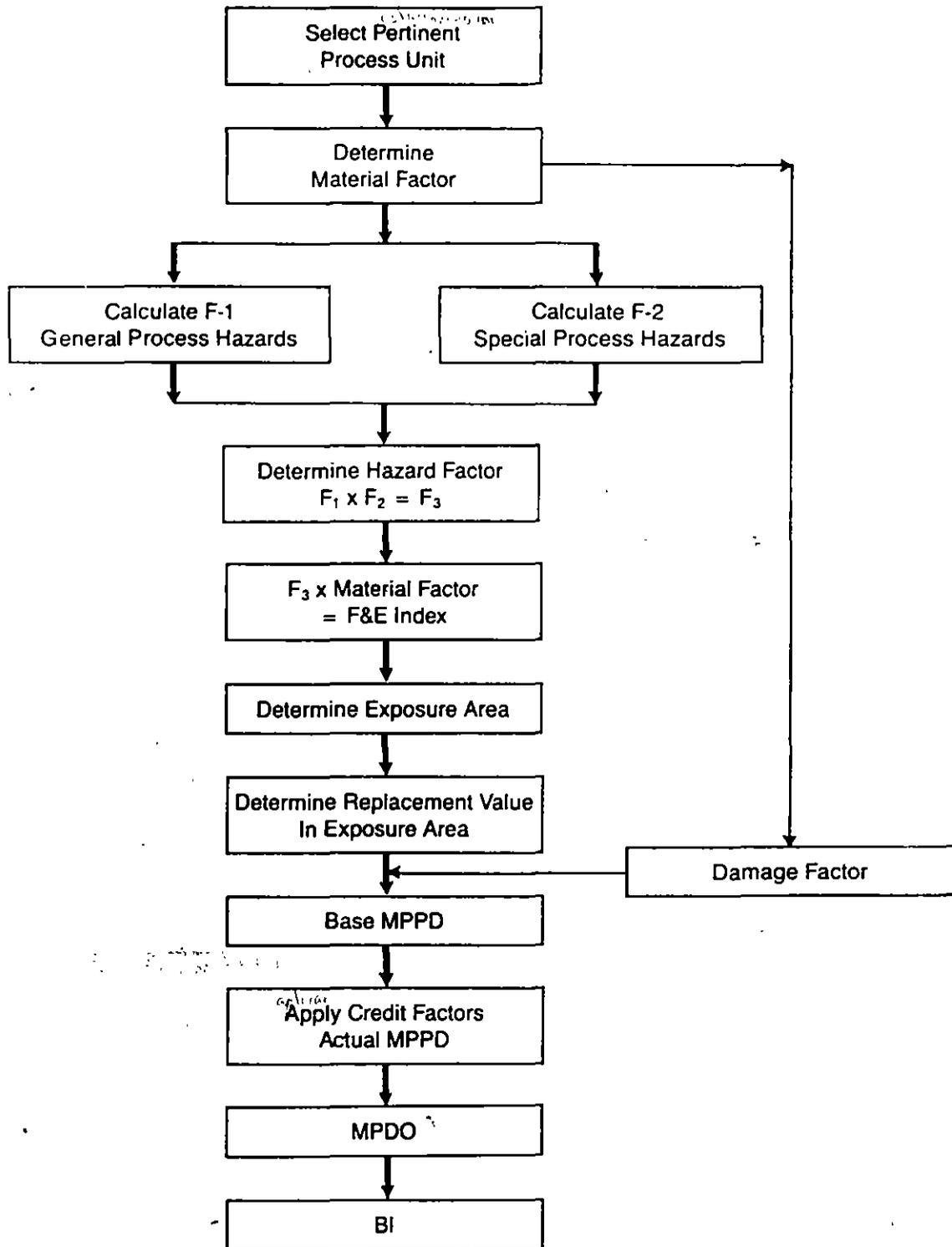


EXHIBIT A

FIRE AND EXPLOSION INDEX



LOCATION	DATE
----------	------

PLANT	PROCESS UNIT	EVALUATED BY	REVIEWED BY
-------	--------------	--------------	-------------

MATERIALS AND PROCESS

MATERIALS IN PROCESS UNIT

STATE OF OPERATION <input type="checkbox"/> START-UP <input type="checkbox"/> SHUT-DOWN <input type="checkbox"/> NORMAL OPERATION	BASIC MATERIAL(S) FOR MATERIAL FACTOR
--	---------------------------------------

MATERIAL FACTOR (SEE TABLE I OR APPENDICES A OR B) Note requirements when unit temperature over 140 F

	PENALTY	PENALTY USED
1. GENERAL PROCESS HAZARDS		
BASE FACTOR	1.00	1.00
A. EXOTHERMIC CHEMICAL REACTIONS (FACTOR .30 to 1.25)		
B. ENDOTHERMIC PROCESSES (FACTOR .20 to .40)		
C. MATERIAL HANDLING & TRANSFER (FACTOR .25 to 1.05)		
D. ENCLOSED OR INDOOR PROCESS UNITS (FACTOR .25 to .90)		
E. ACCESS	.35	
F. DRAINAGE AND SPILL CONTROL (FACTOR .25 to .50) _____ Gals		
GENERAL PROCESS HAZARDS FACTOR (F ₁)		
2. SPECIAL PROCESS HAZARDS		
BASE FACTOR	1.00	1.00
A. TOXIC MATERIAL(S) (FACTOR 0.20 to 0.80)		
B. SUB-ATMOSPHERIC PRESSURE (< 500 mm Hg)	.50	
C. OPERATION IN OR NEAR FLAMMABLE RANGE <input type="checkbox"/> INERTED <input type="checkbox"/> NOT INERTED		
1. TANK FARMS STORAGE FLAMMABLE LIQUIDS	.50	
2. PROCESS UPSET OR PURGE FAILURE	.30	
3. ALWAYS IN FLAMMABLE RANGE	.80	
D. DUST EXPLOSION (FACTOR .25 to 2.00) (SEE TABLE II)		
E. PRESSURE (SEE FIGURE 2) OPERATING PRESSURE _____ psig RELIEF SETTING _____ psig		
F. LOW TEMPERATURE (FACTOR .20 to .30)		
G. QUANTITY OF FLAMMABLE/UNSTABLE MATERIAL QUANTITY _____ lbs. H _c = _____ BTU/lb		
1. LIQUIDS, GASES AND REACTIVE MATERIALS IN PROCESS (SEE FIG. 3)		
2. LIQUIDS OR GASES IN STORAGE (SEE FIG. 4)		
3. COMBUSTIBLE SOLIDS IN STORAGE, DUST IN PROCESS (SEE FIG. 5)		
H. CORROSION AND EROSION (FACTOR .10 to .75)		
I. LEAKAGE - JOINTS AND PACKING (FACTOR .10 to 1.50)		
J. USE OF FIRED HEATERS (SEE FIG. 6)		
K. HOT OIL HEAT EXCHANGE SYSTEM (FACTOR .15 to 1.15) (SEE TABLE III)		
L. ROTATING EQUIPMENT	.50	
SPECIAL PROCESS HAZARDS FACTOR (F ₂)		
UNIT HAZARD FACTOR (F ₁ x F ₂ = F ₃)		
FIRE AND EXPLOSION INDEX (F ₁ x MF = F & EI)		

EXHIBIT B

LOSS CONTROL CREDIT FACTORS

1. Process Control (C₁)

- | | | | |
|-----------------------|------------|--|------------|
| a) Emergency Power | .98 | f) Inert Gas | .94 to .96 |
| b) Cooling | .97 to .99 | g) Operating Instructions/
Procedures | .91 to .99 |
| c) Explosion Control | .84 to .98 | h) Reactive Chemical Review | .91 to .98 |
| d) Emergency Shutdown | .96 to .99 | | |
| e) Computer Control | .93 to .99 | | |

C₁ Total _____ *

2. Material Isolation (C₂)

- | | | | |
|--------------------------|------------|--------------|------------|
| a) Remote Control Valves | .96 to .98 | c) Drainage | .91 to .97 |
| b) Dump/Blowdown | .96 to .98 | d) Interlock | .98 |

C₂ Total _____ *

3. Fire Protection (C₃)

- | | | | |
|---------------------|------------|--------------------------------|------------|
| a) Leak Detection | .94 to .98 | f) Sprinkler Systems | .74 to .97 |
| b) Structural Steel | .95 to .98 | g) Water Curtains | .97 to .98 |
| c) Buried Tanks | .84 to .91 | h) Foam | .92 to .97 |
| d) Water Supply | .94 to .97 | i) Hand Extinguishers/Monitors | .95 to .98 |
| e) Special Systems | .91 | j) Cable Protection | .94 to .98 |

C₃ Value _____ *

Credit Factor = C₁ X C₂ X C₃ = _____ Enter on Line D Below

UNIT ANALYSIS SUMMARY

A-1 (F & EI)	_____	
A-2 Radius of Exposure	_____	ft.
A-3 Value of Area of Exposure	_____	\$MM _____
B Damage Factor	_____	
C Base MMPD (A-3 X B)	_____	\$MM _____
D Credit Factor	_____	
E Actual MMPD (C X D)	_____	\$MM _____
F Days Outage (MPDO)	_____	days
G Business Interruption Loss (BI)	_____	\$MM _____

Product of all factors used.

SELECTION OF PERTINENT PROCESS UNITS

The F&EI calculation is intended as a tool to help you determine the areas of greatest loss potential in a particular process. It also enables you to predict the physical damage that would occur in the event of an incident and the losses to be expected from business interruption.

To employ the F&EI calculation effectively, you must first follow an efficient, logical procedure to determine which units within the plant should be studied.

For the purposes of the F&EI Guide, a **PROCESS UNIT** is defined as any primary item of process equipment. The following **Process Units** could be identified in a furnace/quench section of a VCM/EDC plant: EDC preheater, EDC evaporator, furnace, quench column, EDC absorber, and tarpot.

The process area of an S/B latex plant could have the following **Process Units**: monomer mix feed prep, reactors, strippers, monomer recovery, aqueous room, and styrene scrubber.

A warehouse may also be treated as a **Process Unit**. In particular, the materials stored within a fire-walled area, or within the total storage area where fire walls are not provided, would constitute a **Process Unit**.

It is quite clear that most plants have many **Process Units**. To calculate the Fire and Explosion Index, however, only **Process Units** that could have an impact on the process from a **Loss Prevention** standpoint should be evaluated. These are known as "**Pertinent Process Units**."

Important factors for selecting **Pertinent Process Units** include:

- a) Chemical energy potential (Material Factor),
- b) Quantity of hazardous material in the **Process Unit**,
- c) Capital density (dollars per square foot),
- d) Process pressure and process temperature,
- e) Past history of problems that could be conducive to a fire and explosion incident.

Generally, the greater the magnitude of any of these factors, the greater the likelihood that the **Process Unit** needs to be evaluated.

The destruction in an incident of scarce, critical, or one-of-a-kind equipment in or near a **Process Unit** could produce many days of downtime. Even with minimal actual fire and explosion damage, this could create high losses due to business interruption. Another valid criterion for selecting **Pertinent Process Units** would be the loss of such critical equipment.

There are no hard and fast rules governing the choice of **Process Units** for evaluation. For help in determining which pieces of equipment have the greatest potential for fire and explosion, you can consult Technology Center manuals, experienced plant engineers, or others with past process experience.

A. Important Considerations

1. The Fire and Explosion Index system assumes that a **Process Unit** handles a minimum of 5,000 pounds, or about 600 gallons of a flammable, combustible, or reactive material. If less material is involved (in a pilot plant, for example), the RISK WILL BE OVERSTATED. As a general rule, F&EI calculations can provide meaningful results for pilot plants only if they handle at least 1000 pounds or about 120 gallons of combustible or reactive material.
2. Careful consideration is needed when equipment is arranged in series and the items are NOT effectively isolated from each other. (An example would be a reaction train without an intermediate pump.) In such situations, the TYPE of process determines whether the whole train or just a single vessel should be considered as the **PROCESS UNIT**.

In a polystyrene train, for example, where the main hazard is from unreacted material in the first stage reactor, it is inappropriate to apply any penalties for vacuum operation in the flash tank or devolatilizer (which is effectively the third or fourth stage) because IT IS INCONCEIVABLE TO HAVE BOTH HAZARDS OCCURRING AT THE SAME POINT IN THE PROCESS. In this case, it would be reasonable to carry out two separate F&EI calculations, treating the first stage and fourth stage reactors as separate **Process Units**.

It should rarely be necessary to calculate the F&EI for more than three or four **Process Units** in a single **PROCESS AREA** of a plant. The number of process areas will vary according to the type of process and the configuration of the plant.

A separate F&EI form (Exhibits A and B, pages 6 and 7) must be completed for each **Process Unit** evaluated. The results of each calculation must also be listed on the Plant Risk Analysis Summary (Exhibit C, page 8).

3. It is also important to give careful consideration to the state or stage of the operation. By their nature, such normal stages as start-up, steady-state operation, shutdown, filling, emptying, adding catalyst, etc., often created unique conditions having an impact on the F&EI. Generally, good judgment will enable you to select the stage of operation on which to perform the F&EI calculation, but occasionally more than one stage will have to be studied in determining the significant risk.

DETERMINE MATERIAL FACTOR

The Material Factor (MF) is the basic starting value in the computation of the F&EI and other risk analysis values. The MF is a measure of the intrinsic rate of potential energy release from fire or explosion produced by combustion or other chemical reaction.

The MF is obtained from N_f and N_r . The N_f and N_r are NFPA "signals" expressing flammability and reactivity (or instability) respectively, as discussed below under "Unlisted Substances."

Generally, N_f and N_r are for ambient temperatures. It is recognized that the fire and reaction hazards of a material increase markedly with temperature. The fire hazard from a combustible liquid at a temperature above its flash point is equivalent to that from a flammable liquid at ambient temperature. Reaction rates also increase very markedly with temperature. If the temperature of the material on which the MF is based is over 140°F, a certain adjustment may be required, as discussed below under "Temperature Adjustment of Material Factor."

Appendix A provides a listing of MF's for a number of chemical compounds and materials, and these values will be used in most cases. If Appendix A does not list the material, N_f and N_r may possibly be found in NFPA 325M or NFPA 49 adjusted for temperature if appropriate, and used with Table I to determine the MF. If the material is a combustible dust, use the St number rather than the N_f .

A. Unlisted Substances

If neither Appendix A nor NFPA 325 M contains values for the substance, mixture, or compound in question, you will have to determine the flammability value (N_f) or dust class (St). (See Table I, page 13.) First, you will have to establish the parameters shown in the left column of the table. The N_f of liquids and gases is obtained from flash point data and the St of dusts or mists is determined by dust explosion testing. The N_f of combustible solids depends on the nature of the material as categorized in the left column.

The reactivity value (N_r) can be obtained from a qualitative description of the instability (or reactivity with water) of the substance, mixture, or compound at ambient temperature, as follows:

- $N_r = 0$ Substance is completely stable, even when heated under fire conditions
- $N_r = 1$ Mild reactivity upon heating with pressure
- $N_r = 2$ Significant reactivity, even without heating or pressure
- $N_r = 3$ Detonation possible with confinement
- $N_r = 4$ Detonation possible without confinement

Note that reactivity includes self-reactivity (instability) and reactivity with water.

The reactivity value (N_r) can be obtained more objectively by using the peak temperature of the lowest DTA (Differential Thermal Analysis) or DSC (Differential Scanning Calorimeter) exotherm value as follows:

Exotherm, degrees C	N_r
> 400	0
305 to 400	1
215 to 305	2
125 to 215	3
< 125	4

There are some exceptions:

1. If the exotherm peak results in $N_f = 4$, but the substance, mixture, or compound is not shock-sensitive, make $N_f = 3$.
2. If the substance or compound is an oxidizer, increase N_f by one (but not over $N_f = 4$).
3. Any shock-sensitive material must be $N_f = 3$ or $N_f = 4$, depending on exotherm temperature.
4. If the N_f obtained seems inconsistent with known properties of the substance, mixture, or compound, additional reactive chemicals testing should be done.

Once you have obtained the N_f or St and determined the N_f , the resulting N_f (or St) and N_f are used with Table I to determine the MF. Make the necessary adjustments as discussed below under "Temperature Adjustment of Material Factor."

B. Mixtures

Mixtures of various kinds can be troublesome under certain conditions. Normally, materials that react violently — fuel and air, or hydrogen and chlorine, for example — are mixed under controlled conditions. The reactions generally take place continuously and rapidly, producing nonflammable, stable products that are safely contained within a Process Unit such as a reactor. The combustion of fuel and air in a furnace is a good example of this sort of controlled reaction. However, since "flame-outs" and other breakdowns can still occur, the MF should be based on the initial reactive mixture, which fits the description of "most hazardous material present during a realistic operating scenario." For additional information see Appendix B, page 57.

Mixtures of solvents or of a solvent with a reactive material can also create troublesome situations. Generally, the MF for such mixtures should be obtained from reactive chemical testing data, as recommended in Appendix B.

If you do not have access to reactive chemical testing data, you can obtain a satisfactory approximation by using the MF of the component with the highest MF value.

One particularly troublesome mixture is the "hybrid." This is a mixture of combustible dust and flammable gas, which can form an explosive mixture in air. The Material Factor must adequately reflect the material hazard present in this UNIQUE SITUATION, and reactive chemical testing data MUST be employed to determine the proper MF.

TABLE 1 — Material Factor Determination Guide

		Reactivity or Instability				
¹ LIQUIDS AND GASES Flammability or Combustibility	NFPA 325M or 49	N _r = 0	N _r = 1	N _r = 2	N _r = 3	N _r = 4
² Non-combustible	N _r = 0	1	14	24	29	40
F.P. > 200°F	N _r = 1	4	14	24	29	40
F.P. ≥ 100°F < 200°F	N _r = 2	10	14	24	29	40
F.P. < 100°F B.P. ≥ 100°F	N _r = 3	16	16	24	29	40
F.P. < 73°F B.P. < 100°F	N _r = 4	21	21	24	29	40
³ COMBUSTIBLE DUST OR MIST						
St-1 (K _{St} ≤ 200 bar m/sec.)		16	16	24	29	40
St-2 (K _{St} = 201-300 bar m/sec.)		21	21	24	29	40
St-3 (K _{St} > 300 bar m/sec.)		24	24	24	29	40
COMBUSTIBLE SOLIDS						
⁴ Dense > 40mm thick	N _r = 1	4	14	24	29	40
⁵ Open < 40mm thick	N _r = 2	10	14	24	29	40
⁶ Foam, fiber, powder, etc.	N _r = 3	16	16	24	29	40

F.P. = Flash Point, closed cup

B.P. = Boiling Point at Standard Temperatures and Pressure (STP)

Notes:

¹Includes volatile solids.

²Will not burn in air when exposed to a temperature of 1500°F for a period of five minutes.

³K_{St} values are for a 16 liter or larger closed test vessel with strong ignition source. See NFPA 68, Guide for Venting of Deflagrations.

⁴Includes wood 2" nominal thickness, magnesium ingots, tight stacks of solids, and tight rolls of paper or plastic film.
Example: SARAN WRAP*.

⁵Includes coarse granular material such as plastic pellets, rack storage, wood pallets, and non-dusting ground material such as polystyrene.

⁶Includes rubber goods such as tires and boots. STYROFOAM* brand plastic foam and fine material such as METHOCEL* cellulose ethers in dust/leak-free packages.

* Trademark of The Dow Chemical Company

C. Temperature Adjustment of Material Factor

It is important to recognize that the MF represents the hazard of the selected material at **ambient temperature and pressure**. The effect of pressure is discussed in detail later under "Special Process Hazards." If the Process Unit temperature is above 140°F (60°C), the MF itself will require adjustment. This is done as follows:

MATERIAL FACTOR	N _f	St	N _r
a. Enter N _f (St — for dusts) and N _r			
b. If temperature below 140°F (60°C), go to "e"			
c. If temperature above flash point, enter "1" under N _f			
d. If temperature above exotherm start (see paragraph below) or autoignition, enter "1" under N _r			
e. Add each column, but enter 4 where total is 5			
f. Using "e" and Table I, determine Material Factor (MF) and enter on F&EI Form — Exhibit A			

NOTE: 140°F. can be reached in storage due to layering and solar heat.

Flash point and autoignition data are generally available and understood, but "**Exotherm Start**" requires explanation. **Exotherm Start** is the temperature at which a heat-generating chemical reaction is first detected in Accelerating Rate Calorimetry (ARC) or similar calorimeter. **Exotherm Start** can be estimated from data secured by Differential Thermal Analysis (DTA) or Differential Scanning Calorimetry (DSC) either by a) subtracting 70°C from the first exotherm start temperature or b) subtracting 100°C from the first exotherm peak temperature. The use of a) is preferred. Of course, if the "real" exotherm start temperature is known from operating experience (with a reactor in a plant, for example), the "real" temperature should be used.

If the Process Unit is a reactor, the exotherm due to the intended reaction is disregarded for purposes of temperature adjustment due to reactivity.

Example:

DOWTHERM*, a heat transfer fluid, has a flash point of 255°F (124°C) and an autoignition temperature of 1150°F (621°C). It has no DSC exotherm below 752°F (400°C) (the usual limit of testing). When in drums in storage it has an MF of 4 (N_f = 1 and N_r = 0). When used, say, as a solvent above 140°F (60°C), the MF is still 4, up to 255°F (124°C). When it is used at temperatures above its flash point of 255°F (124°C), its N_f is increased to 2, making the MF = 10.

*Trademark of The Dow Chemical Company

CONTRIBUTING HAZARD FACTORS

After the appropriate Material Factor has been determined, the next step is to calculate the **Unit Hazard Factor** (F_3), which is the term that is multiplied by the Material Factor to obtain the F&EI.

The numerical value of the **Unit Hazard Factor** is determined by reviewing each of the CONTRIBUTING HAZARDS listed on the F&EI form (Exhibit A) under the headings GENERAL PROCESS HAZARD (F_1) and SPECIAL PROCESS HAZARD (F_2). Each item listed as a Contributing Hazard is considered to be a factor contributing to the development or escalation of an incident that could cause a fire or an explosion.

When calculating the penalties comprising the **Unit Hazard Factor** F_3 , pick a single specific instant in time during which the material represented by the MF is associated with the **Process Unit** in the most hazardous NORMAL OPERATION STATE. Startup, general operation and shutdown are among the operational states that may be considered.

This rather strict definition is intended to prevent double or triple counting of hazards occurring during the process. Since the MF is taken to be that of the **most hazardous** substance present in the **Process Unit**, you can be certain that your Fire and Explosion analysis will really be based upon a "worst case" when you focus on the most hazardous operational point involving the MF; and this will be a realistic worst case — one that could **actually occur**.

In the F&EI system, only one hazard may be evaluated at a time. If the MF is based on a flammable liquid present in the **Process Unit**, DO NOT TAKE PENALTIES RELATING TO COMBUSTIBLE DUSTS, even though dust may be present at a different time. A reasonable approach might be to evaluate the **Process Unit** once using the MF of the flammable liquid and a second time using the MF of the dust, submitting only the **higher** exposure or higher F&EI calculated.

One **important exception** is the HYBRID described previously under "Mixtures." If a hybrid mixture is selected as the most hazardous material present, it is penalized both as a dust and as a flammable vapor in the Contributing Hazard Factor sections of this manual.

Some items on the F&EI form have fixed penalty values. For those that do not, determine the appropriate penalty by consulting the text that follows:

REMEMBER — ANALYZE ONLY ONE HAZARD AT A TIME, relating your analysis to a specific, most hazardous time (e.g., startup, normal operation, or shutdown). **Keep your focus on the specific Process Unit and Material Factor selected for analysis and keep in mind that the results of your calculation are only as valid as the consistency of your penalty assessments.**

GENERAL PROCESS HAZARDS

General Process Hazards are factors that play a primary role in determining the magnitude of a loss incident.

The six items listed in this section as CONTRIBUTING HAZARDS are applicable to most process situations. Although it may not be necessary to take penalties for each part of this section, these items have historically played large roles in fire and explosion incidents, and careful evaluation of your particular Process Unit is of **paramount** importance.

REMEMBER, to evaluate the exposure risk of any Process Unit **realistically**, you must apply each GENERAL PROCESS HAZARD PENALTY under the **most hazardous normal operating conditions** that might occur during the association of a specific Material Factor with the Process Unit being analyzed.

A. Exothermic Chemical Reactions

Take this penalty **only** if the Process Unit in question is a reactor in which a chemical reaction takes place.

1. MILD EXOTHERMS require a **penalty of 0.30**. Examples include:
 - a) **Hydrogenation** — Addition of hydrogen atoms to both sides of a double or triple bond.
 - b) **Hydrolysis** — Reaction of a compound with water, as in the manufacture of sulfuric or phosphoric acids from oxides.
 - c) **Isomerization** — Rearrangement of the atoms of an organic molecule such as a change from a straight chain to a branched molecule.
 - d) **Sulfonation** — Introduction of an SO_3H radical into an organic molecule through reaction with H_2SO_4 .
 - e) **Neutralization** — Reaction between an acid and a base to produce a salt and water, or of a base and an alcohol to produce the corresponding alcoholate and water.
2. MODERATE EXOTHERMS require a **penalty of 0.50**. Examples include:
 - a) **Alkylation** — Addition of an alkyl group to a compound to form various organic compounds.
 - b) **Esterification** — Reaction between an organic acid and an alcohol.
 - c) **Addition reactions** — Reactions occurring between inorganic acids and unsaturated hydrocarbons. **When the acid is a strongly reactive material, increase the penalty to 0.75.**
 - d) **Oxidation** — Combination of substances with oxygen by combustion, releasing CO_2 and H_2O , or a controlled reaction of some substances with oxygen that does not result in CO_2 and H_2O . For combustion processes and where vigorous oxidizing agents such as chlorates, nitric acid, hypochlorous acids and salts are used, **increase the penalty to 1.00.**
 - e) **Polymerization** — Joining together of molecules to form chains or other linkages.
 - f) **Condensation** — Joining together of two or more organic molecules with the splitting off of H_2O , HCl , or other compounds.
3. CRITICAL-TO-CONTROL EXOTHERMS require a **penalty of 1.00**. These are a class of reactions in which a significant fire and explosion potential would exist if control was lost. Example:
 - a) **Halogenation** — Introduction of a halogen or halogens into an organic molecule.
4. PARTICULARLY SENSITIVE EXOTHERMS, which are quite hazardous exothermic reactions, require a **penalty of 1.25**. Example:
 - a) **Nitration** — The replacement of a hydrogen atom in a compound with a nitro group.

B. Endothermic Processes

A **penalty of 0.20** is taken for any endothermic process taking place in a reactor. **NOTE: THIS PENALTY APPLIES ONLY TO REACTORS.** When the energy input for the endothermic process is provided by the combustion of a solid, liquid, or gaseous **fuel**, the **penalty is increased to 0.40**. Examples include:

1. **Calcination** — Heating a material to remove chemically bonded water or other volatile material. This generally requires a **penalty of 0.40**.
2. **Electrolysis** — Separation of ions by means of an electric current. This generally requires a **penalty of 0.20**.
3. **Pyrolysis or Cracking** — Thermal decomposition of large molecules by use of high temperatures, high pressures, and a catalyst. The **penalty is 0.20** for electric or remote hot gas heat or **0.40** for direct fired heat.

C. Material Handling and Transfer

This item is evaluated with regard to the potential for fire involving the pertinent Process Unit during the handling, transfer, and warehousing of materials.

1. Any loading or unloading operation involving Class I flammables or LPG-type materials where transfer lines are connected and disconnected receives a **penalty of 0.50**.
2. Where the introduction of air during manual addition of some ingredients into centrifuges, batch reactors, or batch mixers may create a flammability or reactivity hazard, a **penalty of 0.50** is applied. **NOTE:** These penalties apply whether or not the equipment vapor space is inerted.
3. Ranges of penalties based on material fire hazards are applied to warehouse storage or yard storage of various items.
 - a) A **penalty of 0.85** is applied for $N_f = 3$ or 4 flammable liquids or gases. This category includes drums, cylinders, and aerosol cans.
 - b) A **penalty of 0.65** is applied for $N_f = 3$ combustible solids as identified in Table I, page 13.
 - c) A **penalty of 0.40** is applied for $N_f = 2$ combustible solids as identified in Table I.
 - d) A **penalty of 0.25** is taken for combustible liquids (closed cup flash point above 100°F (37.8°C) and below 140°F (60°C)).

If any of the above are stored on racks without in-rack sprinklers, **add 0.20 to the penalty**.

D. Enclosed or Indoor Process Units

The maintenance of open and freely ventilated construction for areas in which flammable liquids and gases are processed will permit rapid dissipation of any vapors released, thereby reducing the explosion potential of the unit. Dust collectors and filters should also be located in an open area away from other equipment.

An **enclosed area** is identified as any roofed area with three or more sides, or an area enclosed by a roofless structure with walls on all sides.

Even properly designed mechanical ventilation is not as effective as open construction, but if a mechanically ventilated system is designed in such a way that all flammables are collected and dispersed, the penalty can be reduced.

The penalty categories are as follows:

1. When dust filters or collectors are located inside an enclosed area, a **penalty of 0.50** is applied.
2. Any process in which flammable liquids are handled at temperatures above their flash point in an enclosed area receives a **penalty of 0.30**. For quantities of liquid in excess of 10M lb. (\approx 1,000 gallons), a **penalty of 0.45** is used.
3. Any process in which liquefied petroleum gas (LPG) or any flammable liquids are handled at temperatures above their boiling point within an enclosed area **requires a penalty of 0.60**. For quantities of liquid in excess of 10M lbs. (\approx 1,000 gallons), a **penalty of 0.90** is used.
4. Where properly designed mechanical ventilation has been installed, the **penalties listed in 1. and 3. above may be reduced by 50%**.

E. Access

Emergency equipment must have ready access to the area housing the pertinent Process Unit. Access from at least two sides is considered the **Minimum Requirement**. STRONG CONSIDERATION should be given to this penalty for major Process Units located in enclosed areas.

At least one of the access approaches must be from a roadway. A monitor nozzle that would remain easily accessible and operational during a fire could be considered a second access.

All **process areas** over 10M sq.ft. (925 sq.m) not having adequate access receive a **penalty of 0.35**.

All **warehouses** over 25M sq.ft. (2312 sq.m) not having adequate access receive a **penalty of 0.35**.

For areas smaller than those listed above, judgment must be used in assessing the access requirement. Such areas **may be penalized 0.20** if sound engineering judgment indicates the potential for fire control problems due to inadequate access.

F. Drainage and Spill Control

This section lists penalties for design conditions that could cause large spills of flammable or combustible liquids to be retained around or near process equipment. Inadequate design of drainage has been a contributing factor in a large number of losses involving liquid spills.

These penalties are to be applied **only** if the **material** in the **Process Unit** has a flash point below **140°F**, or if the material is being **processed above** its **flash point**.

To evaluate the adequacy of drainage and spill control, it is necessary to estimate the combined volume of flammable/combustible material as well as firefighting water that would have to be safely drained away or handled in an actual incident.

1. The F&EI calculation of drainage capacity will be based on the following guidelines:

- a) For **Process Units**, use 75% of the unit's capacity, and for **tank farms**, use the entire capacity of the largest tank.
- b) Assume 30 minute flow rate of firefighting water.

Enter the sum of a) and b) above into the appropriate space under GENERAL PROCESS HAZARDS — Item 1.F on Exhibit A.

2. Penalty Selection:

- a) Diking, which is designed to prevent a spill from going to other areas but exposes all the equipment within the dike, receives a **penalty of 0.50**.
- b) Generally, a flat area around the process unit will allow spills to spread out, exposing large areas to fire if ignited. A **penalty of 0.50** is required for this situation.
- c) A diking design that surrounds three sides of an area and directs spills to an impounding basin or non-exposing drainage trench receives **NO penalty** if the following criteria are met:
 - i Slope to basin or trench is a minimum of 2% for earthen surfaces, or 1% for hard surfaces.
 - ii Distance to equipment from nearest edge of trench or basin is at least 25 feet (8 meters) or, in the case of a large, vertical tank, one tank diameter.
 - iii The impounding basin must have the capacity at least equal to the sum of 1.a) and 1.b) above.

If the above criteria are partially met, a **penalty of 0.25** may be applied.

- d) If the basin or trench exposes utility lines, or does not meet the distance requirements, a **penalty of 0.50** is applied.

In short, excellent drainage is required if penalties are to be avoided.

NOW THAT ALL GENERAL PROCESS HAZARDS HAVE BEEN EVALUATED, CALCULATE THE SUM OF THE BASE FACTOR AND ALL PENALTIES APPLIED IN THIS SECTION. ENTER THE TOTAL IN THE BOX LABELED "GENERAL PROCESS HAZARDS" (F₁) ON EXHIBIT A, PAGE 6.

SPECIAL PROCESS HAZARDS

Special process hazards are factors that contribute primarily to the probability of a loss incident. They consist of specific process conditions that have shown themselves to be major causes of fire and explosion incidents.

A. Toxic Materials

Toxic materials can complicate the response of emergency personnel, thereby reducing their ability to investigate or mitigate damage during an incident. Use $0.20 \times N_h$ as the penalty. For mixtures, use the component with the highest N_h .

N_h is the health factor of a material as defined in NFPA 704, or given in 325M or 49. The N_h for many materials may be found in Appendix A. An Industrial Hygiene Specialist can assist you with determining a N_h for new materials.

Listed below is a summary of N_h value definitions from NFPA 704:

- $N_h = 0$ No hazard beyond that of ordinary combustibles
- $N_h = 1$ Only minor residual injury is likely
- $N_h = 2$ Prompt medical attention required to avoid temporary incapacitation
- $N_h = 3$ Materials causing serious temporary or residual injury
- $N_h = 4$ Short exposure causes death or major injury

NOTE: These factors are intended to represent emergency response limitations which can cause additional loss. They are not intended to be applied as Industrial Hygiene or environmental considerations.

B. Sub-Atmospheric Pressure

This section applies to a process condition where air leakage in a system could create a hazard. A hazard may result from air contact with moisture-sensitive or oxygen-sensitive materials, or from the formation of flammable mixtures upon the introduction of air. This penalty is applied only if the absolute pressure is less than 500mm Hg (equivalent to 10" Hg vacuum). The penalty is **0.50**.

If the penalty is applied, do not duplicate or repeat the penalty specified in Section C below, "Operation In or Near Flammable Range," or in Section E, "Relief Pressure."

Most stripping operations, some compressor operations and a few distillation operations, are the major Process Units penalized in this category.

C. Operation In or Near Flammable Range

There are certain operating conditions which can cause air to enter and be entrained into the system. The introduction or entry of air could lead to the formation of a flammable mixture and create a hazard. This section is intended to cover the following conditions:

1. Tank storage of $N_f = 3$ or 4 flammable liquids, where air can be breathed into the tank during pump-out or sudden cooling of the tank. The penalty is **0.50**.

Open vent or non-inert gas padded operating pressure-vacuum relief system would require a **penalty of 0.50**.

Storage of combustible liquids at temperatures above their closed cup flash points without inerting would also require a **penalty of 0.50**.

If an inerted, closed vapor recovery system is used, and its air-tightness can be assured, **no penalty is applied**. See next paragraph.

2. Process equipment or process storage tanks that could be in or near the flammable range only in the event of instrument or equipment failure would require a **penalty of 0.30**.

Any process unit that relies on inert purge to keep it out of the flammable range requires a **penalty of 0.30**. This penalty also applies to padded barges or tank cars. No penalty is applied here if the penalty specified in B., "Sub-Atmospheric Pressure" has already been taken.

- Processes or operations that are by nature **always** in or near the flammable range, either because purging is not practical or because it was elected not to purge, receive a **penalty of 0.80**.

D. Dust Explosion

The maximum rate of pressure rise and maximum pressure generated by a dust are largely influenced by the particle size. In general, the finer the dust, the greater the danger since it is more difficult to contain a fine dust, and the rate of pressure rise of the actual explosion is more energetic.

The penalties listed in this section are intended to apply to any Process Unit involving dust handling operations: transferring, blending, grinding, bagging, etc.

All dusts have a particle size range. For determination of the penalty, use the 10% size; that is, the particle size at which 90% of the dust is coarser and 10% is finer. See Table II for appropriate penalties.

Unless dust explosion testing has shown that no dust explosion hazard exists, dust penalties should be applied.

TABLE II — DUST EXPLOSION PENALTY

Particle Size (Microns)	Tyler Mesh Size-Thru	Penalty*
175 +	60 to 80	.25
150 to 175	80 to 100	.50
100 to 150	100 to 150	.75
75 to 100	150 to 200	1.25
< 75	> 200	2.00

*Use one-half of the penalty listed if handled in an inert gas.

E. Relief Pressure

Where operating pressures are above atmospheric, a penalty is applied to offset the effect of high pressure on the potential for leaks with higher release rates. The overriding concern of this section is the possibility of failure of some component in the Process Unit causing the release of flammable materials.

Example:

The release of hexane liquid through a one-square-inch (6.5cm²) orifice at 75 psig (5.3 Kg/cm²) would be almost 600 lb/min. (272 Kg/min.) At 300 psig (21 Kg/cm²), the release would be 2½ times as great, or 1500 lb/min. (680 Kg/min.) The relief pressure penalty is concerned with evaluating the specific spill hazard potential at different pressure levels. Relief pressure also affects dispersion characteristics.

Since the spill potential greatly increases at higher pressures, equipment design and maintenance become more critical as the operating pressure increases.

Systems operating at pressures above 3000 psig (210 Kg/cm²) are outside the range of standard codes (ASME Code for Unfired Pressure Vessels, Section VIII, Division 1). For such systems, lens ring joints, cone seals or equivalent closures must be used in flange design.

To determine the appropriate penalty, consult Figure 2, page 22, and use the operating pressure to determine an initial penalty value.

The curve in Figure 2 can be used directly to determine penalties for flammable and combustible liquids with a flashpoint below 140°F (60°C). For other materials, the penalty provided by the curve must be adjusted as follows:

1. For highly viscous materials such as tars, bitumen, heavy lubricating oils and asphalts, multiply the penalty by 0.70.
2. For compressed gases used alone or flammable liquids pressurized with any gas above 15 psig, multiply the penalty by 1.2
3. For liquefied flammable gases (including all other flammable materials stored above their boiling point), multiply the penalty by 1.3.

There is no penalty adjustment for extrusion and molding operations.

To determine the actual penalty, take the adjusted initial penalty and multiply it by the ratio of **operating pressure penalty to relief valve (or rupture disk) set pressure penalty**.

Note that it is usually advantageous to set the relief pressure close to the vessel design pressure. For example, reactions in a volatile solvent, especially if a gassy, unwanted higher temperature reaction can be avoided by setting the relief pressure so that the solvent can boil and remove heat before the higher temperature is reached. Computer simulation is generally used, based on reactive chemicals or other kinetic data, to decide whether a low relief pressure is desirable. However, this is not always desirable in some reactive systems. See the following example of a vessel holding viscous material.

Example:

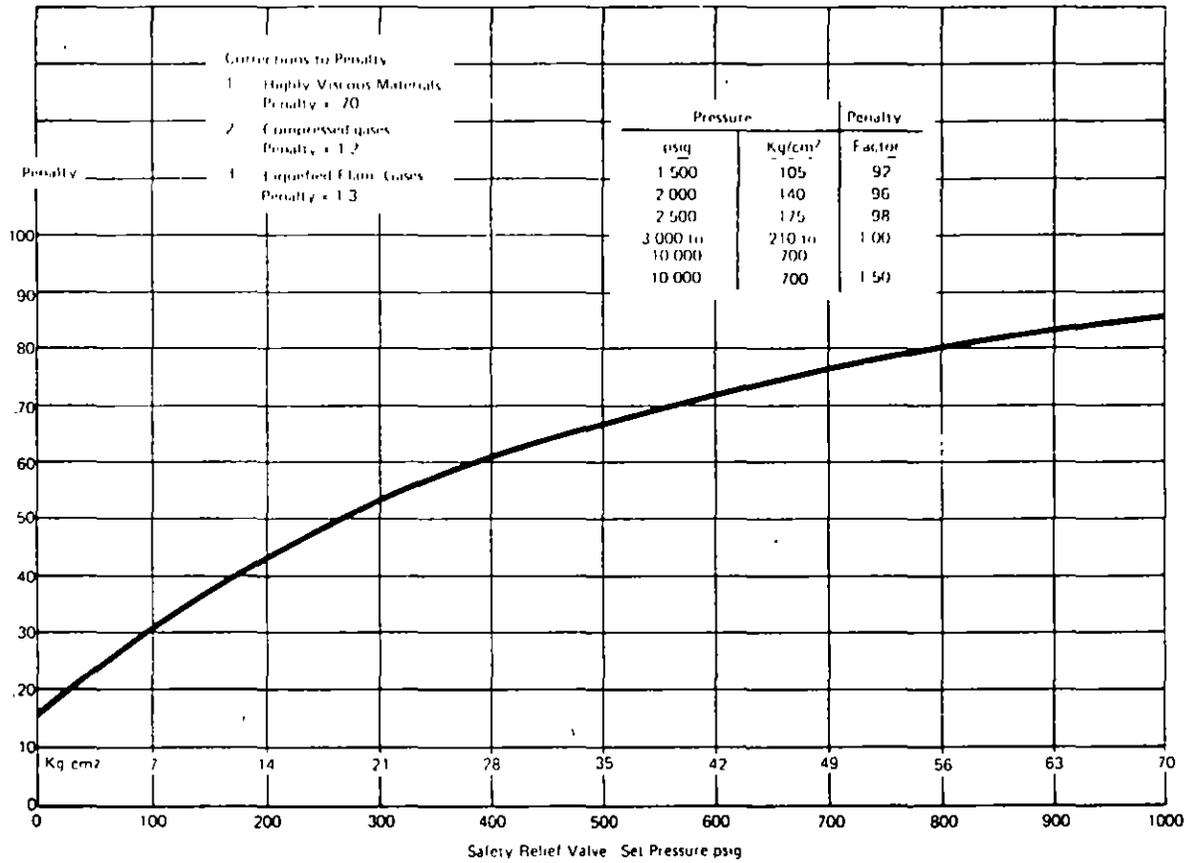
vessel design pressure is 150 psig;
normal operation is at 100 psig;
rupture disk set at 125 psig.

Consulting Figure 2, note that 100 psig requires a penalty of 0.30 and the set pressure of 125 psig requires a penalty of 0.34

Viscous materials receive an adjustment of 0.7, so the penalty becomes:

$0.30 \times 0.7 = 0.21$ adjusted initial penalty
 $0.21 \times (0.30/0.34) = 0.19 =$ actual penalty

Figure 2 — Pressure Penalty for Flammable and Combustible Liquids



F. Low Temperature

This section makes allowances for the possible brittleness of carbon steel or other metals that may be exposed to temperatures at or below their ductile/brittle transition temperatures. If a careful evaluation has been made, and no possibility of temperatures below the transition temperature exists due to normal and abnormal operating conditions, no penalty is applied.

The usual method of determining the transition temperature is to test samples of the metal used in the fabrication of the Process Unit, using a standard Charpy Impact test so as to determine that the design and therefore operating temperature is above the transition temperature.

The following penalties are applied:

1. For processes utilizing carbon steel construction and operated at or below the ductile/brittle transition temperature, a **penalty of 0.30** is applied. If no data are available, a 50°F (10°C) transition temperature must be assumed.
2. For materials other than carbon steel where the operating temperature is at or below the transition temperature, use a **penalty of 0.20**.

G. Quantity of Flammable and Unstable Materials

This section considers the additional exposure to an area as quantities of flammable and unstable material in the process unit are increased. There are three categories in this section, each evaluated by a separate penalty curve. Apply only one penalty for the entire section, based on the material that was selected as the Material Factor.

1. Liquids or Gases in Process — Figure 3, page 24.

This section applies a penalty to a quantity of material that might be spilled and create a fire hazard, or that might, on exposure to fire, create a reactive chemical event. The penalty applies to any process operation, including pumping into holding tanks, and is valid for the following materials when they are selected as the MF:

- a) Flammable liquids and those combustible liquids with a flash point below 140°F (60°C).
- b) Flammable gases.
- c) Liquefied flammable gases.
- d) Combustible liquids with closed cup flash points above 140°F (60°C) when the process temperature is above the flash point of the material.
- e) Reactive materials regardless of their flammability ($N_r = 2, 3$ or 4).

In using this penalty section, your first task is to determine the **pounds of material in process**.

The penalty is based upon the amount of fuel for a fire that can be released within 10 minutes from the Process Unit or a connected line, and common sense must be used in judging how much material might be released. Experience has shown that this amount can be reasonably estimated by taking the larger of the following:

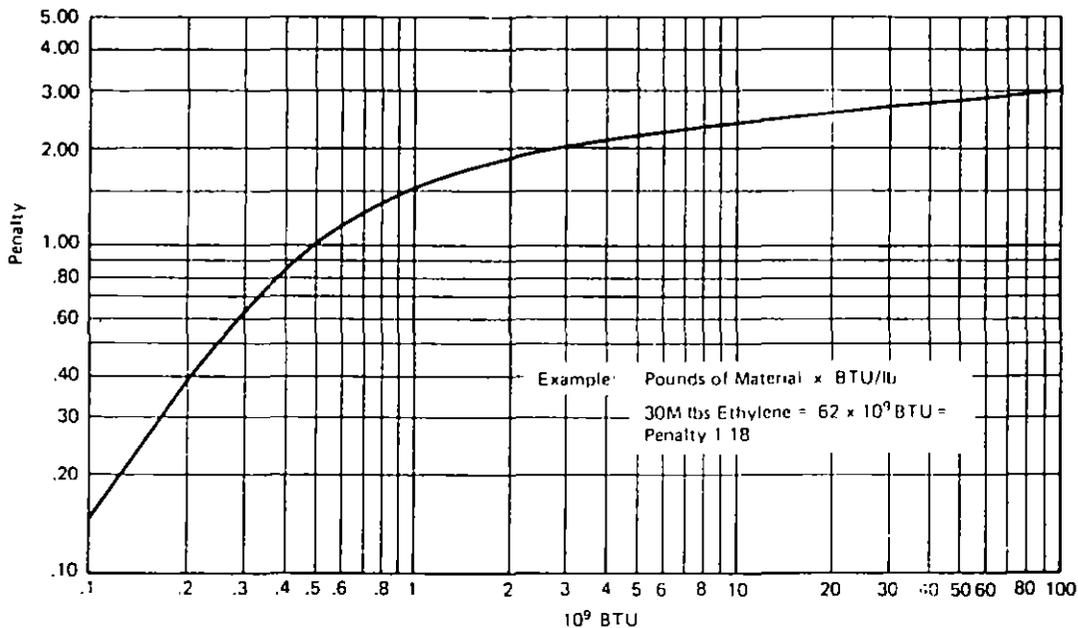
- i The quantity of material in the Process Unit.
- ii The quantity of material in the largest connected unit.

Any connected unit that can be isolated by closure valves operable from a remote location in times of emergency is removed from consideration.

Before accepting this approximation to the pounds of material in process, ask yourself, "What is the maximum probable quantity that could be spilled?" If, using your good judgment and familiarity with the process, you determine a number that is significantly different from the above, use YOUR number, being sure to document its validity. Remember, YOUR JUDGMENT AND PROCESS FAMILIARITY will always lead to a more realistic approximation.

Note, however, that if instability is involved, the quantity of concern is the quantity of material normally **inside** the Process Unit.

Figure 3 — Liquids or Gases in Process



Example:

Charge drums, surge drums, and reflux vessels are types of connected equipment that might possibly contain more material than the Process Unit being evaluated. However, if such vessels are equipped with remote-controlled shut off valves, they should not be considered as "vessels connected to a Process Unit."

Enter the appropriate "pounds of material in process" on the space provided, Item "G" of SPECIAL PROCESS HAZARDS, Exhibit A, page 6.

To establish the value to be applied in using Figure 3, multiply the "pounds of material in process" by a factor H_c (in BTU/lb) and obtain total BTU x 10^9 . The factor H_c is taken as the heat of combustion of MOST materials. This can be taken from Appendix A or obtained from reactive chemical data.

The H_c for unstable materials (N_f or 2 or more) is taken as (1) six times the heat of decomposition, or (2) the heat of combustion, whichever is larger. Heats of decomposition can also be obtained from reactive chemical data.

Enter the factor H_c (BTU/lb) on the appropriate space, Item "G" of SPECIAL PROCESS HAZARDS, Exhibit A.

The penalty is determined by entering Figure 3 with the Process Unit energy content (BTU x 10^9). The point of intersection with the curve indicates the penalty.

2. Liquids or Gases in Storage (Outside the Process Area) — Figure 4, page 25.

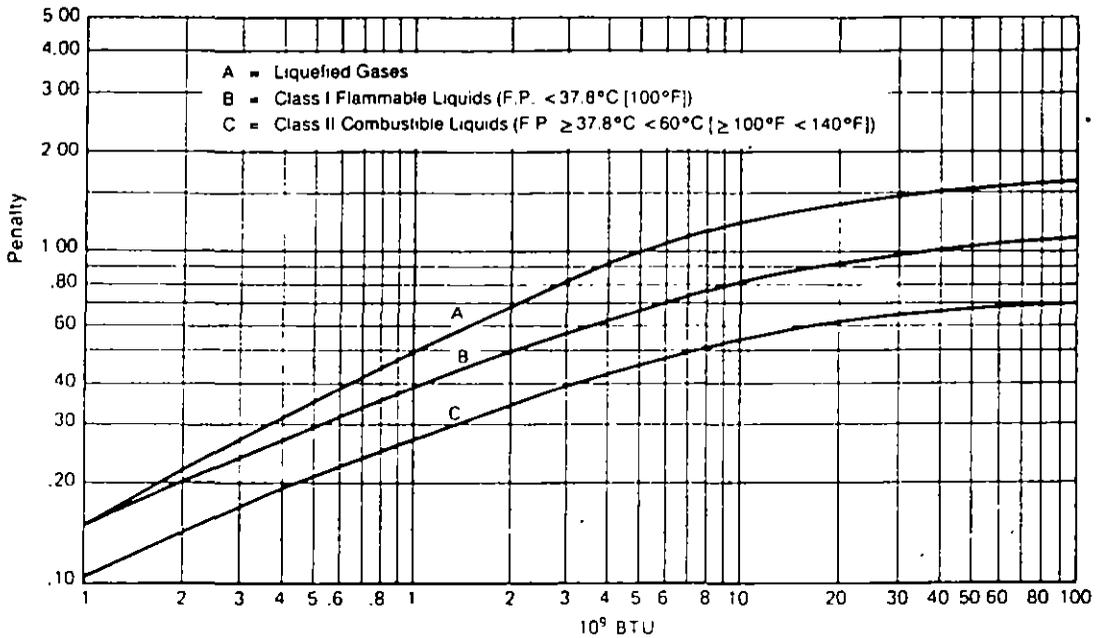
Flammable and combustible liquids, gases, or liquefied gases in storage outside the Process Area receive a lower penalty than those in the "in process" or G.1 category, since there is no process involvement. MF materials in the G.2 category include raw material feedstock in drums or tanks, material in tank farms, and material in portable containers and drums.

This penalty is determined by entering Figure 4 with the total BTU (pounds of material in storage times a factor H_c) in any single storage vessel. In the case of portable containers, use the total quantity of material in all stored drums.

When two or more vessels are located in a common dike which would not drain into an adequately sized impounding basin within 30 minutes, use the total BTU content of all the tanks within the dike to obtain the penalty from the curve in Figure 4.

Unstable materials should be evaluated in the same fashion as in G.1 taking as the H_c factor either (1) six times the heat of decomposition or (2) the heat of combustion (whichever is larger) and using Curve A of Figure 4 to determine the appropriate penalty.

Figure 4 — Liquids or Gases in Storage



Example:

Three vessels containing process chemicals (750M lbs. of styrene monomer, 750M lbs. of diethylbenzene, and 600M lbs. of acrylonitrile) are located in a common dike that does not drain to an impounding basin.

Ambient storage temperature of 100°F (38°C) is assumed, and all H_c factors are taken as heats of combustion.

750M lbs. styrene	x 17.4 x 10 ³ BTU/lb.	= 13 x 10 ⁹ BTU
750M lbs. diethylbenzene	x 18.0 x 10 ³ BTU/lb.	= 13.5 x 10 ⁹ BTU
600M lbs. acrylonitrile	x 13.7 x 10 ³ BTU/lb.	= 8.2 x 10 ⁹ BTU
TOTAL BTU		= 34.7 x 10⁹ BTU

Curves Indicated by the Materials

Styrene	Class I Flammable Liquid (Curve B)
Acrylonitrile	Class I Flammable Liquid (Curve B)
Diethylbenzene	Class II Combustible Liquid (Curve C)

If you are dealing with more than one substance, enter Figure 4 with the TOTAL BTU and use the penalty shown at the point of intersection with the **highest curve** indicated for any individual material.

In this example, the **highest curve** referenced by a single material is Curve B and the appropriate **penalty is 1.00**.

NOTE: NFPA 30 calls for subdivision by diking of these types of materials.

3. Combustible Solids in Storage/Dusts Encountered in Process — Figure 5, page 27.

This category covers the penalty requirements for various quantities of stored solids, and for dusts encountered in a Process Unit when the solid or dust involved is the basis material for the MF. The measurements used in this penalty assessment are the material's density and ease of ignition, and its ability to sustain flame.

The total weight in pounds of stored solid or of dust contained within the process unit is used with Figure 5 to determine the penalty. If the material's bulk density is less than 10 lbs./ft³, use Curve A; if it is greater than 10 lbs./ft³, use Curve B.

For unstable materials (N_i 2 or higher), take six times the actual weight of material in the Process Unit and use Curve A to determine the appropriate penalty. (See the following example.)

Example:

Ignoring aisle space, an area of 20,000 sq. ft. with a 15 foot storage height would contain 300,000 cu.ft. (8,495 cu. meters) of stored material.

If the material being stored in the area (open-cell foam and cardboard boxes with polystyrene tubs) have an average density of 2.2 lbs./ft³:

$$2.2 \text{ lbs./ft}^3 \times 300\text{M ft}^3 = 660\text{M lbs.}$$

Using Curve A for **density < 10 lbs./ft³**, we determine that the penalty should be 1.50.

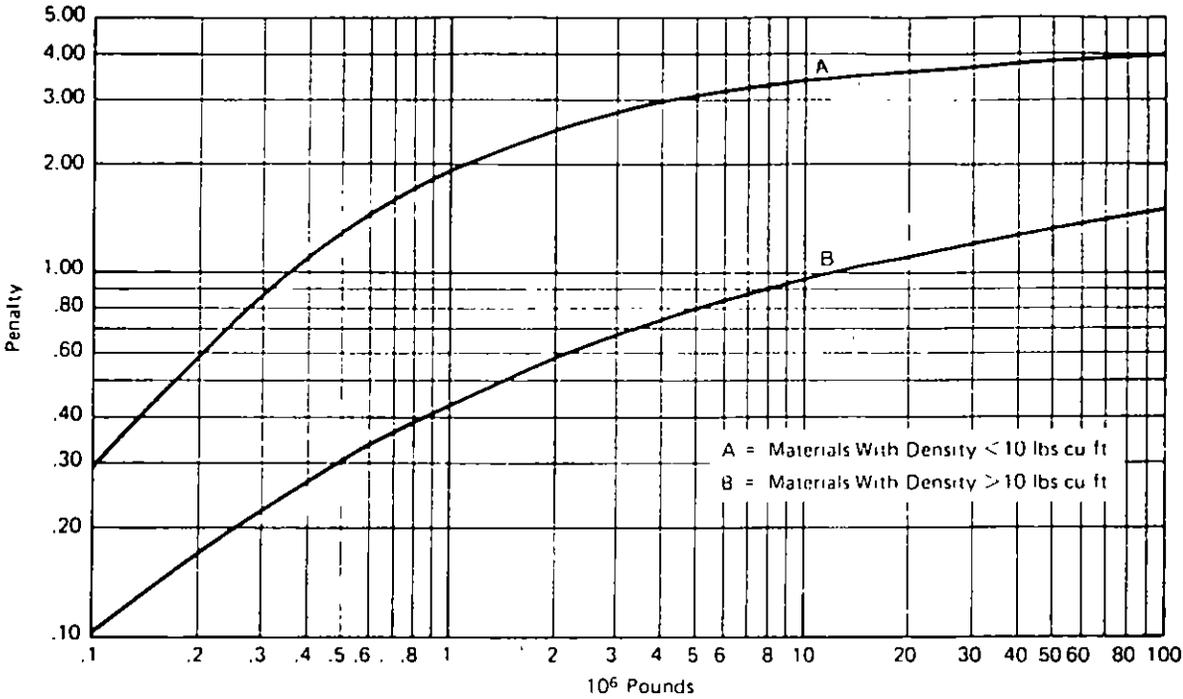
Now compare this with storage of polyethylene pellets or cellulose powder in bags (average density of 28 lbs./ft³):

$$28 \text{ lbs./ft}^3 \times 300\text{M ft}^3 = 8400\text{M lbs.}$$

Using Curve B for **density > 10 lbs./ft³**, we determine that the penalty should be 0.92.

While it is true that the fire load (in terms of both BTU's and pounds per cubic foot) is much lower for foam or boxes than for bagged polyethylene pellets or methylcellulose powder, foam and cardboard are much easier to ignite and would sustain flame more readily than the denser materials. In short, because these light materials pose a greater flammability hazard than the heavier ones, they are assessed a higher penalty, even though fewer pounds are stored.

Figure 5 — Combustible Solids in Storage/Dust Encountered in Process



H. Corrosion and Erosion

Although good design makes allowances for corrosion and erosion, some corrosion/erosion problems may still occur in certain processes.

The corrosion rate is considered to be the sum of the external and internal corrosion rates. Be sure not to overlook the possible effects of minor impurities in the process stream that might cause greater than normal internal corrosion, and the possibility of external corrosion due to the chemical breakdown of paint. Porosity of bricks and imperfections in plastic linings are likely sites for accelerated corrosion.

The following penalties apply:

1. For corrosion rates less than 0.5 mm/year with risk of pitting or local erosion, the **penalty is 0.10**.
2. For a corrosion rate over 0.5 mm and less than 1.00 mm/year, the **penalty is 0.20**.
3. For corrosion rates higher than 1 mm/year, the **penalty is 0.50**.
4. If there is a risk that stress-corrosion cracking might develop, apply a **penalty of 0.75**. This is common in process areas exposed to contamination by chlorine vapor over prolonged periods.
5. Where a lining is required to **prevent** corrosion, a **penalty of 0.20** is applied. However, if the lining is simply to protect a product from developing color, **NO PENALTY IS TAKEN**.

I. Leakage — Joints and Packing

Gaskets, seals of joints or shafts, and packing can be sources of leaks of flammable or combustible materials, particularly where thermal and pressure cycling occurs. A penalty factor should be selected according to the design of the Process Unit under study, and the material being used in the process. The following penalties should be applied:

1. Where the pump and gland seals are likely to give some leakage of a minor nature, the **penalty is 0.10**.
2. For processes known to give regular leakage problems at pumps, compressors, and flange joints, the **penalty is 0.30**.
3. For processes in which thermal and pressure cycling occurs, the **penalty is 0.30**.
4. If the material in the Process Unit is penetrating in nature, or is an abrasive slurry which can cause intermittent problems with sealing, and if the Process Unit uses a rotating shaft seal or packing, the **penalty is 0.40**.
5. For any Process Unit that has sight glasses, bellows assemblies, or expansion joints, the **penalty is 1.50**.

J. Use of Fired Heaters

The presence of fired equipment in a process adds an additional probability of ignition when flammable liquids, vapors, or combustible dusts are released.

The penalty is applied in one of two ways: first, to the fired heater itself when it is the Process Unit for the F&EI calculation, and, second, to the various Process Units in the vicinity of the fired heater. The distance in feet from a probable leak point in the Process Unit being evaluated to the fired heater's air intake is the distance referenced in Figure 6, page 29.

1. Curve A-1 is used:
 - a) For any Process Unit in which the material of the Material Factor could be released above its flash point.
 - b) For any Process Unit in which the material of the Material Factor is a combustible dust.
2. Curve A-2 is used:
 - a) For any Process Unit in which the material of the Material Factor could be released above its boiling point.

The penalty is determined by entering Figure 6 with the distance from a potential leak source to the air intake of the fired equipment and reading the penalty from the intersection with the appropriate curve (A-1 or A-2) of the figure.

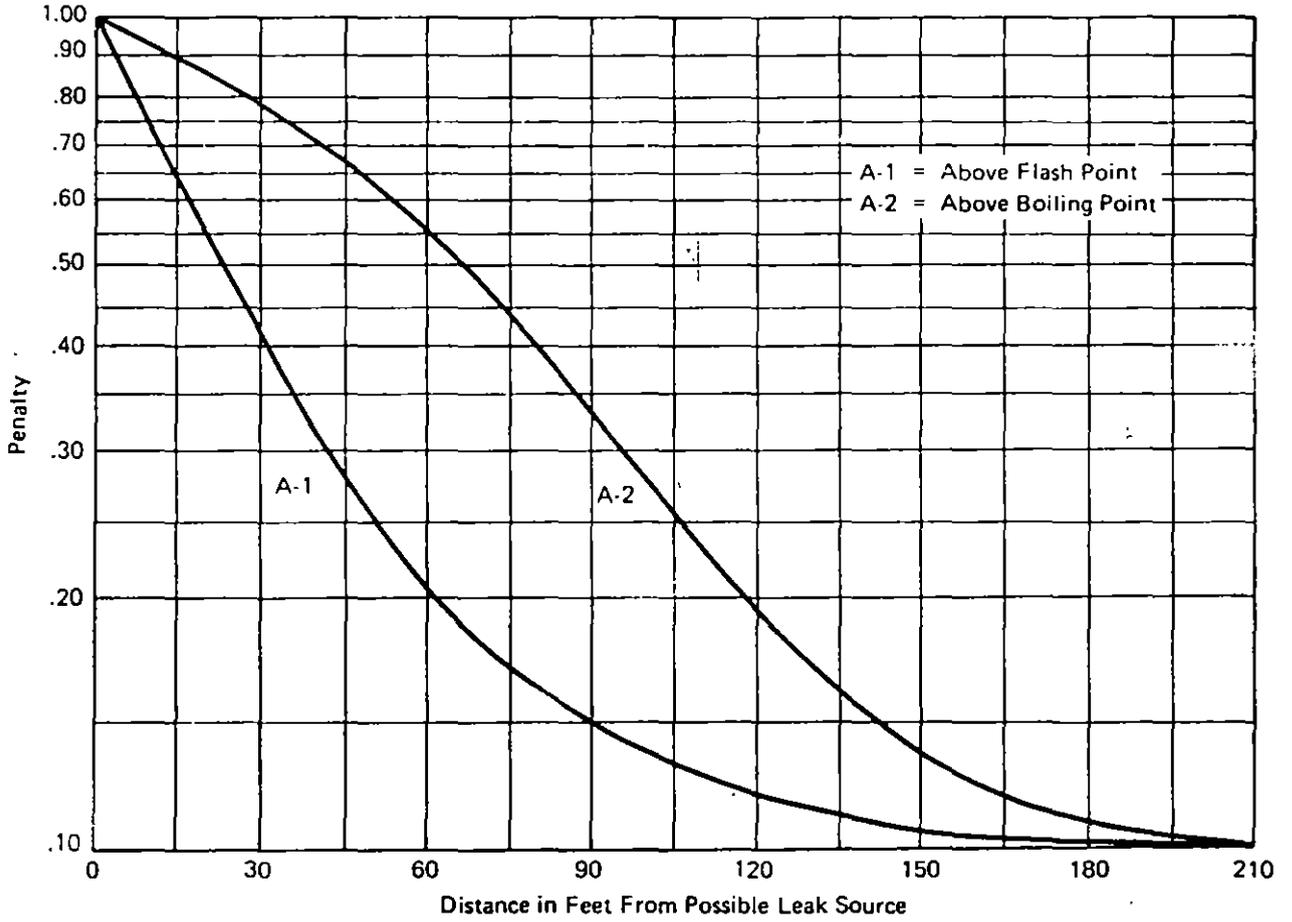
If the fired heater itself is the Process Unit being evaluated, the distance from the possible leak source becomes zero. If the heater is heating a flammable or combustible material, the **penalty is 1.00, EVEN IF THE MATERIAL IS NOT BEING HEATED ABOVE ITS FLASH POINT.**

However, **ANY OTHER SITUATION COVERED BY THIS SECTION** involving a material processed below its flash point, receives **NO PENALTY.**

If a piece of fired equipment is located within the process area and there is a possibility that the material in the Process Unit selected as MF could be released above its flash point, a minimum **penalty of 0.10** is required, **REGARDLESS OF THE DISTANCE INVOLVED.**

Fired equipment with "pressure burner" design will require only 50% of the penalty specified for standard burner design, provided the air intake is 10 ft. (3 meters) or more above grade, and is not exposed to potential sources of spills from overhead. However, the 50% penalty cannot be applied when the fired heater itself is the Process Unit being evaluated.

Figure 6 — Fired Equipment Penalty (When Located in Process Plant)



K. Hot Oil Exchange Systems

Since most heat exchange fluids will burn and are frequently used above their flash points or boiling points, they represent an additional hazard in any Process Unit that uses them. The penalties in this section are based on the quantity and temperature of the heat exchange fluid used in the unit being evaluated.

Apply these penalties **ONLY** if the Process Unit uses a **hot oil** exchange system.

No penalty is applied if the heat exchange fluid is noncombustible or, if a combustible fluid, is **always** used below its flash point.

The quantity to be used with Table III to determine the penalty is taken to be the lesser of (1) a 15-minute spill caused by a break in the line servicing the Process Unit, or (2) the oil inventory within the active circulating hot oil system. The portion of the exchange system that can be classified as "storage" is **NOT** used in determining the active capacity unless it is connected much of the time to the Process Unit.

It is recommended that you also determine the F&EI for the hot oil circulating system itself, including the active (not storage) tank, pumps, and distribution/return piping. These determinations have historically led to large F&EI evaluations. If the **hot oil exchange system** itself is the Process Unit being evaluated, **NO PENALTY IS TAKEN FOR THIS SECTION**. However, if a fired heater is actually located in the area of the Process Unit being evaluated, the penalty for Section K will apply.

Table III — Hot Oil Heat Exchange System Penalty

Quantity (Gallons)	Above Flash Point (Penalty)	At or Above the Boiling Point (Penalty)
< 5M	.15	.25
5M to 10M	.30	.45
10M to 25M	.50	.75
> 25M	.75	1.15

L. Rotating Equipment

This section recognizes the hazard exposure of Process Units incorporating large pieces of rotating equipment.

Although formulas have not been developed for evaluating all types and sizes of rotating equipment, there is statistical evidence indicating that pumps and compressors beyond a certain size are likely to contribute to a loss incident.

A penalty of 0.50 is applied to Process Units that utilize, or are:

1. A compressor in excess of 600 hp.
2. A pump in excess of 75 hp.
3. Agitators (mixers) and circulating pumps in which failure could create a process exotherm due to lack of cooling from interrupted mixing or circulation of coolant, or due to interrupted and resumed mixing.
4. Other large high speed rotating equipment with a significant loss history, for example, centrifuges.

DETERMINE UNIT HAZARD FACTOR (F_3)

The **Unit Hazard Factor** (F_3) is the product of the **General Process Hazards Factor** (F_1) and the **Special Process Hazards Factor** (F_2). The product is used rather than the sum because the "contributing hazards" included in F_1 (General Process Hazards) and F_2 (Special Process Hazards) are known to have a compounding effect on each other. For example, a penalty for poor drainage in F_1 is compounded by the magnitude of the quantity in F_2 .

The **Unit Hazard Factor** (F_3), which has a normal range of 1 to 8, is used to determine the F&EI (Exhibit A, page 6) and to compute the **Damage Factor** (Figure 7, page 40).

When penalties are properly applied to various Process Hazards, F_3 is normally not in excess of 8.0. If a higher value is obtained, use a maximum of 8.0.

DETERMINE FIRE AND EXPLOSION INDEX (F&EI)

The Fire and Explosion Index calculation is used for estimating the damage that would probably result from an incident in a process plant. The various contributing factors, such as type of reaction, process temperatures, pressures, quantities of fuel, etc., indicate the probability and potential magnitude of a fuel or energy release resulting from process control failures, equipment failures, or from vibration or other sources of stress fatigue.

Effects of a fire and/or fuel-air explosion following release of a flammable material and its ignition are categorized according to their immediate cause:

- a) The blast wave or deflagration,
- b) Fire exposure from the original release,
- c) Missile impact on piping and equipment from vessel explosion,
- d) Other fuel releases as secondary events.

The secondary events become more significant as the Unit Hazard Factor and Material Factor increase.

The Fire and Explosion Index (page 6) is the product of the Unit Hazard Factor (F_3) and the Material Factor (MF). The F&EI will be related later to an exposure radius (Figure 8, page 41).

LOSS CONTROL CREDIT FACTORS

In the construction of any chemical process plant or building, consideration must be given to a number of basic design features (Appendix C, page 60) including compliance with various codes such as building codes or the codes of ASME, NFPA, ASTM, ANSI, and requirements of local governments.

In addition to these basic design requirements, certain Loss Control features based on experience have proven beneficial both in preventing serious incidents and in reducing the probability and magnitude of a particular incident. There are three categories of Loss Control features.

- C₁ Process Control
- C₂ Material Isolation
- C₃ Fire Protection

The following procedure is used for calculating Loss Control Credit Factors:

1. Enter the appropriate credit factor immediately to the right of each credit item chosen.
2. Note that each category's Loss Control Credit Factor is the product of all factors used in that category.
3. Perform the calculation ($C_1 \times C_2 \times C_3$) to determine the Credit Factor.
4. Enter the Credit Factor on Line D of the Unit Analysis Summary on Exhibit B, page 7.

Loss Control features should be selected for the contribution they will actually make to reducing or controlling the unit hazards being evaluated. Selecting credit features merely to accumulate credits is not the intent of the Risk Analysis approach; the intent is to reduce the dollars at risk, or the base MPPD to a more probable, realistic value. The Loss Control features are listed and explained in the following pages.

1. Process Control (C₁)

a) Emergency Power — 0.98

This credit is given for the provision of emergency power for essential services (instrument air, control instrumentation, agitators, pumps, etc.) with automatic changeover from normal to emergency. The emergency power credit should be taken only if it is relevant to the control of an incident in the specific Process Unit being evaluated. For example, maintaining agitation in certain chemical process reactors is a critical factor in avoiding a runaway reaction, and emergency power supply to such agitators is clearly a protective feature which justifies the credit.

In other cases, such as agitation in a rubber slurry tank in the polystyrene process, availability of emergency power is not needed either to prevent or control a possible fire/explosion incident, although it may be a desirable feature because it permits continued operation when normal power supply is unreliable. In such cases, no credit should be claimed for the availability of emergency power.

b) Cooling — 0.97 to 0.99

If process cooling systems are designed with the capability of maintaining normal cooling for at least 10 minutes during an abnormal condition, use a factor of 0.99.

If a backup cooling system is designed to provide 150% of the cooling requirement for at least 10 minutes, use 0.97.

c) Explosion Control — 0.84 to 0.98

For explosion suppression systems installed on dust or vapor-handling equipment or equipment designed to contain a deflagration, use a factor of 0.84.

For overpressure relief systems using rupture diaphragms or explosion-relieving vents designed to protect the equipment from possible abnormal conditions, use a factor of 0.98. The credit is applied for any relief device that protects the equipment or building from damage due to rapid overpressure, such as from a deflagration. This credit is not intended to be applied for typical overpressure relief systems such as safety relief valves that are required for all pressure vessels, or emergency relief vents on storage tanks.

d) Emergency Shutdown — 0.96 to 0.99

For a redundancy system that activates when conditions become abnormal, initiating a shutdown sequence, use 0.98.

For critical rotating equipment such as compressors, turbines, fans, etc., that are provided with vibration detection equipment, use a factor of 0.99 if the equipment only activates an alarm and a factor of 0.96 if it initiates a shutdown.

e) Computer Control — 0.93 to 0.99

When an on-line computer functions as an aid to operators and is not directly in control of key operations, or where the plant is frequently operated without the computer, use a factor of 0.99.

When a computer with "fail-safe" logic is in direct control of a process, a factor of 0.97 is used. If any one of the following options are used, the factor will be 0.93.

1. Redundant critical field inputs
2. Abort feature on critical inputs
3. Backup capability for control system

f) Inert Gas — 0.94 to 0.96

When equipment containing flammable vapors is continuously padded with an inert gas, use a factor of 0.96.

If the inert gas system has sufficient capacity to purge the total volume of the unit automatically, use a factor of 0.94. This credit is not applicable if there is an inert purge connection that must be turned on or controlled manually.

g) Operating Instructions/Procedures — 0.91 to 0.99

Adequate written operating instructions and/or a fully documented operating discipline are an important part of maintaining satisfactory control of a unit. The following conditions, listed with point ratings, are considered to be the most important:

1. Startup — 0.5
2. Routine shutdown — 0.5
3. Normal operating conditions — 0.5
4. Turndown operating conditions — 0.5
5. Standby running conditions (unit running on total recycle or reflux) — 0.56
6. Up-rated operating conditions (above flowsheet capacity — 1.0)
7. Restarting shortly after a shutdown — 1.0
8. Restarting plant from a post-maintenance condition — 1.0
9. Maintenance procedures (work permits, decontamination, lockout, system clearance) — 1.5
10. Emergency shutdown — 1.5
11. Plant equipment/piping modifications and additions — 2.0
12. Foreseeable abnormal fault situations — 3.0

To obtain a credit factor, add all the points for the conditions that have operating instructions. The total points are represented by "X" in the following formula:

$$1.0 - \frac{X}{150}$$

the Credit Factor will be $1.0 - \frac{13.5}{150} = 0.91$

As an alternative, you may determine what value in the range of 0.91 to 0.99 you feel best represents the completeness and accuracy of the operating instructions.

h) Reactive Chemical Review — 0.91 to 0.98

The documented use of a total Reactive Chemical Program for reviewing existing and new processes, including process changes and storage and handling of chemicals, is an important Loss Control function.

Where this program is a continuing part of the operations, a factor of 0.91 is used. If the review is done only on an occasional basis, use a factor of 0.98.

As a Minimum Requirement for credit, operators must receive an orientation in Reactive Chemicals as applied to the operator's job at least annually. Unless this orientation is provided regularly, no credit can be taken.

2. Material Isolation (C₂)

a) Remote Control Valves — 0.96 to 0.98

If the unit is provided with remotely operated isolation valves so that storage tanks, process vessels, or major sections of transfer lines can be quickly isolated in an emergency, use a factor of 0.98. If such valves are cycled at least annually, use a factor of 0.96.

b) Dump/Blowdown — 0.96 to 0.98

Where an emergency process dump tank can be used directly to receive the contents of the Process Unit safely with adequate quenching and venting, use a factor of 0.98. If the dump tank is located outside the unit area, use a factor of 0.96.

If gas/vapor material is piped for emergency venting to a flare system or to a closed vent receiver, use a factor of 0.96.

This credit is for a system that reduces the exposure of surrounding equipment to released gases or liquids. A vent tied into a flare system or receiver would receive a credit. An example would be blowdown from a polystyrene reactor to a tank or receiver.

c) Drainage — 0.91 to 0.97

To remove a large spill from a Process Unit, it is considered necessary to provide a slope of at least 2% (1% on a hard surface) leading to a drainage trench of adequate size, assuming that 75% of the contents could be released. Where this requirement is met, use a factor of 0.91.

If drainage conditions are good, a credit of 0.91 can also be used.

If the drainage design would allow a pooling of a large spill, but could handle small spills (about 30% of the unit's contents), use a factor of 0.95. Many drains are capable of handling moderate spills, and most process areas would qualify for a credit of 0.97.

Storage tanks that are diked on four sides to retain spills receive no credit. If the diking design directs the spill to an impounding basin located at least one tank diameter away and capable of receiving the contents of the largest diked tank, or more, a credit of 0.95 is used. If the slope is doubtful, or if the impounding basin is closer than one tank diameter away, no credit is given for drainage.

d) Interlock — 0.98

If a process is provided with an interlock system which prevents incorrect material flow that could produce undesirable reactions, use a factor of 0.98. This credit can also be taken for a burner management system that meets code requirements.

3. Fire Protection (C₃)

a) Leak Detection — 0.94 to 0.98

If gas detectors have been installed that alarm only and identify a zone in the plant area, use a factor of 0.98. When a gas detector both alarms and activates a protective system before the lower flammability limit is reached, use a factor of 0.94.

b) Structural Steel — 0.95 to 0.98

The time duration rating of a fireproof coating application is related to the quantity of fuel in the area and the drainage design.

Where fireproofing is used, it should be applied to all load-bearing steel to a minimum height of 15 feet (5 meters). Where this has been done, use a factor of 0.98. If fireproofing extends above 15 feet (5 meters) but less than 30 feet (10 meters), use a factor of 0.97. For fireproofing above 30 feet (10 meters), use a factor of 0.95, but only if such fireproofing is necessary.

Reinforced concrete construction qualifies for the "fireproofing" credit.

A special case is the installation of a deluge water spray for cooling the structure only. This should receive a credit of 0.98 under the "Structural Steel" category (although water spray cooling of a structure is not specifically mentioned), rather than a credit of 0.97 under "Sprinkler Systems."

c) Buried and Double Wall Tanks — 0.84 to 0.91

Although buried tanks could be considered a safety feature with regard to the risk of fire and explosion, they represent a considerable environmental risk and should be avoided.

If a double wall, aboveground tank is designed so that the outer wall will withstand the total contents loading after primary wall failure, use a factor of 0.91.

When a tank is buried below grade or located partly above grade with a retainer wall of clean, homogeneous backfill, use a factor of 0.84.

d) Water Supply — 0.94 to 0.97

A plant's supply of fire fighting water should be capable of delivering the maximum calculated demand for a period of four hours. If this requirement is satisfied, use a factor of 0.97.

Unless at least half of the water supply can be provided by alternative power sources which are independent of normal electric service, no credit factor can be applied. A diesel-driven fire pump is an example of an alternative power source.

e) Special Systems — 0.91

Special systems include Halon, CO₂, smoke and flame detectors and blast walls or cubicles.

It is important to be certain that the Loss Control Credits taken for the Process Unit being studied are those that truly apply to that particular Process Unit. A credit factor of 0.91 can be used for special systems.

f) Sprinkler Systems — 0.74 to 0.97

The section dealing with "Sprinkler Systems" is arranged or constructed as follows:

Deluge systems receive a factor of 0.97. A deluge system (open head) gets the **least** or **minimum** credit because such systems have many components, any one of which could fail completely or partially, producing a negative effect on the operation and effectiveness of the system.

Credit factors for wet pipe or dry pipe systems used in indoor manufacturing areas and warehouses are calculated as follows:

Occupancy	Design gpm/sq. ft.	Credit Factor	
		Wet Pipe	Dry Pipe
Light	0.15-0.20	0.87	0.87
Ordinary	0.21-0.34	0.81	0.84
Extra Hazard	≥ 0.35	0.74	0.81

Wet and dry pipe sprinkler systems (closed head) are 99.9%-plus reliable, with very few of the variables encountered with deluge valves, which are subject to failure.

Multiply the above factors by the following penalty factor, which is based on the size of the floor area confined within firewalls.

Area > 10,000 ft ² (930m ²) = 1.06
Area > 20,000 ft ² (1860m ²) = 1.09
Area > 30,000 ft ² (2800m ²) = 1.12

Note that as the possible fire area is increased (a warehouse is a good example), the credit factor is increased by a penalty factor (1.06 to 1.12), which increases the loss control credit factor and increases the MPPD, as it should. Large fire areas offer greater exposure to fire loss than smaller fire areas.

g) Water Curtains — 0.97 to 0.98 .

The use of automatic water spray curtains between a source of ignition and a potential vapor release area can be effective in reducing the vapor cloud ignition potential.

To be effective, the curtain should be located at least 75 feet (23 meters) from the vapor release point to allow time for detection of the release and automatic activation of the water curtain.

A single tier of nozzles at a maximum elevation of 15 feet (5 meters) will receive a credit of 0.98.

A second tier of nozzles, not exceeding 6 feet (2 meters) above the first tier, will receive a credit of 0.97.

h) Foam — 0.92 to 0.97

If the area protection system includes the capability of injecting foam liquid into a standard deluge sprinkler system from a remote manual control station, use a factor of 0.94. This credit is in addition to the credit taken for the deluge system itself. A totally automatic foam system receives a credit of 0.92.

Manual foam application systems for the protection of seal rings on open-top floating roof tanks receive a credit of 0.97. When fire detection devices are used for actuating the foam system, use a factor of 0.94.

Subsurface foam systems and foam chambers on cone roof tanks receive a credit of 0.95.

Foam application around the outer shell of a flammable liquid tank receives a credit of 0.97 if manually applied, 0.94 if automatic.

i) Hand Extinguishers — Monitor Guns — 0.95 to 0.98

If there is an adequate supply available of hand and portable fire extinguishers suitable for the fire risk involved, use a credit factor of 0.98. Where there is potential for a large spill of flammable material that, if ignited, could not be controlled effectively with hand extinguishers, do not take a credit.

If monitor guns have also been installed, use a credit factor of 0.97. Monitor guns that can be remotely operated from a safe vantage point receive a credit of 0.95.

j) Cable Protection — 0.94 to 0.98

Instrument and electrical cable trays are very vulnerable to damage from fire exposure when installed in pipeways and operating structures. The use of 14 to 16 gauge metal sheet below the tray with a water spray directed onto the top side will provide reasonable protection which justifies a credit of 0.98. The use of fireproofing material on the metal sheet in lieu of the water spray also receives a credit of 0.98. If the cable raceway is buried below grade in a trench (either flooded or dry), use a credit of 0.94.

The product of $C_1 \times C_2 \times C_3$ constitutes the credit factor for the Process Unit and is entered into line D of the Unit Analysis Summary in Exhibit B, page 7.

DETERMINE UNIT DAMAGE FACTOR

The **Unit Damage Factor** is determined from the **Unit Hazard Factor (F_3)** and the **Material Factor (MF)**.

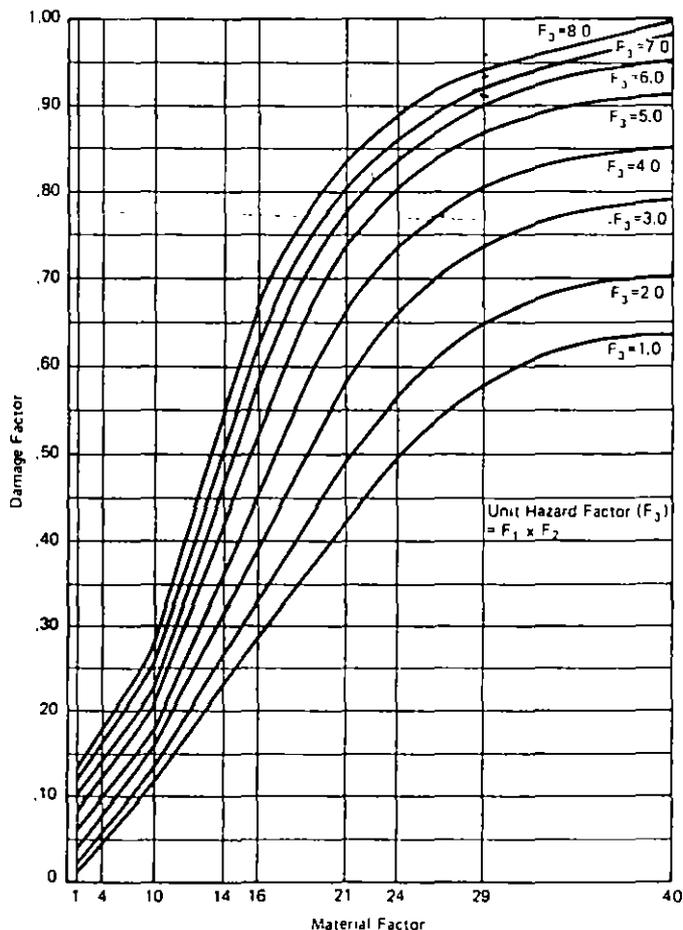
The **Unit Damage Factor** represents the overall effect of fire plus blast damage resulting from a release of fuel or reactive energy from a **Process Unit**.

For any calculation in which F_3 exceeds 8.00, do not extrapolate from Figure 7. Use 8.00 as the F_3 for obtaining the **Damage Factor**.

As the **Material Factor (MF)** and the **Unit Hazard Factor (F_3)** increase the **Damage Factor** will increase from 0.01 to 1.00. Enter **Unit Damage Factor** on line B, Exhibit B.

For example, two **Process Units**, A and B, may be found to have a **Unit Hazard Factor (F_3)** of 4.00. Unit A has an MF of 16 and Unit B has an MF of 24. Using Figure 7, you can determine that the **Damage Factor** for Unit A is 0.45 and the **Damage Factor** for Unit B is 0.74.

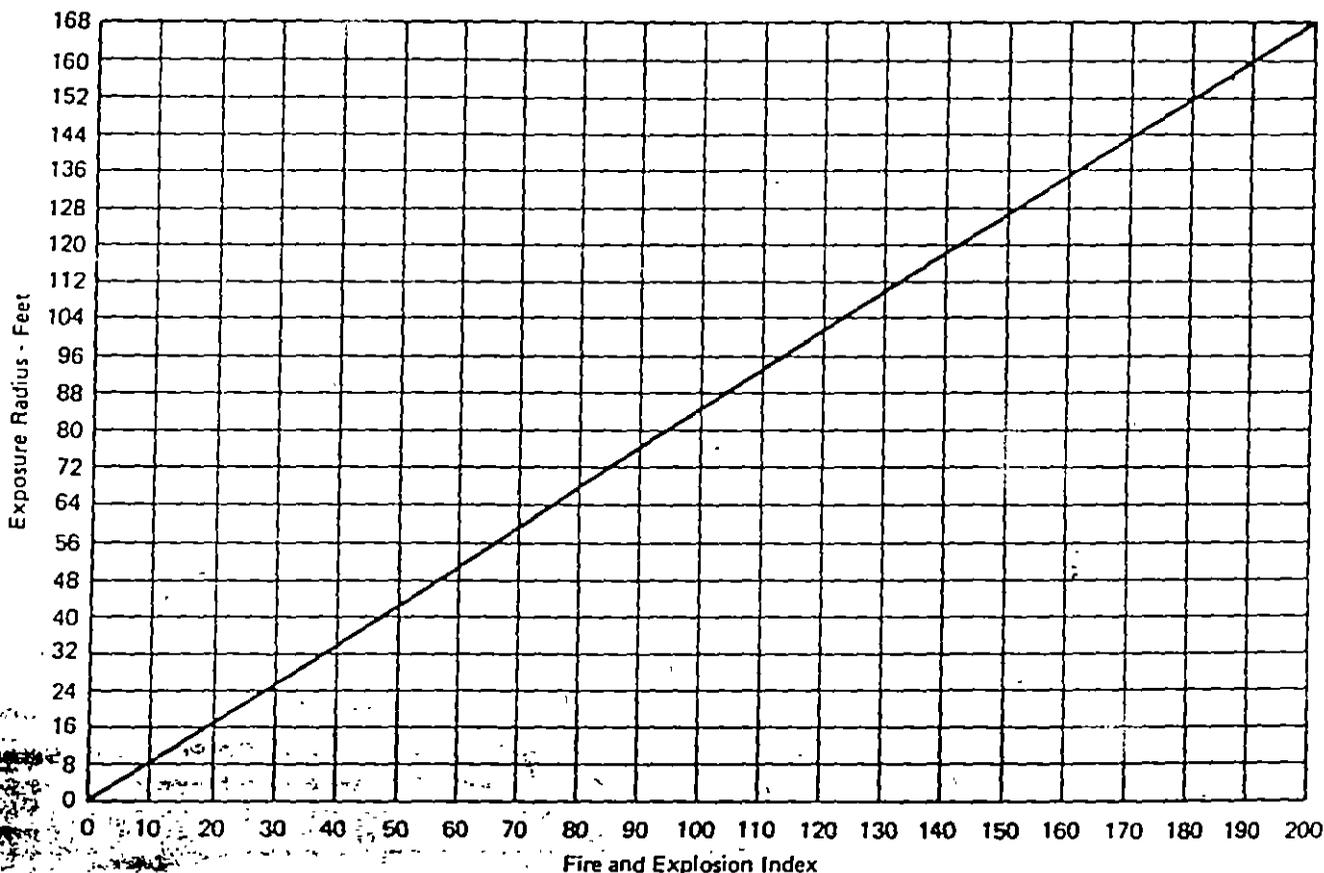
Figure 7 — Damage Factor



DETERMINE AREA OF EXPOSURE

The F&EI already calculated is converted to a "radius" by multiplying the F&EI by 0.84 or by using Figure 8, Area (Radius) of Exposure.

Figure 8 — Area (Radius) of Exposure



This Exposure Radius represents an Area of Exposure — the area containing equipment that could be exposed to a fire or to a fuel-air explosion generated in the Process Unit being evaluated. It is typically a cylindrical volume of plant area surrounding the Process Unit. This volume is expected to be the amount of plant at risk in the event of a fire or explosion caused by an incident in the Process Unit under study.

It is recognized that a fire and/or explosion incident does not spread out into a perfect circle producing equal damage in all directions. The actual damage can be affected by positioning of the equipment, wind direction, and drainage layout, all of which are important factors influencing loss prevention design. However, the circle affords a good basis for later calculations of values.

As a matter of interest, **Exposure Radius** was computed in early studies for the F&EI by considering the probable effects of spills of various flammable materials 3 inches (8 centimeters) deep as well as the potential effects of vapor-air mixtures and fire, considering several different sets of ambient conditions.

When the **Process Unit** being evaluated is a small piece of equipment, the **Exposure Radius** can be considered to start at the center of the item concerned.

The **Area of Exposure** for large pieces of equipment would extend outward from the equipment surface for a distance equal to the "radius." The volume of that area is added to the volume of the **Process Unit** being evaluated to determine the **Area** (actually volume) **of Exposure**.

For specific cases, you can consider likely leak points, such as vents, expansion joints, loading/unloading connections, etc. to be the center of the circle.

If the **Area of Exposure** is external to, but includes walls of buildings that are resistant to fire or explosion or both, the building may not be at risk, and may be excluded from the **Area of Exposure**. In general, the risk of explosion may exist when a significant quantity of material is being processed above its flash point.

When the material is stored in a warehouse or other building, the above reasoning leads us naturally to the conclusion that only the volume of that building itself is at risk, provided the risk is fire only, not explosion, and the construction is such that the walls and roof will not propagate fire. If the building does not have fire-resistant or at least non-combustible construction, the **Area of Exposure** will extend beyond its walls.

Some additional considerations are:

1. The entire area of a single building containing a **Process Unit** is considered to be an **Exposure Area** unless various parts of the building are separated from each other by vertical fire walls. If the risk of explosion exists, the entire building is considered to be an exposure area, even if its parts are separated by fire walls.
2. A multi-story building containing fire-resistant floors would be divided into exposure areas by floor levels.
3. Fire-resistant walls are an adequate barrier to exclude a building from fire exposure penalties if the fire source is **external**. However, where an explosion hazard exists, a fire-resistant wall cannot be considered an adequate barrier.
4. Blast resistant walls are considered adequate for establishing any **Area of Exposure** boundaries provided the protection from blasts is oriented in the correct direction.

The Value of the Area of Exposure is entered on line A-3, "Unit Analysis Summary," Exhibit B. The Base MPPD is then obtained by multiplying lines A-3 and B, entering on line C, "Unit Analysis Summary," Exhibit B, page 7.

The real effect of the F&EI on the final evaluation can be seen by referring to the following:

Example:

Process Unit "A"	Process Unit "B"
Unit Hazard Factor = 4.0	Unit Hazard Factor = 4.0
Material Factor = 16	Material Factor = 24
Damage Factor = 0.45	Damage Factor = 0.74
F&E Index = 64	F&E Index = 96
Exposure Radius = 54 ft. (16.4m)	Exposure Radius = 81 ft. (24.6m)

Although both **Process Units** have a **Unit Hazard Factor** (F_3) of 4.0, the final measurement of their probable loss exposure must include the hazard of the material being processed or handled.

The conditions in **Process Unit "A"** represent 45% damage to 9156 sq.ft. (851 square meters) of surrounding area. The conditions in **Process Unit "B"** represent 74% damage to 20600 sq.ft. (1914 square meters) of surrounding area.

If **Process Unit "B"** had a **Unit Hazard Factor** of 2.7 instead of 4.0, the F&EI would be the same as that of **Process Unit "A"**, 64. However, the **Damage Factor** for **Process Unit "B"** would be 0.64 (based on a **Material Factor** of 24), compared to a **Damage Factor** of 0.45 (based on a **Material Factor** of 16) for **Process Unit "A"**.

VALUE OF AREA OF EXPOSURE AND BASE MAXIMUM PROBABLE PROPERTY DAMAGE (Base MPPD)

At this point in the calculations, we have determined an **Area of Exposure** and obtained a **Damage Factor** from Figure 7, page 40. It is now necessary to obtain some related dollar values for the plant equipment within this theoretical volume of exposure.

The value of an **Area of Exposure** is obtained from the **Replacement Value** of the property contained within it.

$$\text{Replacement Value} = \text{Original Cost} \times 0.82 \times \text{Escalation Factor}$$

The factor 0.82 is an allowance for items of cost not subject to loss or replacement, such as site preparation, roads, underground lines and foundations, engineering expenses, etc. This factor may be changed if a more accurate estimate exists.

The **Replacement Value** may be calculated in several ways:

1. Use **Replacement Value** of the equipment in the **Area of Exposure**. The current value may be determined as outlined above. Accounting records, if properly constructed, can provide this information.

NOTE: Accounting may have an insurable value or actual cash value (A.C.V.), which is computed from current replacement value. While the dollars recovered in the event of loss are based on insurable value, the best estimate of risk is based on the current **Replacement Value**.

2. Make a current engineering cost estimate of the **Replacement Value** (excluding foundations and other cost items not subject to loss) of everything within the **Area of Exposure**. This can be quite time-consuming for all but new plants. To simplify the procedure, use major equipment cost only in estimating and correct to installed cost using Engineering Estimating Installation Factors.
3. Derive an equipment cost per square foot from the overall plant **Replacement Value**. Multiply this cost by the ground floor area within the plan view of the **Area of Exposure**. While this is likely to be the least accurate method, it may be the most practical for older plants.

When you compute the **Replacement Value** for the **Area of Exposure**, it is necessary to use the value of the product inventory along with the equipment value. For storage tanks, use 80% of tank capacity; for columns, towers, pumps, reactors, etc., use the product inventory or connected source of supply. Use 15 minute flow process or the volume available, whichever is less.

The product value should be based on cost of manufacture for work-in-process, on the sales value of salable products, or on the cost for scrap. All products within the **Area of Exposure** are to be included.

NOTE: When this **Area of Exposure** encompasses part of another **Area of Exposure**, the values for the two areas are not additive.

ACTUAL MAXIMUM PROBABLE PROPERTY DAMAGE (MPPD)

The product of the **Base MPPD** and the **Credit Factor** will provide the **Actual MPPD**. This product represents the property damage loss that could result from an incident of reasonable magnitude with adequate (not perfect) functioning of protective equipment. If any of these protective systems were to fail, the loss might approach the **Base MPPD**.

Enter the **Actual MPPD** into Section F of the "Unit Analysis Summary," Exhibit B, page 7.

MAXIMUM PROBABLE DAYS OUTAGE (MPDO)

As noted in the Introduction, the estimate of **MPDO** is a necessary step in assessing the potential **Business Interruption (BI)** from a loss incident. The dollar impact of **Business Interruption** can sometimes equal or exceed that of property damage, depending on inventory levels, product demand, and Dow's position in that particular business. A number of different conditions can cause variations in the relationship of **MPDO** to property damage. For example:

1. Repair of damaged cable in a cable tray could require as much time as the repair or replacement of small electric motors, pumps, and instruments, although the property damage would be smaller.
2. Failure of a vital raw material supply line, such as a brine line or a hydrocarbon line, would be a low property damage incident with a high **MPDO**.
3. Availability of hard-to-get or one-of-a-kind items will have an impact on the number of days a process will be down.
4. Ability to make up the lost product at a remote production facility.
5. Plant interdependence: loss of profit and continuing costs of a plant due to lack of material from your plant.

To obtain a **BI** figure, it is necessary first to arrive at the "**Actual MPPD**" of the area and then refer to Figure 9, page 46, to obtain the number of days outage (**MPDO**).

Figure 9 gives a correlation between **MPDO** and **MPPD**. The data are derived from historical fire and explosion loss incidents, which also provided a basis for the **Damage Factor**. Such a correlation is imprecise because there is a considerable spread of data. In many instances, people have simply read the **MPDO** value directly from the central correlation line. The intention is that judgment should be used in selecting the **MPDO**, and that the value will generally fall at about the 70% probability level in the absence of any other controlling factor. However, the value for the **MPDO** could deviate considerably from 70% if there were clearly some strong overriding consideration.

In some instances, the **MPDO** may not be realistic for the known conditions. For example, critical component parts for a compressor might be kept in stock or a spare pump or rectifier might be in stock. This would justify using the **MPDO** obtained from the lower line of the normal range bracketing the 70% probability level. On the other hand, hard to get or one of a kind items would usually require using an **MPDO** near the upper line of that range. Alternatively, an individual analysis of the effect of fire and/or explosion might be substituted for the use of Figure 9.

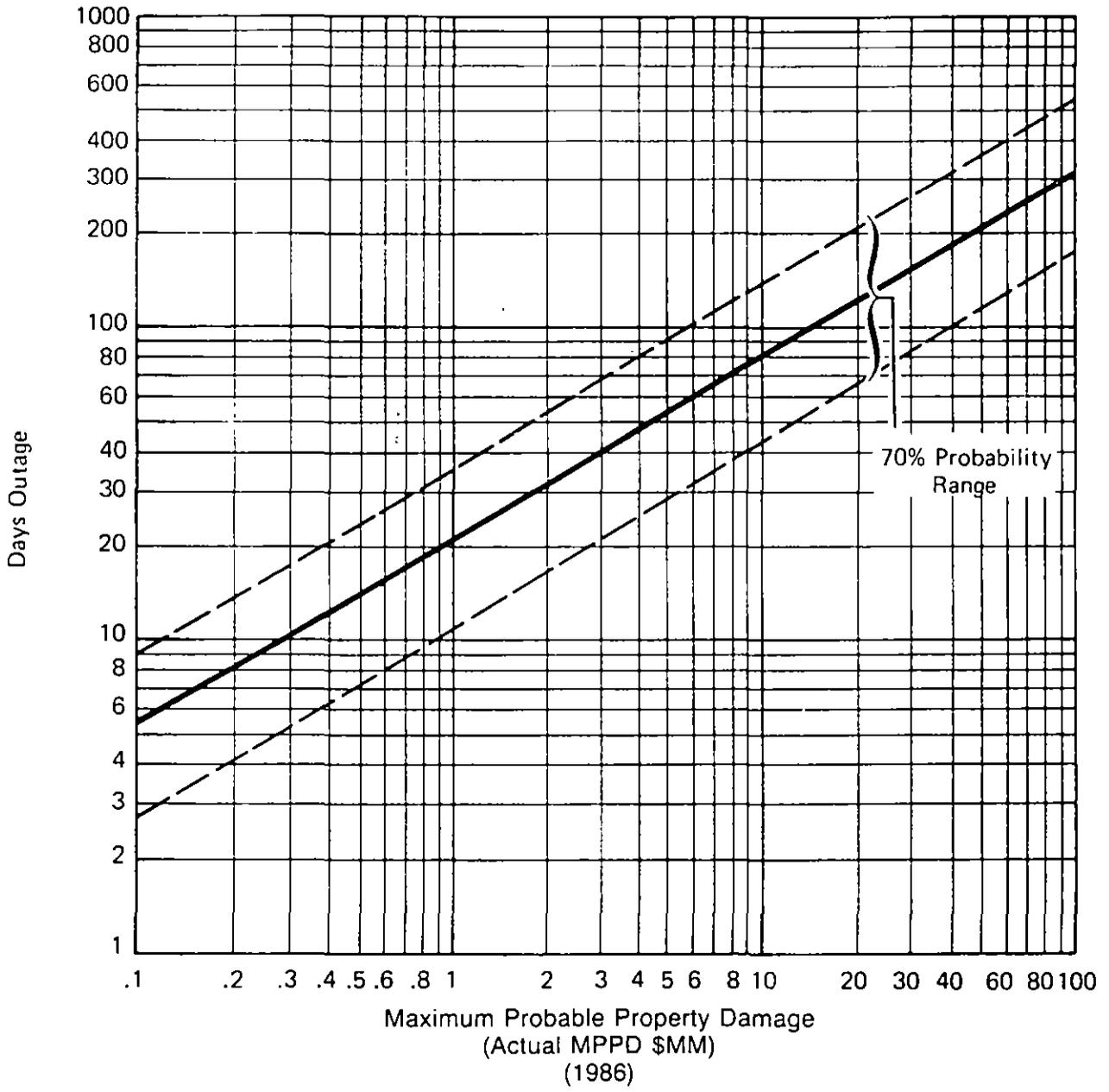
The calculation for **BI** is done as follows:

$$\frac{\text{MPDO}}{30} \times \$\text{VPM} \times 0.70 = \text{SBI}$$

\$VPM is the monthly value of production and 0.70 represents fixed costs plus profits.

Enter the **MPDO** and **BI** loss on lines F and G of the Unit Analysis Summary, Exhibit B, page 7.

Figure 9 — Maximum Probable Days Outage (MPDO)



PLANT RISK ANALYSIS SUMMARY

The **Plant Risk Analysis Summary** (Exhibit C, page 8) will represent the probable loss impact of both property damage (MPPD) and business interruption (MPDO) for the plant being evaluated.

All Calculations for a plant are tabulated on the **Plant Risk Analysis Summary**. The actual MPPD will be the highest value obtained in the cost evaluation of the various **Process Units** selected.

The **F&EI Form** (Exhibit A, page 6) and the **Loss Control Credits and Unit Analysis Summary** (Exhibit B, page 7) are used for separate **Process Unit** calculations.

RISK ANALYSIS PACKAGE

It is sometimes necessary to provide fire insurance carriers with a summary of the loss and prevention features on plants. This summary is called a **Risk Analysis Package**, and includes the following:

1. Plant Risk Analysis Summary;
2. F&EI Form, completed for highest MPPD;
3. F&EI Form, completed for highest MPDO & BI;
4. Simplified Block Flowsheet;
5. Plot plan showing Areas of Exposure, Gas Detection, Fire Equipment, Emergency Block Valves (EBV's), etc.;
6. Business Interruption data, including:
 - a. Sources of raw materials and alternates
 - b. Packaging and shipping of product or products
 - c. Essential utilities and reliability
 - d. Critical equipment and plans for coping with breakdown
 - e. Capability of loss control systems such as firefighting, water supply, deluge water spray, explosion suppression, fire department response, etc.

It is recommended that each site maintain a current **Risk Analysis Package** for each of its plants.

MAXIMUM PROBABLE PROPERTY DAMAGE (MPPD) — GENERAL

Now judge whether the **MPPD** and **MPDO** represent an acceptable risk exposure, or whether some action must be considered to reduce the risk to loss. No corporate guidelines exist to help you determine what level of risk is acceptable.

One criterion that has been suggested is that an actual **MPPD** below U.S. \$2 million would be considered acceptable, but that if the **MPPD** exceeds U.S. \$4 million, the plant involved should be reviewed closely for possible reduction of risk. Intermediate value would be borderline. However, these loss levels might be considered too high for some local units.

An alternative approach would be to set the acceptable **MPPD** value at 10% of the plant Replacement Value.

Whatever level of **MPPD** is regarded as acceptable, the important consideration is what action will or can be taken if the **MPPD** is not acceptable.

- a) Where this analysis is carried out at the design phase of a new capital project, there will be opportunity for action to reduce **MPPD**, and this can and should be done. The most generally effective way to achieve this is by a change in layout or by an increase in separation distances and a reduction of total capital within the Area of Exposure. In certain cases, where the inventory penalty is a major item in the F&EI, a reduction in inventory may be feasible and effective. Other possibilities may be found in specific cases. **It will quickly become apparent that preventative measures that reduce the F&EI have more impact on the MPPD than the addition of more protective features (credit factors).**
- b) Where the review is carried out on an existing operating plant, changes in layout or inventory are much less likely to be economically feasible and the opportunities to achieve a significant reduction in **MPPD** may be very limited.

APPENDIX A
MATERIAL FACTORS (MF)

Compound	MF	Hc BTU/lb. $\times 10^{-3}$	NFPA Classification			Flash Point ° F	Boiling Point ° F
			N _h	N _f	N _r		
Acetaldehyde	24	10.5	2	4	2	-38	70
Acetic Acid	14	5.6	2	2	1	103	245
Acetic Anhydride	24	7.1	2	2	1	129	284
Acetone	16	12.3	1	3	0	-4	133
Acetone Cyanohydrin	24	11.2	4	1	2	165	248
Acetonitrile	24	12.6	2	3	0	42	179
Acetyl Chloride	24	2.5	3	3	2	40	124
Acetylene	40	20.7	1	4	3	Gas	-118
Acetyl Ethanolamine	14	9.4	1	1	1	355	305
Acetyl Peroxide	40	6.4	1	2	4	—	4
Acetyl Salicylic Acid	—	8.9	1	1	0	—	—
Acetyl Tributyl Citrate	4	10.9	—	1	0	400	343 ¹
Acrolein	24	11.8	3	3	2	-15	125
Acrylamide	14	9.5	2	1	1	—	257 ¹
Acrylic Acid	24	7.6	3	2	2	122	287
Acrylonitrile	24	13.7	4	3	2	32	171
Allyl Alcohol	16	13.7	3	3	0	70	206
Allylamine	16	15.4	3	3	1	-20	128
Allyl Bromide	16	5.9	3	3	1	30	160
Allyl Chloride	29	9.7	3	3	1	-25	113
Allyl Ether	24	16.0	3	3	2	20	203
Aluminum Chloride	24	2	3	0	2	—	3
Ammonia	4	8.0	3	1	0	Gas	-28
Ammonium Nitrate	29	12.4 ⁷	2	0	3	—	410
Amyl Acetate	16	14.6	1	3	0	60	300
Amylacetate	16	14.4	1	3	0	77	300
Amyl Nitrate	24	11.5	2	2	0	118	306-315
Aniline	14	15.0	3	2	0	158	364
Barium Chlorate	24	2	0	1	2	—	—
Barium Stearate	4	8.9	0	1	0	—	—
Benzaldehyde	24	13.7	2	2	0	145	355
Benzene	16	17.3	2	3	0	12	176
Benzoic Acid	4	11.0	2	1	0	250	482
Benzyl Acetate	4	12.3	1	1	0	195	417
Benzyl Alcohol	4	13.8	2	1	0	200	403
Benzyl Chloride	14	12.6	2	2	1	153	354
Benzyl Peroxide	40	12.0	1	3	4	—	—
Bisphenol A	14	14.1	2	1	1	175	428
Bromine	1	0.0	4	0	0	—	—
Bromobenzene	14	8.1	2	2	0	124	313
o-Bromotoluene	10	8.5	2	2	0	174	359
1,3-Butadiene	24	19.2	2	4	2	Gas	24
Butane	21	19.7	1	4	0	Gas	31
Butanol (n-butyl alcohol)	16	14.3	1	3	0	84	243
1-Butene	21	19.5	1	4	0	Gas	21
Butyl Acetate	16	12.2	1	3	0	72	260
Butyl Acrylate	24	14.2	2	2	2	118	293
n-Butylamine	16	16.3	2	3	0	10	172
Butyl Bromide	16	7.6	2	3	0	65	215
Butyl Chloride	16	11.4	2	3	0	15	170

APPENDIX A
MATERIAL FACTORS (MF)

Compound	MF	Hc BTU/lb. x10 ⁻³	NFPA Classification			Flash Point ° F	Boiling Point °
			N _h	N _f	N _r		
2,3-Butylene Oxide	24	14.3	2	3	2	5	149
Butyl Ether	16	16.3	2	3	0	77	286
t-Butyl Hydroperoxide	40	11.9	1	4	4	80	—
Butyl Nitrate	29	11.1	1	3	3	97	277
t-Butyl Peracetate	40	10.6	2	3	4	<80	4
t-Butyl Perbenzoate	40	12.2	1	3	4	>190	4
t-Butyl Peroxide	29	14.5	1	3	3	64	176
Calcium Carbide	24	9.1	1	1	2	—	—
Calcium-Stearate ⁶	4	—	0	1	0	—	—
Carbon Disulfide	16	6.1	2	3	0	-22	115
Carbon Monoxide	16	4.3	2	4	0	Gas	-314
Chlorine	1	0.0	3	0	0	—	—
Chlorine Dioxide	40	0.7	3	1	4	—	—
Chloroacetyl Chloride	14	2.5	3	0	1	—	222
Chlorobenzene	16	10.9	2	3	0	82	270
Chloroform	1	1.5	2	0	0	—	142
Chloro Methyl Ethyl Ether	14	5.7	2	1	1	—	—
1-Chloro 1-Nitroethane	40	3.53	—	2	3	133	344
o-Chlorophenol	10	9.2	3	2	0	147	347
Chloropicrin	29	5.87	4	0	3	—	234
Chloropropane	21	10.1	2	4	0	-26	95
Chlorostyrene	24	12.5	2	1	2	—	—
Coumarin	24	12.0	2	1	2	—	554
Cumene	10	18.0	2	3	0	96	306
Cumene Hydroperoxide	40	13.7	1	2	4	175	4
Cyanamide	29	7.0	4	1	3	286	500
Cyclobutane	21	19.1	1	4	0	Gas	55
Cyclohexane	16	18.7	1	3	0	-4	179
Cyclohexanol	4	15.0	1	2	0	154	322
Cyclopropane	21	21.3	1	4	0	Gas	-29
DER* 331	14	13.7	—	—	—	485	878
Dichlorobenzene	14	8.1	2	2	0	151	356
1,2-Dichloroethylene	24	6.9	2	3	2	36	119
1,3-Dichloropropene	16	6.0	2	3	0	95	219
2,3-Dichloropropene	16	5.9	3	3	0	59	201
3,5-Dichloro Salicylic Acid	24	5.3	0	1	2	—	—
Dichlorostyrene	24	9.3	2	1	2	225	—
Dicumyl Peroxide	29	15.4	0	1	3	—	—
Dicycloentadiene	24	17.9	1	3	2	90	342
Diesel Fuel	10	18.7	0	2	0	100-130	315
Diethanolamine	14	10.0	1	1	0	342	514
Diethylamine	16	16.5	2	3	0	-9	134
m-Diethyl Benzene	10	18.0	2	2	0	133	358
Diethyl Carbonate	16	9.1	2	3	1	77	259
Diethylene Glycol	4	8.7	1	1	0	255	472
Diethyl Ether	21	14.5	2	4	1	-49	95
Diethyl Peroxide	40	12.2	—	4	4	4	4
Diisobutylene	16	19.0	1	3	0	23	214
Diisopropyl Benzene	4	17.9	0	2	0	170	401
Dimethyl Amine	21	15.2	3	4	0	Gas	45

TRADEMARK OF THE DOW CHEMICAL COMPANY

APPENDIX A
MATERIAL FACTORS (MF)

Compound	MF	Hc BTU/lb. x10 ⁻³	NFPA Classification			Flash Point ° F	Boiling Point ° F
			N _h	N _f	N _r		
2,2-Dimethyl Propanol	16	14.8	2	3	0	98	237
Dinitrobenzene	40	7.2	3	1	4	302	604
2,4-Dinitro Phenol	40	6.1	3	1	4	—	—
1,4-Dioxane	16	10.5	2	3	1	54	214
Dioxolane	24	9.1	2	3	2	35	165
Diphenyl Oxide	14	14.9	1	1	0	259	449
Dipropylene Glycol	4	10.8	0	1	0	280	449
Di-tert-Butyl Peroxide	40	14.5	3	2	4	70	—
Divinyl Acetylene	29	18.2	—	3	3	-4	183
Divinylbenzene	24	17.4	2	2	2	169	392
Divinyl Ether	24	14.5	2	3	2	-22	102
DOWANOL* PM	16	11.1	0	3	0	94	248
DOWICIL* 75	24	7.0	2	2	2	—	—
DOWICIL 200	24	9.3	2	2	2	—	—
DOWTHERM* A	4	15.5	1	1	0	255	495
DOWTHERM G	4	15.5	1	1	0	305	575
DOWTHERM J	10	17.8	1	2	0	145	358
DOWTHERM HT	4	—	1	1	0	355	650
DOWTHERM LF	4	16.0	1	1	0	260	507
DURSBAN*	14	19.8	1	2	1	81-110	—
Epichlorohydrin	24	7.2	3	2	2	88	239
Ethane	21	20.4	1	4	0	Gas	-128
Ethanolamine	4	9.5	2	2	0	185	342
Ethyl Acetate	16	10.1	1	3	0	24	171
Ethyl Acrylate	24	11.0	2	3	2	50	211
Ethyl Alcohol	16	11.5	0	3	0	55	173
Ethylamine	21	16.3	3	4	0	0	62
Ethyl Benzene	16	17.6	2	3	0	70	277
Ethyl Benzoate	4	12.2	1	1	0	190	414
Ethyl Bromide	21	5.6	2	1	0	—	100
Ethylbutylamine	16	17.0	3	3	0	64	232
Ethyl Butylcarbonate	14	10.6	2	2	1	122	275
Ethyl Butyrate	16	12.2	0	3	0	75	248
Ethyl Chloride	21	8.2	2	4	0	-58	54
Ethyl Chloroformate	16	5.2	—	3	1	61	201
Ethylene	24	20.8	1	4	2	Gas	-155
Ethylene Carbonate	14	5.3	2	1	1	290	351
Ethylenediamine	10	12.4	3	2	0	104	241
Ethylene Dichloride	16	4.6	2	3	0	56	183
Ethylene Glycol	4	7.3	1	1	0	232	387
Ethylene Glycol Dimethyl Ether	16	11.6	2	3	0	29	174
Ethylene Glycol Monoacetate	4	8.0	0	1	0	215	357
Ethylenimine	29	13.0	3	3	2	-20	132
Ethylene Oxide	29	11.7	2	4	3	0	51
Ethyl Ether	21	14.4	2	4	1	-49	95
Ethyl Formate	16	8.7	2	3	0	-4	130
2-Ethylhexanal	14	16.2	2	2	1	112	325
1,1-Ethylidene Dichloride	16	4.5	2	3	0	22	138
Ethyl Mercaptan	21	12.7	2	4	0	0	95
Ethyl Nitrate	40	6.4	2	3	4	50	190

TRADEMARK OF THE DOW CHEMICAL COMPANY

APPENDIX A

MATERIAL FACTORS (MF)

Compound	MF	Hc BTU/lb. $\times 10^{-3}$	NFPA Classification			Flash Point ° F	Boiling Point ° F
			Nh	Nf	Nr		
Ethyl Propyl Ether	16	15.2	1	3	0	108	147
p-Ethyl Toluene	10	17.7	—	2	0	108	324
Fluorine	29	—	4	0	3	—	-310
Fluorobenzene	24	13.4	—	3	0	5	185
Formaldehyde	24	8.0	2	4	0	Gas	-3
Formic Acid	4	3.0	3	2	0	100	213
Fuel Oil #1 to #6	10	18.7	0	2	0	100-150	304-574
Furan	21	12.6	1	4	1	50	88
Gasoline	16	18.8	1	3	0	40	100-400
Glycerine	4	6.9	1	1	0	300	554
Glycolonitrile	14	7.6	1	1	1	—	—
Heptane	16	19.2	1	3	0	—	209
Hexachlorobutadiene	14	2.0	2	1	1	—	410
Hexachloro Diphenyl Oxide	29	5.5	2	1	1	—	446 ¹
Hexanal	16	15.5	2	3	1	—	268
Hexane	16	19.2	1	3	0	—	156
Hydrazine (anhydrous)	24	7.7	3	3	2	—	236
Hydrogen	21	51.6	0	4	0	Gas	-422
Hydrogen Cyanide	29	10.3	4	4	2	—	79
Hydrogen Peroxide (35%)	24	2	2	0	2	—	—
Hydrogen Sulfide	21	6.5	3	4	0	Gas	-76
Hydroxylamine	29	3.2	1	3	3	—	158
Hydroxy Ethyl Acrylate	14	8.9	2	1	2	—	375
Hydroxy Propyl Acrylate	14	10.4	2	1	2	—	375
Isobutane	21	19.4	1	4	0	Gas	11
Isobutyl Alcohol	16	14.2	1	3	0	—	225
Isobutylamine	16	16.2	2	3	0	—	150
Isobutylchloride	16	11.4	2	3	0	—	156
Isopentane	21	21.0	1	4	0	—	82
Isoprene	21	18.9	2	4	1	—	93
Isopropanol	16	13.1	1	3	0	—	181
Isopropenyl Acetylene	24	—	2	4	2	—	92
Isopropyl Acetate	16	11.2	1	3	0	—	194
Isopropylamine	21	15.5	3	4	0	—	89
Isopropyl Chloride	21	10.0	2	4	0	—	95
Isopropyl Ether	16	15.6	2	3	1	-18	156
Jet Fuel A & A-1	10	21.7	0	2	0	110-150	—
Jet Fuel B	16	21.7	1	3	0	-10 to +30	—
Kerosene	10	19.8	0	2	0	100-162	304-574
Lauryl Bromide	4	12.9	1	1	0	201	356
Lauryl Mercaptan	4	16.8	2	1	0	200	289
LORSBAN* 4E	14	3.0	1	2	1	—	165
Lauryl Peroxide	40	15.0	0	1	4	—	—
Lube Oil	4	19.0	0	1	0	350-400	—
Magnesium	14	10.6	0	1	1	—	—
Maleic Anhydride	14	5.9	3	1	1	215	396
Methacrylic Acid	24	9.3	3	2	2	171	316
Methane	21	21.5	1	4	0	Gas	-259
Methyl Acetate	16	8.5	1	3	0	—	140
Methylacetylene	40	20.0	2	4	2	Gas	-10

* TRADEMARK OF THE DOW CHEMICAL COMPANY

APPENDIX A
MATERIAL FACTORS (MF)

Compound	MF	Hc BTU/lb. $\times 10^{-3}$	NFPA Classification			Flash Point ° F	Boiling Point ° F
			N _h	N _f	N _r		
Methyl Acrylate	24	18.7	2	3	2	27	176
Methyl Alcohol	16	8.6	1	3	0	52	147
Methylamine	21	13.2	3	4	0	Gas	21
Methyl Amyl Ketone	10	15.4	1	2	0	102	302
Methyl Borate	16	—	2	3	1	<80	156
Methyl Carbonate	16	6.2	2	3	1	66	192
Methylcellulose (bag storage)	10	6.5	0	1	0	—	—
Methyl Chloride	21	5.5	2	4	0	-50	-11
Methyl Chloroacetate	14	5.1	2	2	1	135	266
Methylcyclohexane	16	19.0	2	3	0	25	214
Methyl Cyclopentadiene	14	17.4	1	2	1	120	163
Methylene Chloride	4	2.3	2	1	0	—	104
Methyl Ether	21	12.4	2	4	1	Gas	-11
Methyl Ethyl Ketone	16	13.5	1	3	0	16	176
Methyl Formate	21	6.4	2	4	0	-2	90
Methylhydrazine	24	10.9	3	3	2	17	190
Methyl Isobutyl Ketone	16	16.6	2	3	0	64	244
Methyl Mercaptan	21	10.0	2	4	0	—	42
Methyl Methacrylate	24	11.9	2	3	2	50	212
2-Methylpropenal	24	15.4	3	3	2	35	154
Methyl Vinyl Ketone	24	13.4	3	3	2	20	177
Mineral Oil	4	17.0	0	1	0	380	680
Mineral Seal Oil	4	17.6	0	1	0	275	480-680
Monethanolamine	4	9.6	2	1	0	200	338
Monochlorobenzene	16	11.3	2	3	0	82	270
Naphtha, V.M. & P, Regular	16	18.0	1	3	0	28-85	212-320
Naphthalene	14	16.7	2	2	0	174	424
Nitrobenzene	24	10.4	3	2	0	190	412
Nitrobiphenyl	14	12.7	2	1	0	290	626
Nitrichlorobenzene	29	7.8	3	1	1	261	457
Nitroethane	29	7.7	1	3	3	82	237
Nitroglycerine	40	7.8	2	2	4	4	4
Nitromethane	40	5.0	1	3	3	95	214
1-Nitropropane	29	9.7	1	3	1	96	268
p-Nitrotoluene	29	11.2	3	1	0	223	461
N-SERV*	10	15.0	2	2	1	102	300
Octane	16	20.5	0	3	0	56	258
t-Octyl Mercaptan	10	16.5	2	2	0	115	329
Oleic Acid	4	16.8	0	1	0	372	547
Pentamethylene Oxide	16	13.7	2	3	1	-4	178
Pentane	21	19.4	1	4	0	-40	97
Peracetic Acid	40	4.8	3	2	4	105	221
Perchloric Acid	29	2	3	0	3	—	397
Petroleum - Crude	16	21.3	1	3	0	20-90	—
Phenol	4	13.4	3	2	0	175	358
2-Picoline	14	15.0	2	2	0	102	262
Polyethylene	18	18.7	—	—	—	NA	NA
Polystyrene Foam	16	17.1	—	—	—	NA	NA
Polystyrene Pellets	10	—	—	—	—	NA	NA
Potassium	24	—	3	1	2	—	1418

TRADEMARK OF THE DOW CHEMICAL COMPANY

APPENDIX A

MATERIAL FACTORS (MF)

Compound	MF	Hc BTU/lb. $\times 10^{-3}$	NFPA Classification			Flash Point ° F	Boiling Point ° F
			N _h	N _f	N _r		
Potassium Chlorate	29	2	2	0	3	—	752
Potassium Nitrate	29	2	1	0	3	—	752
Potassium Perchlorate	24	2	1	0	2	—	—
Potassium Peroxide	24	2	3	0	2	—	—
Propanal	16	12.5	2	3	1	22	120
Propane	21	19.9	1	4	0	Gas	-44
1,3-Propanediimine	16	13.6	2	3	0	75	276
Propargyl Alcohol	29	12.6	3	3	3	97	239
Propargyl Bromide	40	13.6 ⁷	4	3	4	64	192
Propionic Nitrile	16	15.0	4	3	1	36	207
Propyl Acetate	16	11.2	1	3	0	55	215
Propyl Alcohol	16	12.4	1	3	0	74	207
Propylamine	16	15.8	3	3	0	-35	120
Propylbenzene	16	17.3	2	3	0	86	319
Propylchloride	16	10.0	2	3	0	0	115
Propylene	21	19.7	1	4	1	Gas	-53
Propylene Dichloride	16	6.3	2	3	0	60	205
Propylene Glycol	4	9.3	0	1	0	210	370
Propylene Oxide	24	13.2	2	4	2	-35	94
Propyl Ether	16	15.7	1	3	0	70	194
Propyl Nitrate	29	7.4	2	4	3	68	231
Pyridine	24	5.9	2	3	0	68	239
Sodium	24	—	3	1	2	—	—
Sodium Chlorate	24	—	1	0	2	—	4
Sodium Dichromate	14	—	1	0	1	—	4
Sodium Hydride	24	—	3	3	2	—	4
Sodium Hydrosulfite	24	—	3	1	2	—	4
Sodium Perchlorate	24	—	2	0	2	—	4
Sodium Peroxide	24	—	3	0	2	—	4
Stearic Acid	4	15.9	1	1	0	385	726
Styrene	24	17.4	2	3	2	88	295
Sulfur	4	4.0	2	1	0	—	—
Sulfur Chloride	24	1.8	2	1	2 ⁵	245	280
Sulfur Dioxide	1	0.0	2	0	0	Gas	12
Tetrachlorobenzene	4	4.7	0	1	0	311	475
TELONE* II	16	3.2	2	3	0	83	220
TELONE* C-17	16	2.7	3	3	1	79	200
Toluene	16	17.4	2	3	0	40	231
Tributylamine	4	17.8	2	2	0	187	417
Trichlorobenzene	29	6.2	2	1	3	210	413
1,1,1-Trichloroethane	14	3.1	3	1	1	None	165
Trichloroethylene	4	2.7	2	1	0	None	188
1,2,3-Trichloropropane	10	4.3	3	2	0	180	313
Triethanolimine	14	10.1	2	1	1	385	650
Triethylaluminum	29	16.9	3	3	3	-63	381
Triethylamine	16	17.8	2	3	0	16	193
Triethylene Glycol	4	9.3	1	1	0	350	546
Triisobutylaluminum	29	18.9	—	3	3	32	238
Triisopropylbenzene	16	18.1	0	1	0	207	495
Trimethylaluminum	29	16.5	—	3	3	32	259

* TRADEMARK OF THE DOW CHEMICAL COMPANY

APPENDIX A
MATERIAL FACTORS (MF)

Compound	MF	Hc BTU/lb. x10 ⁻³	NFPA Classification			Flash Point ° F	Boiling Point ° F
			N _h	N _f	N _r		
Trimethylamine	21	10.1	2	4	0	Gas	38
Tripropylamine	10	17.8	2	2	0	105	313
Vinyl Acetate	24	9.7	2	3	2	18	161
Vinyl Acetylene	40	19.5	—	4	3	—	41
Vinyl Allyl Ether	24	15.5	2	3	2	68	153
Vinyl Butyl Ether	24	15.4	2	3	2	15	202
Vinyl Chloride	21	8.0	2	4	1	Gas	7
Vinyl Cyclohexene	24	19.0	0	3	2	61	266
Vinyl Ethyl Ether	24	14.0	2	4	2	-50	96
Vinylidene Chloride	24	4.2	2	4	2	-19	89
Vinyl Toluene	14	17.5	2	2	1	120	334
Xylene	16	17.6	2	3	0	81	292
Zinc Chlorate	24	2	2	1	2	—	—
Zinc Stearate ⁸	—	10.1	0	1	0	530	—

Footnotes:

The net Heat of Combustion (H_c) is the value obtained when the water formed in the combustion is considered to be in the vapor state. When H_c is given in Kcal/gm mole it can be converted to Btu/lb by multiplying by 1800 and dividing by molecular weight.

¹Vacuum distillation

²Material oxidized to higher level of oxidation

³Sublimes

⁴Explodes on heating

⁵Decomposes in water

⁶MF is packaged material

⁷Hc equivalent to six times the heat of decomposition (Hd)

⁸Evaluate as a DUST

APPENDIX B

DETERMINATION OF MATERIAL FACTOR BY CALCULATION/TESTING

The **Material Factor** has only two components, flammability and reactivity, and represents the hazard of both. Once these two are established, the **Material Factor** can be determined, as described in the text.

The selection of the significant material for determining the **Material Factor** can be a problem. Pure materials are straightforward. Problems arise when the process has a mixture of materials, particularly in batch reactors where many sequential reactions are done.

For example, in a batch process, where the composition changes during the batch cycle, it will be valid to select the worst condition which normally occurs during the cycle.

If there is a mixture of materials in a **Process Unit** with **MF** (Material Factor) of 10, 16 and 24, 16 should not immediately be used as the key **MF** since the mixture "Hazard" is not necessarily the material with an **MF** of 16.

The best way to determine the **MF** of the mixture is to obtain the flash point, boiling point (initial) and DTA/DSC exotherm peak temperature of the mixture, and to use them to enter Table I of the text.

The Reactive Chemicals program requires that the flash point, DTA/DSC and other pertinent data be obtained before scale-up. Therefore, these data should be available. As an interim temporary measure, if it is an absolute certainty that there is no reaction between components of a mixture, one can estimate the flash point, etc., using certain chemical engineering approximations, provided the components are chemically homologous. Example B illustrates such an approximation estimate:

Example B

Matl.	Wt. %	MW	Mol. Frac.	Fl. Pt. °F	BP °F	DTA °C	Matl. Factor
Styrene (STY)	20	104	.22	90	295	220	24
Ethylbenzene (EB)	40	106	.34	59	277	400	16
Diethylbenzene (DEB)	40	134	.44	133	358	400	10

Calculations

Matl.	Rel. Vap. Press.	RVP X Mol. Frac.
STY	.55	.121
EB	1.00	.340
DEB	.077	.034
		<hr/>
		.495

Since there is no interreactivity, a rough estimate of the mixture flash point, (initial) boiling point, and DSC/DTA can be made on the principle that vapor pressure and reaction rate double about every 20 C° for most materials at temperatures of interest. This is done as follows:

Flash Point: Using EB as the key, calculate relative vapor pressure (RVP). Styrene has a 31°F (17°C) higher flash point and is $0.5 (17/20) = .55$ in RVP. DEB similarly is $0.5 (133-59/20) = .077$. Adding the RVP x Mol. Frac. for the three components, the mixture RVP is .495, so the flash point is $20 \times \log .495 / \log .5 = 20.3^\circ\text{C}$, x 1.8 = 37°F higher than the key; namely $37 + 59 = 96^\circ\text{F}$.

(Initial) Boiling Point: Since all boiling points are above 100°F, the mixture will boil above 100°F, which is all that is needed here. For a flash point of 96°F and a boiling point above 100°F, $N_f = 3$ (Table I, page 13).

DSC/DTA: Using the lowest DSC/DTA (220°C) and noting the Mole Fracture one would expect the reaction to proceed at .22 of the rate of the pure component. The temperature for the same rate would be higher by $20 \times \log .22 / \log .5 = 44^\circ\text{C}$, + 220 = 264°C estimated DTA peak for the mixture, which therefore has a $N_r = 2$. (See DETERMINE MATERIAL FACTOR section.)

Material Factor: From $N_f = 3$ and $N_r = 2$, Table I gives MF = 24 at temperatures up to 140°F (60°C). The Material Factor section provides adjustment for temperatures above 140°F.

This Material Factor would reflect a realistic hazard of the mixture. The MF of a mixture is usually the highest MF among the components present in a significant concentration, say, five percent or so.

Some examples of Material Factor application are:

1. ETHYLENE AND CHLORINE IN AN EDC REACTOR TO PRODUCE EDC. MF should be for EDC and not ethylene or chlorine. Because the reaction is very fast between the ethylene or chlorine. Because the reaction is very fast between the ethylene and chlorine being sprayed into liquid EDC (ethylene dichloride), the reactor contains only EDC. The hazard is EDC in the reactor.
2. ETHANE CRACKED IN A FURNACE TO MAKE ETHYLENE. MF should be for ethylene. The most likely leak of contents is a mixture of ethane and ethylene, with the ethylene content significant enough to make the mixture much like ethylene in its reactivity.
3. CONTINUOUS BENZENE ALKYLATION REACTOR. The feed streams to the reactor are ethylene (MF = 24) and benzene (MF = 16), while the bulk of inventory in the reactor is ethyl benzene (MF = 16). There is a minimum of unreacted ethylene present in the reactor. The recommended material factor of use is 16. Although this process involves the potential for release of an ethylene vapor cloud external to the reactor, there is no connection between this and penalty factors applied for conditions in the reactor. It would be wise to consider something in the ethylene feed system as a separate Process Unit and calculate the F&EI for the feed system Process Unit to determine the worst case.
4. POLYOL REACTOR (BATCH PROCESS). The initial charge to the reactor is glycerine (MF = 4). Propylene oxide (PO) (MF = 21) and/or ethylene oxide (EO) (MF = 29) are added progressively during the batch and react with the glycerine to form the polyol (MF = 4). When EO alone is used, it reacts relatively quickly so that there are only small amounts of unreacted EO present in the reactor at any time; hence, the reactor MF = 4. However, the PO reaction is slower and there may be up to about 15% of unreacted PO present at some stage. The suggested material factor, then, for the F&EI calculation is the factor for the worst case reaction mixture containing 15% PO (MF = 24).

This is a typical case where it is not appropriate to take a weighted average of factors for individual components in determining the factor for the mixture. This is due to the wide disparity in the properties of components and the high molecular weight of the polyol. It is necessary to consider the actual properties of the mixture which are equivalent to $N_f = 3$ and $N_r = 2$, for a material factor of 24. This compares with a value of about 6.6 which would be wrongly obtained as a weighted average factor. If the properties of the mixture are not known, the approach taken in 3. above may be appropriate while awaiting results of reactive chemicals testing of the mixture.

5. ELECTROLYTIC PRODUCTION OF CHLORINE PRESENTS A TYPICAL APPROACH. The process is endothermic and not theoretically hazardous; the hazards present are due to the presence of flammable hydrogen and reactive chlorine. The MF for hydrogen would be correct for this evaluation, as the MF for hydrogen is the higher.

6. WHEN FEEDING TWO REACTANTS CONTINUOUSLY, SUCH AS IN BURNERS, consider the "burner-type" reactor. An example is an HCl (hydrogen chloride) synthesis reactor, which, as a Process Unit reacts hydrogen with chlorine but normally contains only HCl, a completely non-reactive and non-combustible gas (MF = 1). However, the slightest upset can result in flameouts, and reaction ceases, resulting in the Process Unit filling with reactants. The explosion hazards of HCl synthesis reactors are so well known that they are always provided with explosion relief. MF should be based on the higher MF of the two reactants, hydrogen (MF = 21) and chlorine (MF = 14); that is, the MF should be 21.

Fired boilers and furnaces are subject to flameout and explosive re-ignition (of the reactants, fuel and air). They should be treated similarly to the example in the previous paragraph.

7. If a mixture is mostly water, consider carefully the condition of the water in determining the "material factor" to avoid an unrealistically low value. For example, water saturated with butadiene will have a true flash point equal to that of butadiene, but will not have a DTA/DSC exotherm. The vapor above such water is mostly butadiene. $N_r = 0$ and $N_f = 4$; therefore, $Mf = 21$ for the vapor space.

In summary, the **Process Unit** should be examined over its cycle of operation for the most hazardous state. The most hazardous state is when the worst possible materials may escape from or exist in the process equipment during normal starting up, operating or shutting down.

APPENDIX C

BASIC PREVENTATIVE AND PROTECTIVE FEATURES

Many of the features below should be provided regardless of the type of operation or the magnitude of the **Fire and Explosion Index**. When they are not provided, the existing hazard exposure may be greater than the F&E Index indicates.

This list is not all-inclusive as other features may be needed, depending upon the specific installation.

- A. Adequate water supply for fire protection. This is determined by multiplying its water demand by the length of time that the worst possible fire can be expected to last. The supply deemed adequate will vary with different authorities and may range from enough for a two-hour fire to enough for one lasting eight hours. (See Loss Prevention Principle [LPP] 4.5)
- B. Structural design of vessels, piping, structural steel, etc.
- C. Overpressure relief devices. (See LPP 14.3)
- D. Corrosion resistance and/or allowances.
- E. Segregation of reactive materials in process lines and equipment.
- F. Electrical equipment grounding.
- G. Safe location of auxiliary electrical gear (transformers, breakers, etc.) (See LPP 3.5)
- H. Normal protection against utility loss (alternate electrical feeder, spare instrument air compressor, etc.)
- I. Compliance with various applicable codes (ASME, ASTM, ANSI, Building Codes, Fire Codes, etc.)
- J. Fail-safe instrumentation. (See LPP 15.2)
- K. Access to area for emergency vehicles and exits for personal evacuation. (See LPP 2.3)
- L. Drainage to handle probable spills safely plus firefighting water from hose nozzles and sprinkler heads and/or chemicals. (See LPP 2.4)
- M. Insulation of hot surfaces that heat to within 80% of the autoignition temperature of any flammable in the area.
- N. Adherence to the National Electrical Code. The Code should be followed except where variances have been requested/approved. (See LPP 3.1)
- O. Limitation of glass devices and expansion joints in flammable or hazardous service. Such devices are not permitted unless absolutely essential. Where used, they must be registered and approved by the production manager and installed in accordance with Dow standards and specifications. (See LPP 6.9)
- P. Building and equipment layout. Separation of high-hazard area must be recognized especially as it relates to both property damage and interruption of business. Separation of tanks must be at least in accordance with NFPA No. 30 (See LPP 2.2)
- Q. Protection of pipe racks and instrument cable trays as well as their supports from exposure to fire. (See LPP 3.2)
- R. Provision of accessible battery limit block valves.

- S. Cooling tower loss prevention and protection. (See LPP 6.1)
- T. Protection of fired equipment against accidental explosion and resultant fire. (See LPP 13.1 through 13.5)
- U. Electrical classification. Division 2 electrical equipment will be required for outside flammable liquid handling where congestion is minimal and natural ventilation is unobstructed. Division 1 equipment is required only for special chemicals and/or special building or process handling conditions, or where ventilation is inadequate. (See LPP 3.1)
- V. Process control rooms shall be isolated by one hour fire walls from process control laboratories and/or electrical switch-gear and transformers. (See LPP 12.2)
- W. A process review shall determine a need for reactive chemicals testing. (See Guidelines For A Reactive Chemicals Program)

APPENDIX D

LOSS PREVENTION CHECKLIST

Scope

This checklist outlines most engineering topics needing consideration for possible loss prevention requirements. Such topics include location, buildings, sprinklers, electrical, sewers, storage, raw materials, computers, material handling, machinery, process, general safety equipment etc.

Introduction

This checklist is intended as a guide for use when assessing the fire hazards and reviewing the loss prevention requirements of a chemical plant. It may also be of particular advantage in planning new facilities. No such checklist can ever be entirely complete or meet the needs of every situation. Care should be taken in using such a list to make sure that other pertinent items not included here are not overlooked.

Location

- A. Plant layout; separation of units per hazard evaluation
- B. Accessibility
- C. Traffic — vehicular and pedestrian
- D. Parking areas — entrances, exits, drainage, lighting, enclosures
- E. Clearances — buildings for railroad traffic and vehicles (overhead turnarounds)
- F. Drainage, impounding areas
- G. Road locations, markings
- H. Entrances, exits — pedestrian, vehicular, railroad
- I. Ignition sources — furnace location, flare stacks, boilers, burner management
- J. Prevailing wind
- K. Underground utility conduits
- L. Flood control or protection
- M. Loading/unloading facilities, avoid using main traffic area for this activity

Buildings

- A. Basic non-combustible construction
- B. Wind pressure, snow loads, floor loads, earthquake design
- C. Roof material, anchorage
- D. Roof vents and drains, smoke dispersal
- E. Stairwells, ramps, lighting
- F. Elevators and dumbwaiters
- G. Fire walls, openings, fire doors
- H. Explosion relief, blast design
- I. Exits — fire escapes, identification, safety tread
- J. Record storage
- K. Ventilation — fans, blowers, air conditioning, scrubbing of toxic vapors, location of exhaust inlets, smoke and heat ventilation dampers, fire curtains
- L. Lightning protection, structural and equipment grounding for electrical discharges
- M. Building heaters (Division 1 or 2 or ordinary areas), vents
- N. Locker rooms including need for separate lockers for work and street clothes, required number of each and air changes
- O. Building drainage — inside and out, properly trapped
- P. Structural steel and equipment fireproofing
- Q. Access ladders to roofs and outside level, escape ladders, fire escapes
- R. Bearing capacity of subsoil
- S. Heat and smoke detection
- T. Elevation — floor plain restrictions
- U. Wheel load on overhead crane

Fire Protection

- A. Water supply including secondary supplies, pumps, reservoirs and tanks
- B. Mains — adequate looping, cathodic protection, coated and wrapped when needed, sectional valves
- C. Hydrants — location, spacing, monitors
- D. Automatic sprinklers — occupancy classification, wet systems, dry systems, deluge systems
- E. Standpipes and tanks
- F. Type, size, location and number of fire extinguishers needed
- G. Fixed automatic extinguishing systems, CO₂, foam, dry powder, Halon
- H. Special fire protection systems — rise in temperature alarms, sprinkler system flow alarms, photoelectric smoke and flame alarms, snuffing steam
- I. Piping system — materials of construction, no cast iron if explosion is possible

Electrical

- A. Electrical hazard classifications, intrinsically safe
- B. Accessibility of critical circuit breakers and switchgear
- C. Polarized outlets and grounded systems
- D. Switches and breakers for critical equipment and machinery
- E. Lighting — Division 1 or 2 or ordinary areas, light intensity, approved equipment, emergency lights
- F. Telephones and intercoms — Division 1 or 2 or ordinary areas
- G. Type of electrical distribution system — voltage, grounded or ungrounded, overhead, underground
- H. Conduit, raceways, enclosures, corrosion considerations
- I. Motor and circuit protection
- J. Transformer location and types
- K. Fail safe control devices protection against automatic restarting
- L. Preferred or backup busses for critical loads
- M. Key interlocks for safety and proper sequencing, duplicate feeders
- N. Lightning protection
- O. Exposure of cable trays to fire damage
- P. Uninterruptible power (UPS) and emergency power system
- Q. Requirements for equipment grounding, methods and frequency of testing

Sewers

- A. Chemical sewers — trapped, accessible cleanouts, vents, locations, disposal, explosion possibilities, trap tanks, forced ventilation, automatic flammable vapor detectors and alarms, freezing or ice blocks
- B. Sanitary sewers — treatment, disposal, traps, plugs, cleanouts, vents
- C. Storm sewers
- D. Waste treatment, possible dangers from steam contamination including fire hazard from spills into streams and lakes
- E. Drain trenches — open, buried, accessible cleanouts, presence of required baffles, exposure to process equipment
- F. Ground water impairment prevention, air and surface water safeguards and proper disposal of waste.
- G. Sewer drains connected to process drains?

Storage

- A. General
 - 1. Accessibility — entrances and exits, sizes
 - 2. Sprinklered
 - 3. Aisle space
 - 4. Floor loading
 - 5. Racks and spacing
 - 6. Height of piles
 - 7. Roof venting
 - 8. Spill containment

B. Flammable liquids — gases, dusts and powders, fumes and mists

1. Closed systems
2. Safe atmospheres throughout system
3. Areas to be sprinklered or provided with water spray
4. Emergency vents, flame arrestors, relief valves, safe venting location including flares
5. Floor drains to chemical sewers properly trapped
6. Ventilation — pressurized controls, etc., and/or equipment
7. Tanks, bins, silos — underground, aboveground, safe distance separation, fireproof supports, dikes and drainage, inert atmospheres
8. Special extinguishing systems, explosion suppression — foam, dry chemicals, carbon dioxide
9. Dependable refrigeration systems for critical chemicals
10. Location of pumps, compressors, etc. away from spill potential
11. Weak roof seam construction on API tanks

Raw Materials

- A. Danger of risk classification of material including shock sensitivity
- B. Facilities for receiving and storing
- C. Identification and purity tests
- D. Provisions to prevent materials being placed in wrong tanks, tank overflow, etc.

Finished Products

- A. Identification and labeling to protect the customer
- B. Conformance with shipping regulations
- C. Segregation of dangerous materials
- D. Protection from contamination, especially in the filling of tank cars and tank trucks
- E. Placarding of shipping vehicles
- F. Routing of dangerous shipments
- G. Data sheets for safety information for customers
- H. Safe storage facilities, piling height
- I. Safe shipping containers

Inert Gas Blanketing of All Flammable Products

- A. Consider raw material, intermediates and products
- B. Consider storage, material handling and processes

Materials Handling

- A. Truck loading and unloading facilities
- B. Railroad loading and unloading facilities
- C. Industrial trucks and tractors — gasoline, diesel, liquefied petroleum gas and battery
- D. Loading and unloading docks for rails, tank trucks and truck trailer — grounding system for flammable liquids
- E. Cranes — mobile, capacity marking, overload protection, limit switches, inspection schedule
- F. Warehouse area — floor loading and arrangement, sprinklers, height of piles, ventilation, smoke and heat detection
- G. Conveyers and their location in production areas
- H. Flammable liquid storage — paints, oils, solvents
- I. Reactive or explosive storage — quantities, distance separation, limited access
- J. Disposal of wastes — incinerators, air and water pollution safeguards
- K. Spill control

Machinery

- A. Accessibility, maintenance and operations
- B. Remote emergency stop switches
- C. Vibration monitoring/shutdown
- D. Lubrication monitoring
- E. Overspeed protection
- F. Noise evaluation

Process

- A. Chemicals — fire and health hazards (skin and respiratory), instrumentation, operating rules, maintenance, compatibility of chemicals, stability, labeling of pipelines and equipment, etc.
- B. Critical pressures and temperatures
- C. Relief devices and flame arrestors, properly registered
- D. Coded vessels and suitable piping material
- E. Methods for handling runaway reactions
- F. Fixed fire protection systems — Co₂, foam, sprinkler deluge
- G. Vessels properly vented, safe location, deadhead pump protection
- H. Permanent vacuum cleaning systems
- I. Explosion barricades and isolation
- J. Inert gas blanketing systems — listing of equipment to be blanketed
- K. Emergency shutdown valves and switches, location from critical area, action time for relays, emergency block valves
- L. Fireproofing of structural steel beams and columns
- M. Safety devices for heat exchange equipment — vents, valves and drains
- N. Expansion joints, expansion loops for steam lines
- O. Steam and electrical tracing — provision for relief of thermal expansion in heated lines
- P. Insulation for personnel protection — hot process, steam lines and tracing — overheating protection of material in pipe
- Q. Static grounding for vessels, piping and production equipment
- R. Cleaning and maintenance of vessels and tanks — adequate manholes, platforms, ladders, cleanout openings and safe entry permit procedures
- S. Provisions for corrosion control
- T. Pipeline identification
- U. Radiation problems including personal protection for firefighters — processes and measuring instruments containing radioisotopes, X-rays, etc.
- V. Redundant critical instruments with alarms, fail safe operation
- W. Glass devices
- X. Critical instrument designation
- Y. Fixed flammable gas detection system

Process Computers

- A. Control Room
 - 1. Air handling — temperature, humidity, dust, etc.
 - 2. Location — ground floor preferred, non-combustible construction
 - 3. Floor covering — vinyl or laminated plastic to prevent static
 - 4. Space requirements for accessibility, no paper storage
 - 5. Lighting and power receptacles
 - 6. Fire protection — use CO₂ or Halon, smoke detectors
- B. Power Wiring and Grounding
 - 1. Adequate power supply from special panel
 - 2. Dual sources of power
 - 3. Computer control system grounded at source, i.e. at step down transformer
 - 4. Control room junction boxes connected to building ground
- C. Signal Wiring
 - 1. Field wiring terminated in a control junction box or other interface device
 - 2. Wiring protected by cable tray, metal wireway, conduit or run below raised floor
 - 3. Ribbon cables or similar type fragile cables run in separate enclosure from field cables

D. Control Systems

1. Fail safe conventions
2. Policies on parameter changes and manual control of outputs or input
3. Policies on control strategy changes and backup of current strategy
4. Documentation — inputs and outputs, operating discipline and control logic diagrams
5. Shutdown procedures for loss of utilities
6. Training
7. Alarm system
8. Regular audits
9. Control room integrity and location
10. Source of power for process controllers
11. Backup control systems

Safety Equipment, General

- A. Dispensary and equipment
- B. Ambulance
- C. Fire truck
- D. Emergency alarm system — alert, gas release, evacuate, etc.
- E. Fire whistle and siren — departments, inside and outside
- F. Snow removal and ice control equipment
- G. Safety showers and eye wash fountains — operational alarms
- H. Safety ladders and cages
- I. Emergency equipment locations — gas masks, protective clothing, inside hose streams, stretchers, flash suits, self-contained breathing apparatus, etc.
- J. Laboratory safety shields
- K. Instruments — continuous, portable analyzers for flammable vapors and gases, oxygen, toxic vapors, etc.
- L. Communications — emergency telephones, radio, public address systems, paging systems, safe location and continuous manning of communication center
- M. Guards on rotating equipment
- N. Combustion safeguards on furnaces, burner management system
- O. Fuel gas shutoff valves
- P. Spill/vapor release alarms
- Q. Flange protectors on acid lines

Figure 2 — Pressure — Relief Valve Setting for Flammable and Combustible Liquids

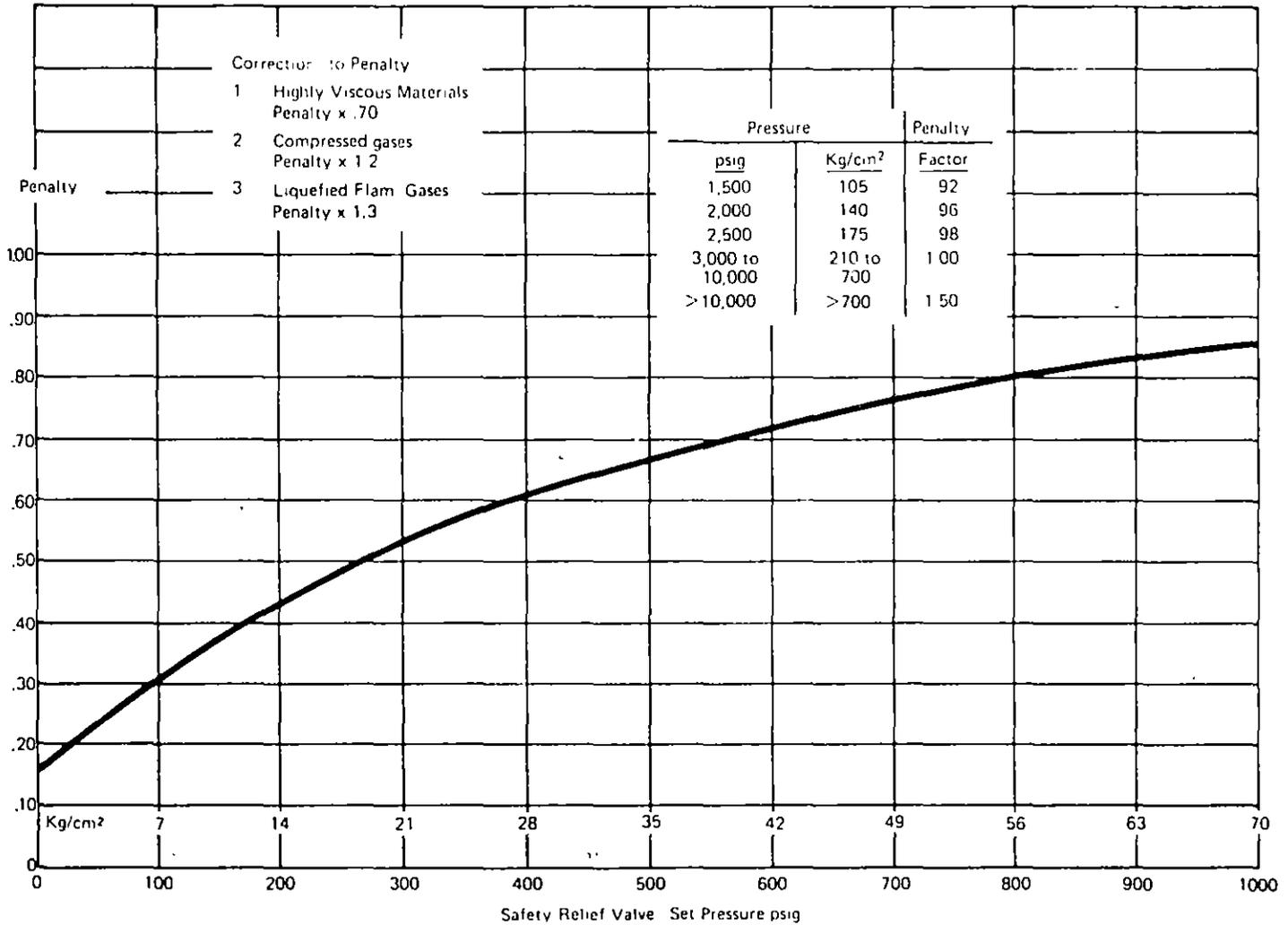


Figure 3 — Liquids or Gases in Process

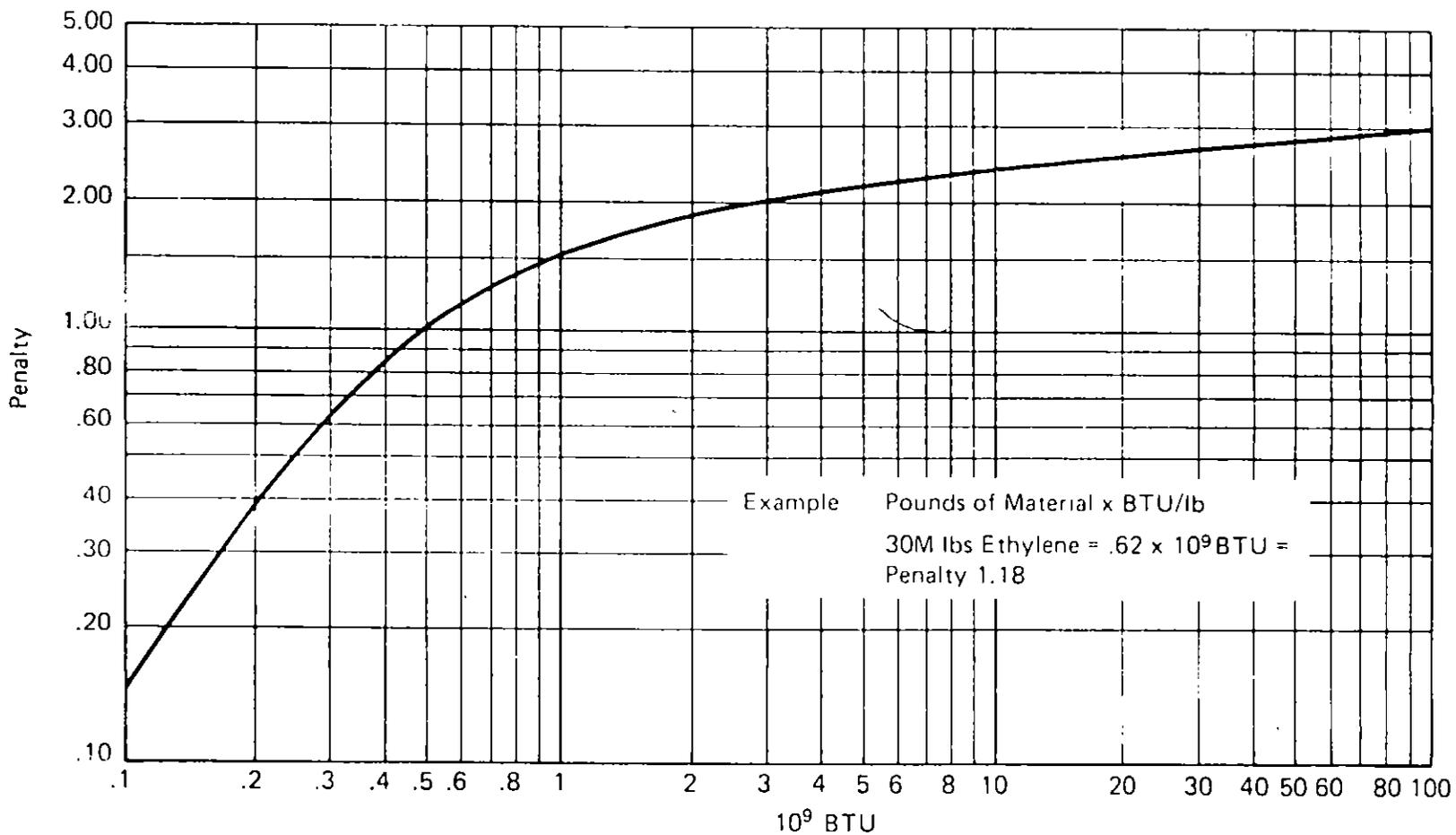


Figure 4 — Liquids or Gases in Storage

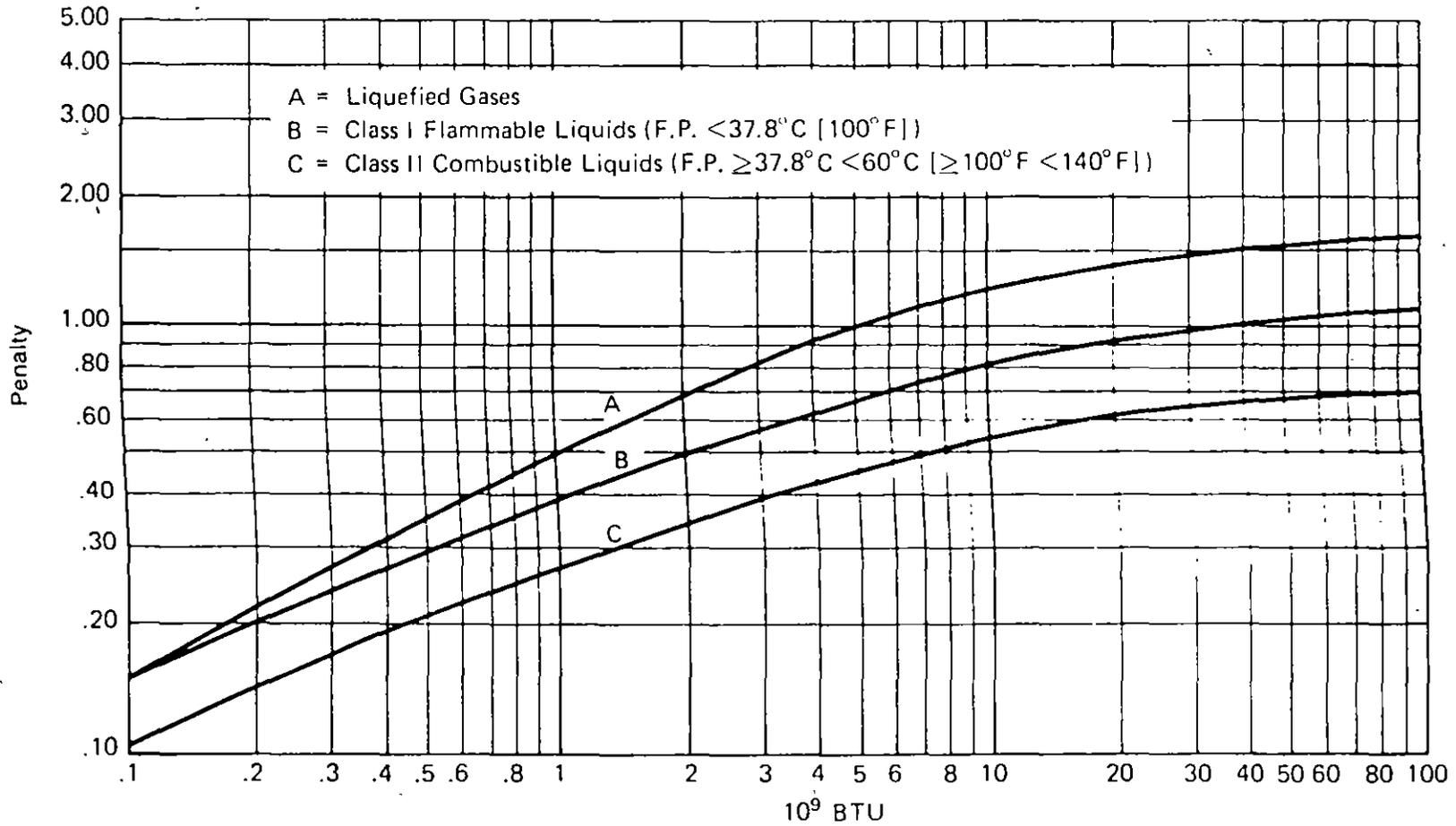
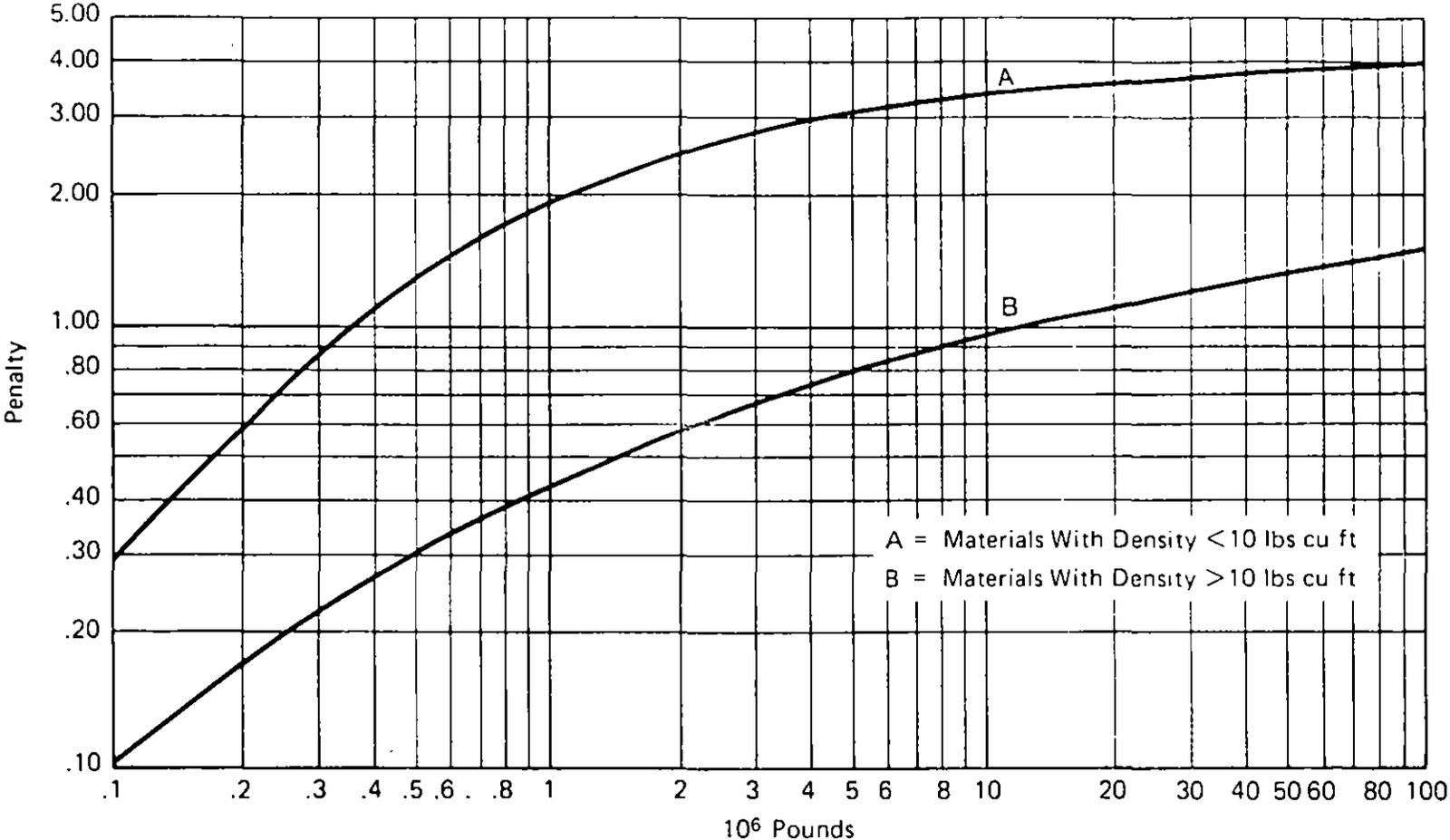


Figure 5 — Combustible Solids in Storage

70



A = Materials With Density < 10 lbs cu ft
B = Materials With Density > 10 lbs cu ft

Figure 6 — Fired Equipment Penalty (When Located in Process Plant)

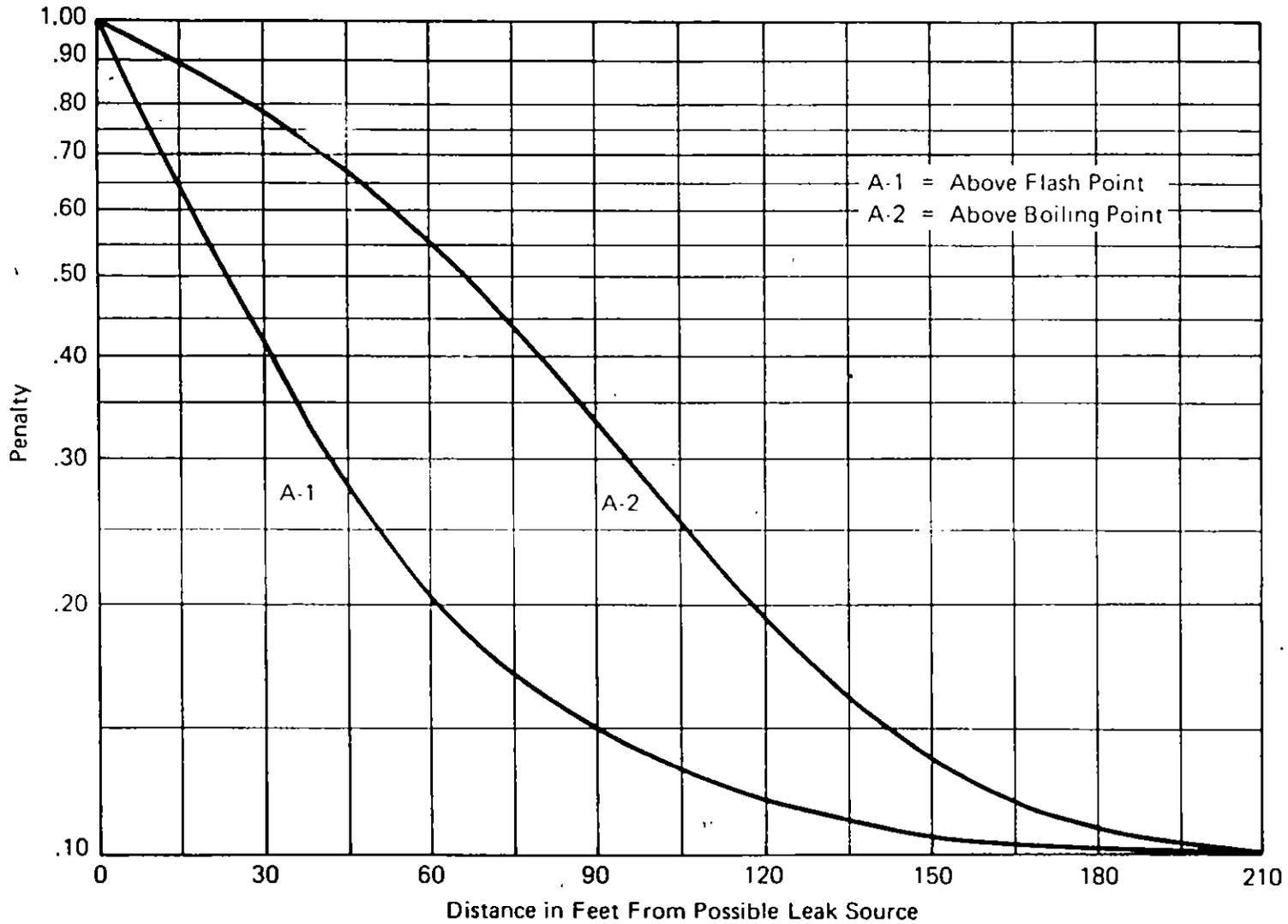


Figure 7 — Damage Factor

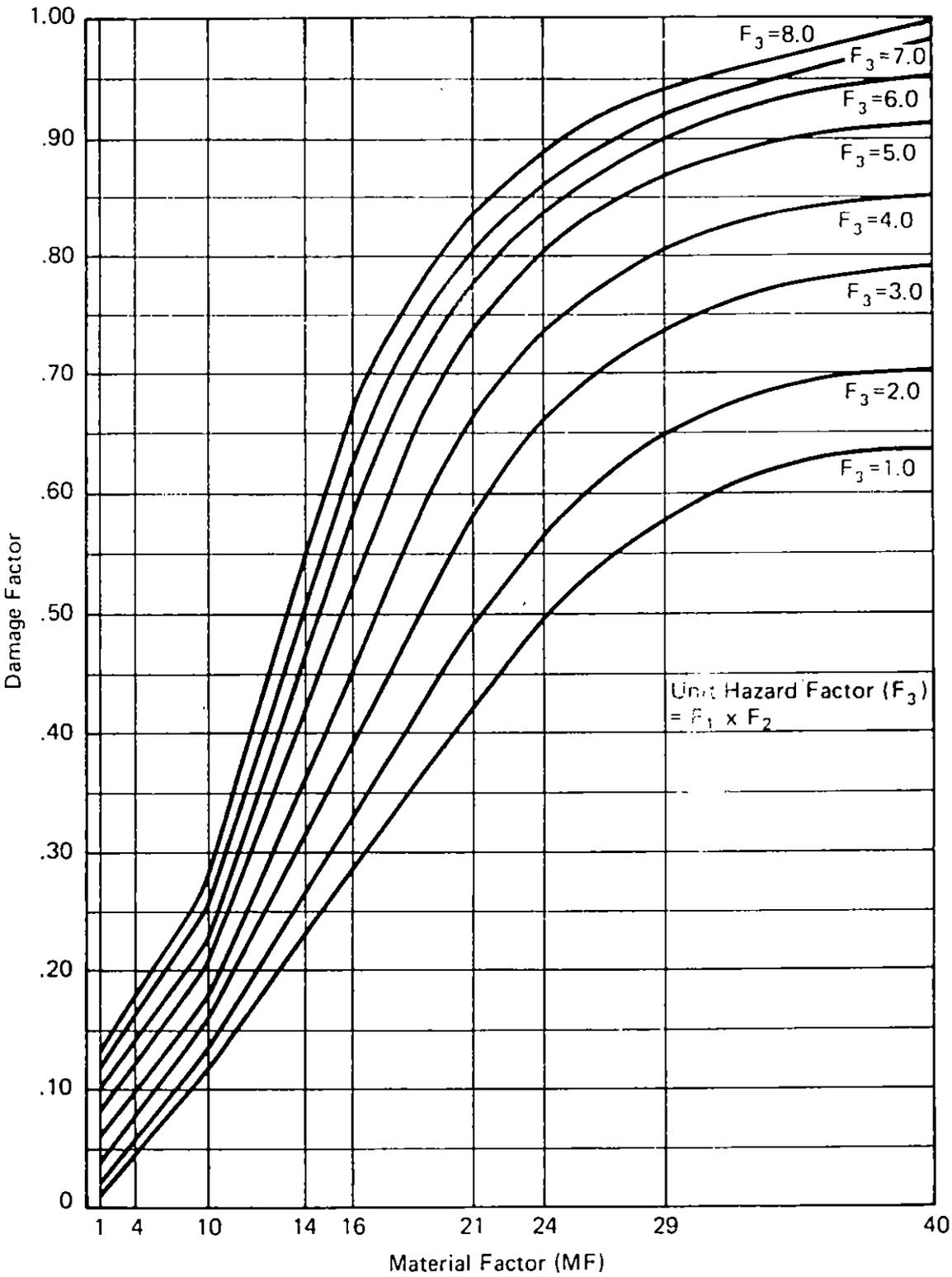


Figure 8 — Area of Exposure

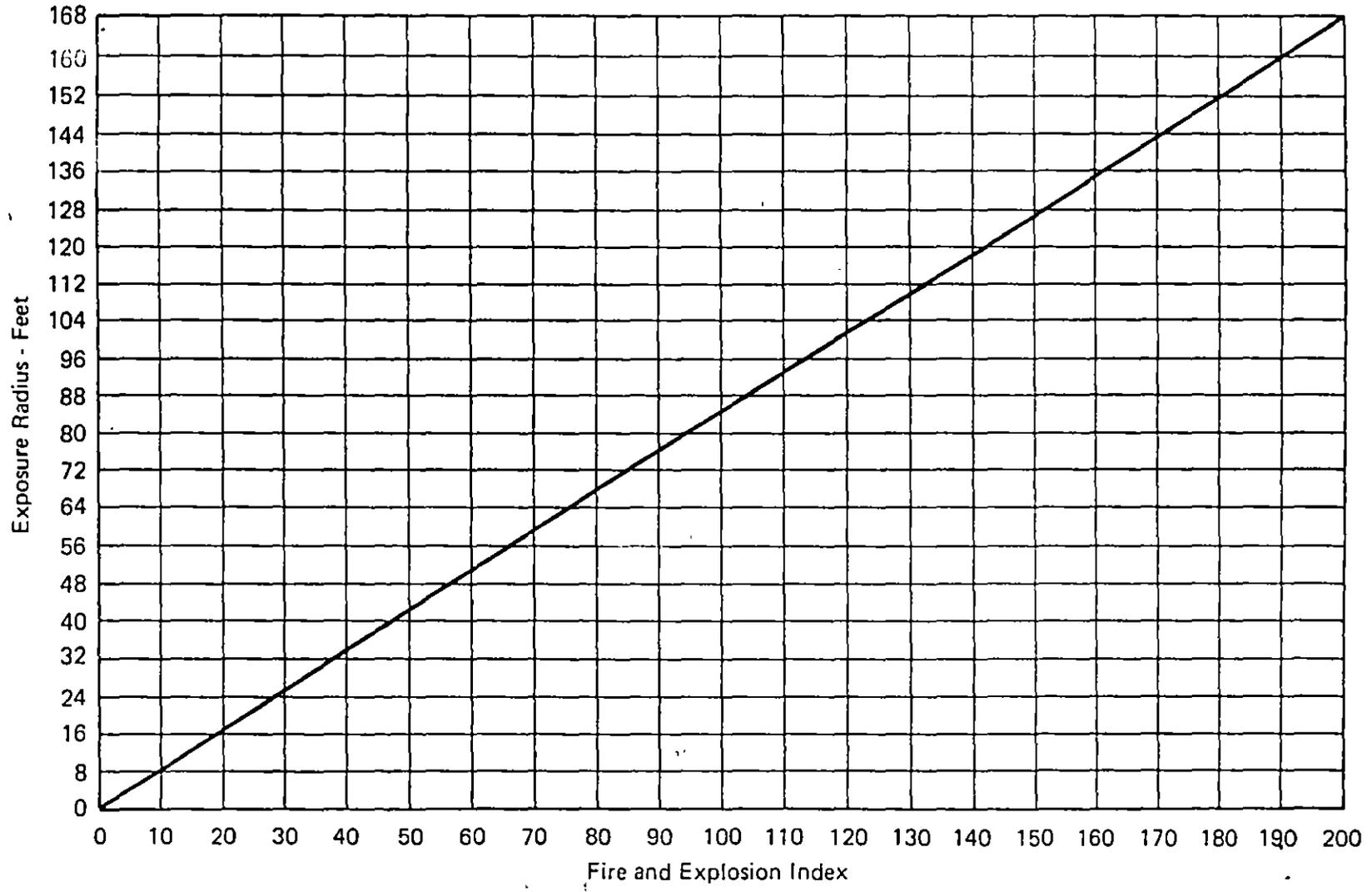
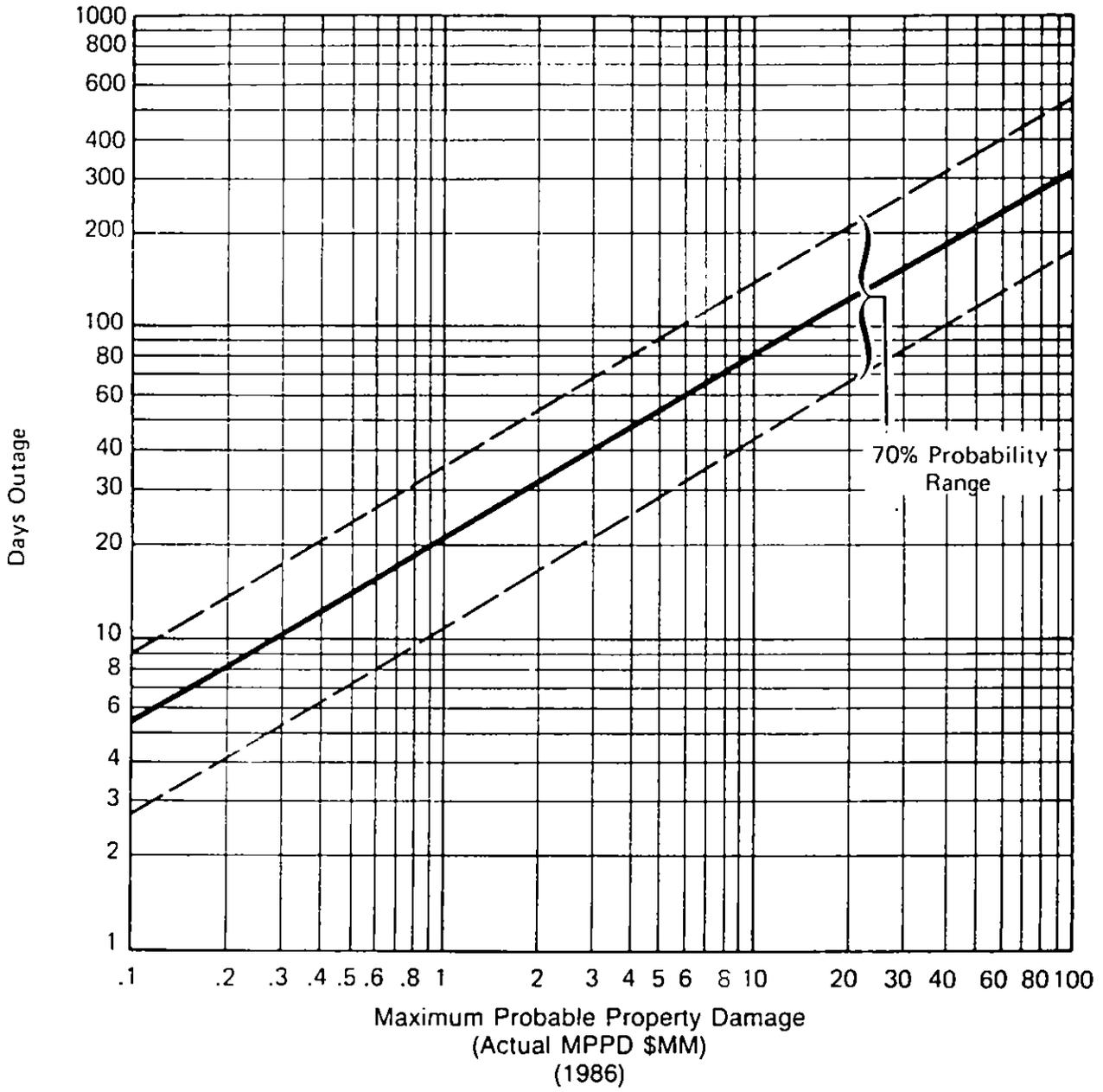


Figure 9 — Maximum Probable Days Outage (MPDO)





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

INDICE DOW

**PALACIO DE MINERIA
1995**

V.6 CONFIABILIDAD DE LA INSTALACION

En las plantas de procesos químicos así como en complejos petroquímicos como son las refinerías, la seguridad se ha convertido en un asunto de gran importancia y profesionalismo. El constante incremento en el costo de equipo y las primas de seguros, así como la responsabilidad que implica el escape fuera de control de las enormes energías contenidas en los procesos y sus materiales, han incrementado el ímpetu de la industria hacia los objetivos de la prevención de riesgos, compartidos por todos en la organización.

El concepto de seguridad en procesos se hace necesario en todas las actividades gerenciales: entrenamiento, diseño, construcción, operación, mantenimiento, etc.

El análisis de seguridad en procesos químicos y/o industriales es una serie de técnicas sistemáticas que se aplican para identificar riesgos potenciales en un proceso y para asegurar que se especifiquen medidas para su eliminación y control.

Las técnicas que integran el análisis de seguridad, han sido desarrolladas por diversas compañías e instituciones para su aplicación como análisis de riesgos son:

- Índice Dow (fuego y explosión)
- Índice Mond (fuego, explosión y toxicidad)
- Arbol de fallas
- Análisis de falla y efecto

Haciendo uso del método apropiado se podrán analizar diversos aspectos de riesgo, se podrá evaluar su magnitud y probabilidad, y se guiará al grupo de análisis a encontrar sistemáticamente las medidas preventivas o contingentes que eliminen, minimicen o controlen el riesgo.

La técnica del análisis de seguridad se debe aplicar cuando se presentan las siguientes condiciones:

- En el diseño de una nueva unidad de proceso
- Como resultado de la investigación de incidente de pérdida (accidentes, incendios, etc.)
- En modificaciones a las unidades de proceso, a equipos, a condiciones de operación, a instrumentación de control, a dispositivos de seguridad, a la capacidad de la planta, etc.

- Cuando ha transcurrido un período determinado de tiempo desde el último ASP en una unidad (máximo 5 años).

V.6.1 INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION

Esta técnica de análisis de riesgo aplica para la determinación del daño producido por un incendio (fuego) o explosión.

PRINCIPIOS DE ANALISIS

1. Conceptos Básicos:

Para la aplicación de esta técnica de análisis de riesgo, se requiere una descripción completa del proceso y conocimiento de la disposición y arreglo del equipo, con el fin de dividir el proceso en secciones.

El índice Dow se aplica a aquellas secciones donde existe un gran impacto en el riesgo de incendio o explosión de acuerdo al material existente, sus reacciones o condiciones de operación.

Con ello, se determina el área más grande de explosión y se evalúan los costos y días máximos fuera de operación.

2. Factor Material:

El factor material es una medida de la intensidad de energía liberada por un compuesto químico o mezcla, que es el punto de partida para el cálculo del índice DOW. El factor material es un número entre 1 y 40 que depende de las características físicas y químicas del compuesto (INFPA-49 y 235M).

3. Riesgos Generales del Proceso:

De acuerdo con el tipo de proceso, ésta técnica recomienda valores para diversos factores que sean utilizados para evaluar el factor de riesgos generales.

4. Riesgos Especiales de Proceso:

Según las características del proceso, la técnica proporciona valores que permiten calcular el factor de riesgos especiales del proceso.

5. Factor de Riesgo de la Unidad: 5 = 3 x 4

Es la medida de la magnitud del daño probable relativo a la exposición a los factores utilizados en el análisis en forma combinada, y se calcula por medio de los productos de los riesgos generales y los riesgos especiales del proceso.

6. Índice DOW de Fuego y Explosión: 6 2 x 5

EL índice DOW es la probabilidad de daño de un fuego o explosión en el área de riesgo, y se obtiene multiplicando el factor material y el factor de riesgo de la unidad, existiendo una clasificación de riesgo de acuerdo con el valor del IFE.

INDICE DOW	TIPO DE RIESGO
1-60	Ligero
61-96	Moderado
97-127	Intermedio
128-158	Grave
Más de 158	Severo

7. Daño Máximo Probable:

Se obtiene el valor del daño máximo probable, en función del costo de la sección analizada.

8. Factores de Corrección:

El daño máximo probable se corrige por medio del producto de tres factores de corrección determinados por el control del proceso, el aislamiento del material y la protección contra incendios. El factor obtenido multiplica el daño máximo probable.

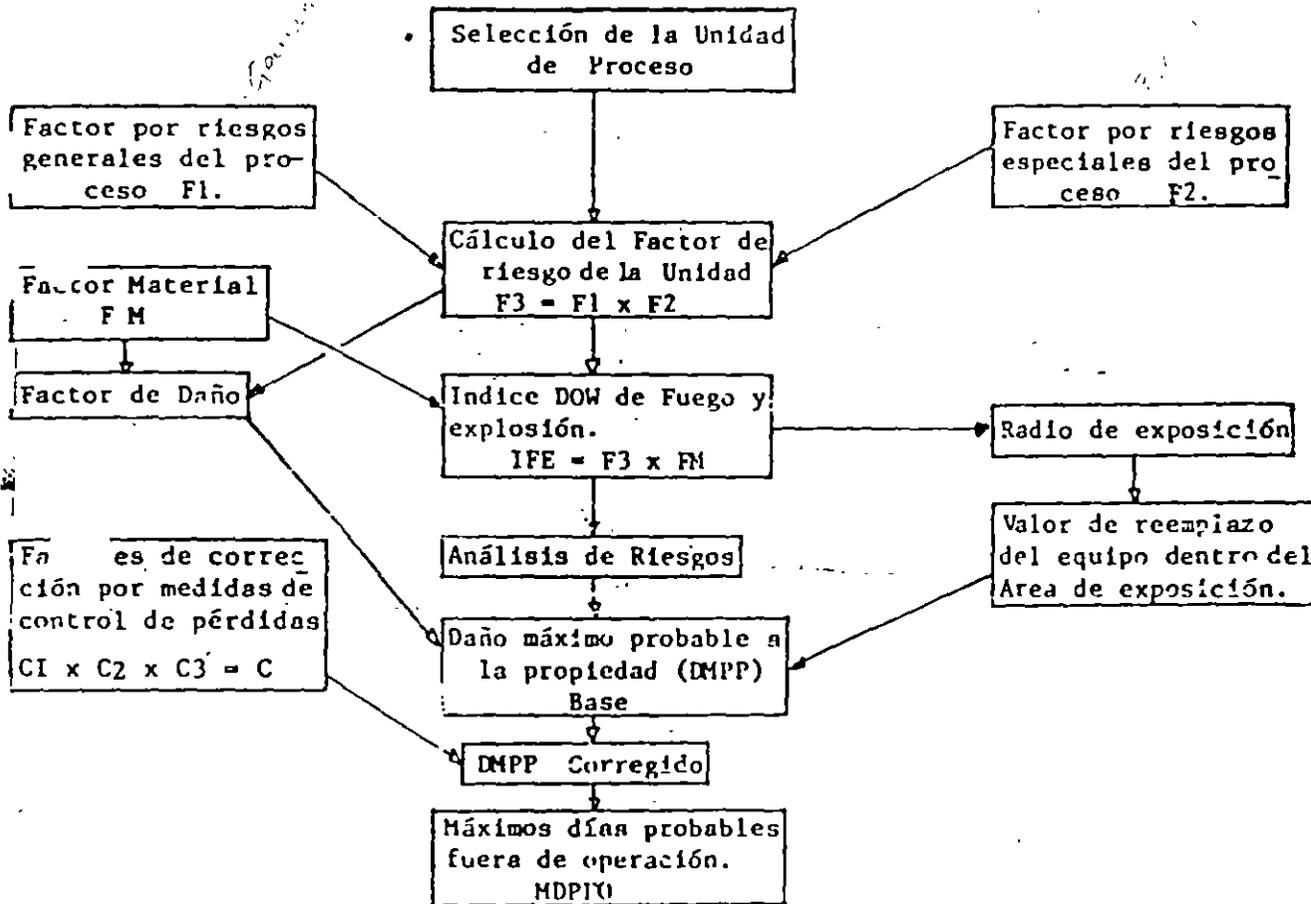
9. Máximos Días Probables Fuera de Operación:

Este factor se calcula en función del daño máximo probable.

Procedimiento de Aplicación del Índice Dow.

1. Diagrama de Flujo

Figura No. 1



2. Requerimientos para aplicar el Índice Dow.

- Plano de localización de la Planta (Plot Plan) preciso.
- Conocimiento profundo del flujo y condiciones del proceso.
- Diagrama de flujo detallado.
- Formato de trabajo Índice Dow.
- Guía de Cálculo Índice Dow.
- Calculadora y Compás.
- Relación de costos del equipo instalado en la Planta.

3. Secuencia de Cálculo.

Se inicia identificando, en el plano de localización, aquellas unidades o secciones de proceso que se consideren como las de mayor impacto ó que contribuyan más al riesgo de fuego ó explosión.

Se determina el factor material para cada unidad o sección.
Se evalúa la contribución de cada factor de riesgo para determinar el factor de riesgo de la unidad y el factor de daño, que representa el grado de exposición a pérdidas.
Se calcula el Índice Dow de fuego y explosión (IFE) y el área de exposición alrededor de la unidad ó sección analizada.
Se determina el valor en US Dlls. del equipo dentro del área de exposición, con lo que se calcula el daño máximo probable a la propiedad base, el cual se corrige por los factores por medidas de control de pérdidas obteniendo el daño máximo probable a la propiedad actual ó corregido. (esto también se logra relocalizando equipo fuera del área de exposición.)
Con el daño máximo probable a la propiedad actual, se determinan los días máximos probables fuera de operación. El DMPP actual - representa la pérdida probable que puede ocurrir si se presenta un incidente de magnitud razonable y operan varias protecciones, la falla de algún equipo de protección puede regresar el DMPP a su valor base.
Cada paso citado se explica en esta guía de cálculo del Índice Dow; se incluye una lista checable para la evaluación de áreas importantes de control de pérdidas en una Planta.

II. Unidades de Proceso

Para el estudio DOW, es necesario dividir el proceso en unidades ó secciones, como pueden ser: unidad de alimentación, almacenamiento, precalentamiento, reacción absorción, adsorción, purificación, mezclado, destilación, etc., ó considerar equipos específicos como bombas, tanques, reactor, evaporador, columna de destilación, etc.

En determinados casos, como los de una bodega, la unidad de proceso se considera como el material almacenado.

El Índice Dow debe aplicarse en aquellas unidades de proceso donde exista un gran impacto en el riesgo de incendio ó explosión de acuerdo al material existente, reacciones ó proceso peligroso.

El objetivo del grupo ASP, será encontrar el área más grande de exposición en la Planta, y determinar los costos y días perdidos máximos que se podrían originar, así como las medidas necesarias para prevenir los riesgos que se encuentren.

III Factor Material (FM)

El FM es una medida de la intensidad de energía liberada por un compuesto químico, mezcla ó sustancia; y es el punto de partida para el cálculo del índice de fuego ó explosión.

El FM se determina considerando los riesgos de inflamabilidad y reactividad del material, y es un número entre 1 y 40, los cuales se reportan en el Apéndice A para algunos materiales; para determinar el

...#

cede de la siguiente manera:

1. Gases, Líquidos ó Sólidos:

a) Use el NFPA 49 y 325 M y encuentre N_f (riesgo de inflamabilidad) y N_r (riesgo de reactividad) ó

b) Use las propiedades termodinámicas del material.

Inflamabilidad (N_f): se deriva del punto de flama (Flash Point), y del punto de ebullición cuando el punto de flama es menor a 100°F.

Reactividad (N_r): se deriva de los cálculos de reactividad química por cualquiera de los siguientes métodos:

- Usando la temperatura adiabática de descomposición (T_d), que es la temperatura teórica alcanzada por el proceso de descomposición completa del material inicialmente a 25°C, sin considerar la presencia de trazas de impurezas, efectos catalíticos, atmosféricos, etc.

- Utilizando un calorímetro con rango de aceleración, ó similar, para materiales con $T_d = 1000^\circ\text{K}$.

2. Polvos:

El FM se basa en la máxima velocidad de incremento de presión -- que alcanza, definida como la velocidad de aumento de presión de explosión para el intervalo de tiempo de ese aumento.

3. Mezcla de Compuestos:

El FM se obtiene de los datos de la mezcla (Punto de flama, T_d , etc.); otra manera es considerando el FM promedio de acuerdo al % en peso de los componentes, si los componentes no reaccionan entre sí.

TABLA 1 GUIA PARA DETERMINAR FM

	T_d °K ②	< 830	830 a 935	935 a 1010	1010 a 1080	> 1080
	DTA/DSC °C	> 400	305 a 400	215 a 305	125 a 215	< 125
	NFPA 325	$N_r = 0$	$N_r = 1$	$N_r = 2$	$N_r = 3$	$N_r = 4$
No. Combustible ①	$N_f = 0$	1	14	24	29	40
PF 140 °F	$N_f = 1$	4	14	24	29	40
140 °F PE 100 °F	$N_f = 2$	10	14	24	29	40
PF 100 °F PE 100 °F	$N_f = 3$	16	16	24	29	40
PF / 100 °F PE 100 °F	$N_f = 4$	21	21	24	29	40
P O L V O S O N I E B L A S C O M B U S T I B L E S						
ST 1		16	16	24	29	40
ST 2		21	21	24	29	40
ST 3		24	24	24	29	40
S O L I D O S C O M B U S T I B L E S						
Denso 40 mm grueso ③		4	14	24	29	40
Abierto 40 mm grueso ④		10	14	24	29	40
Celda de espuma cerrada ⑤		16				
Celda de espuma abierta		21				

① No enciende en aire cuando se expone a 1500°F durante 5 min.

② Sumo 100° a T_d para peróxidos.

③ Incluye madera, magnesio en lingotes o estacaas sólidas

④ Incluye materiales como pellets plásticos, almacenamientos, rollos de papel.

⑤ Incluye tiras de hule.

IV Riesgos Generales del Proceso.

Los puntos contenidos en esta sección incrementan la magnitud de un probable incidente, por lo que deben ser revisados en relación a la unidad de proceso analizada y evaluar los factores adecuados.

A. REACCIONES EXOTERMICAS.

1. El siguiente tipo de reacciones tienen un factor de 0.30: Hidrogenación, Hidrólisis, Isomerización, Sulfonación, Neutralización. La Hidrólisis con Epiclorohidrina tiene un factor de 0.50.
2. Las reacciones de Alquilación, Esterificación, Oxidación, Polimerización y Condensación, tienen un factor de 0.50. La Oxidación con oxidantes fuertes como cloratos, HNO_3 , Ácidos Hipoclorosos, tienen un factor de 1.00.
3. La reacción de Halogenación tiene un factor de 1.00.
4. La reacción de Nitración tiene un factor de 1.25.

B. REACCIONES ENDOTERMICAS.

Todas las reacciones endotérmicas tienen un factor de 0.20, excepto aquellas cuya fuente de calor, para sostener la reacción, sea proporcionada por combustión directa de combustibles sólidos, líquidos ó gaseosos, las cuales tienen un factor de 0.40.

C. MANEJO Y TRANSFERENCIA DE MATERIALES.

Se consideran actividades relativas a mezclado, carga y descarga, - almacenaje y empaquetado.

1. En la carga y descarga de líquidos inflamables Clase I (PF 100°F) ó gas LP considerando actividades de conexión y desconexión de líneas de transferencia desde pipas, carros-tanque, barcos ó tanques, se aplica un factor de 0.50.
2. El uso de centrífugas, reacciones batch, ó mezclado en batch en recipientes semiabiertos, tiene un factor de 0.50.
3. Bodegas y Patios de almacenamiento.
 - a) Líquidos inflamables Clase I o Gas LP ó gases inflamables, -- factor de 0.85.
 - b) Sólidos combustibles abiertos ó de celda abierta (espesor de 40 mm), factor de 0.65.
 - c) Sólidos combustibles densos ó de celda abierta (espesor de 40 mm), factor de 0.40.
 - d) Líquidos combustibles Clase III, factor de 0.25.

Los factores se aplican de acuerdo a la cantidad presente.

D. UNIDADES DE PROCESO CERRADAS

1. Si existen colectores ó filtros para polvos explosivos, factor de 0.50.
2. Si contiene líquidos inflamables calentados arriba del punto de flama pero abajo del punto de ebullición, factor de 0.30.
3. Líquidos inflamables ó Gas LP calentados arriba del punto de ebullición, factor de 0.60.
4. Más de 10 M lb. de material de los puntos 2 ó 3, el factor se multiplica por 1.5.

E. ACCESO CON EQUIPO DE EMERGENCIA AL AREA DE PROCESO.

Se debe poder llegar a la unidad de proceso con equipo de emergencia y combate de incendios por al menos 2 caminos distintos. Si el acceso es inadecuado, el factor será de 0.35.

F. DRENAJE.

Un drenaje inadecuado incrementa las pérdidas por fuego cuando se produce un derrame de inflamables. Para la evaluación de este punto se asume que el 75% del líquido inflamable contenido en la unidad se derrama, si queda líquido rodeando la unidad se aplica un factor de 0.50, si el drenaje es directo a un contenedor, se aplica un factor de 0.25.

Riesgos Especiales del Proceso. (F-2)

A. TEMPERATURA DE PROCESO.

1. Si la temperatura del proceso ó de las condiciones de manejo es ó está sobre el punto de flama del material, se usa un factor de 0.60.
2. Si la temperatura del proceso ó de las condiciones de manejo es o está sobre el punto de ebullición el factor es de 0.60.
3. Para materiales con baja temperatura de autoignición ó pirofóricos, como el CS₂ ó el Hexano, se usa un factor de 0.75.

B. BAJA PRESION (SUB-ATMOSFERICA).

Se aplica a cualquier proceso donde la entrada de aire al sistema pueda ser un riesgo. El factor aplicable a cualquier equipo de proceso que opere a presión sub-atmosférica, aún momentáneamente, es de 0.50.

C. OPERACION EN O CERCA DEL RANGO INFLAMABLE.

1. Tanques de almacenamiento de líquidos inflamables Clase pueda entrar aire durante el bombeo, factor 0.50.
2. Procesos u operaciones donde se pueda caer en el rango inflamable ó cerca de él, sólo en caso de falla de instrumentos ó falla de purga, factor de 0.30.
3. Procesos u operaciones donde se opere cerca ó en el rango inflamable ya sea porque no se pueda purgar, por el proceso en sí, ó por diseño, tiene un factor de 0.80. La descarga de pipas ó carris-tanque que involucren un relleno, factor de 0.40.

D. POLVOS EXPLOSIVOS.

T A B L A 2

Tamaño de Partícula (μ)	Mesh de Malla Tyler	Factor
más de 175	60 a 80	0.25
150 a 175	80 a 100	0.50
100 a 150	100 a 150	0.75
75 a 100	150 a 200	1.25
menos de 75	más de 200	2.00

Si se transporta ó maneja con gas inerte, el factor será la mitad del señalado.

E. PPESION.

Esta sección se refiere a las unidades de proceso que operan a alta presión y que tienen dispositivos de alivio, tales como discos de ruptura, válvulas de alivio, etc.

La Figura No. 2, indica el valor del factor en función de la presión de calibración del dispositivo de alivio. El factor se modificará de acuerdo a los siguientes puntos:

1. Si se manejan materiales altamente viscosos, se multiplica por 0.70.
2. Si son gases comprimidos, se multiplica por 1.20.
3. Si son gases licuados inflamables ó materiales con presión vapor de 40 psig ó más, se multiplica por 1.3.

Esta sección no se aplica a procesos de extrusión ó moldeado.

F. BAJA TEMPERATURA.

Esta sección estima los posibles daños que ocurren en el acero al carbón en ó abajo de su temperatura de transición, sin considerar-

si el equipo no opera a temperaturas abajo de la de transición del material con el que está construido.

Para equipos de acero al carbón operando entre 10 y -29°C , ---- (50 y -20°F), factor de 0.30.

2. Si el acero al carbón se usa abajo de -29°C (-20°F), factor de 0.50.
3. Para otros materiales en ó abajo de su temperatura de transición, factor de 0.20.

G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE.

1. Líquidos inflamables ó combustibles, gases licuados ó gases en varias etapas de proceso, se obtienen los $\text{BTU} \times 10^9$ totales, multiplicando las libras del material por ΔH_c ; con este dato en la Figura No. 3 se determina el valor del factor. Los líquidos combustibles con punto de flama arriba de 140°F , sólo se consideran si la temperatura del proceso es mayor al punto de flama del material. En los materiales inestables se determina el valor del factor utilizando 6 veces el valor del calor de descomposición en BTU/lb . ($H_d = (T_d - 300) \times 0.70$).
2. Líquidos ó gases en almacenamiento: En este punto se analiza el riesgo que representan los líquidos inflamables ó combustibles, los gases licuados ó gases en almacenamiento, aplicándose el proceso en tambores, tanques y en tanques portátiles. El factor se basa en los BTU totales de un sólo recipiente de almacenamiento, excepto en el caso de tambores donde se utiliza la cantidad total almacenada en tambores. Los materiales inestables se evalúan en función del calor de descomposición. El factor se evalúa por medio de la Figura No. 4 en la curva que corresponda. Cuando hay más de un recipiente en un área de tanques con un dique común, y no hay drenaje hacia un contenedor seguro, se evaluarán los BTU de todos los tanques para obtener el factor.
3. Sólidos combustibles en almacenamiento. El factor se evalúa considerando las libras totales de sólidos combustibles almacenados en un área aislada de otras, utilizando la Figura No. 5, de acuerdo a la densidad del material.

H. CORROSION Y EROSION.

Esta sección considera tanto corrosión externa como interna.

1. Velocidad de corrosión menor a 0.5 mm/año, factor de 0.10.

2. Velocidad de corrosión de 0.5 mm/año a menos de 1.0 mm/año, factor de 0.20.
3. Velocidad de corrosión mayor a 1.0 mm/año, factor de 0.50.
4. Riesgo de que la corrosión desarrolle esfuerzos de ruptura, factor de 0.75.

I. FUGAS-JUNTAS Y EMPAQUES.

1. Bomba y prensaestopas sellados de manera que sólo puedan dar fugas menores, factor de 0.10.
2. Si se sabe que se tendrán problemas regulares de fugas en bombas, compresores y juntas, factor de 0.30.
3. Si la naturaleza del fluido puede causar problemas continuos en los sellos, el factor es de 0.40.
4. Juntas de expansión, tubos ó juntas flexibles y mirillas de vidrio, tienen un factor de 1.50.

J. EQUIPO CALENTADO CON FUEGO DIRECTO.

La localización de los equipos calentados con fuego directo (Hornos, Calderas, etc.) en una unidad de proceso, aumentan la exposición a un incendio ó explosión cuando hay un alivio de vapores inflamables. Si el líquido inflamable se derrama, podrá formar una mezcla vapor-aire inicial de algún grado de peligrosidad. La cantidad de fuga, las condiciones ambientales, la dirección y velocidad del viento y la distancia del equipo al punto de fuga, determina la probabilidad de ignición, la cual aumenta si el líquido que fuga está calentado arriba de su punto de ebullición.

El factor se evalúa en la Figura No. 6 utilizando la curva que representa la temperatura del proceso y la distancia de la fuente de fuga al equipo.

Los equipos operados con quemador de presión, aplican sólo la mitad del valor del factor.

K. INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE.

Los sistemas que utilizan aceites combustibles como medio de intercambio de calor, presentan una exposición adicional al fuego cuando opera arriba de su punto de flama. El valor del factor depende de la cantidad utilizada y de la temperatura de operación sin considerar las partes del sistema usadas como almacenamiento ó que no tienen alimentación automática, excepto si es la unidad estudiada.

Cantidad de aceite (gal)	T sobre punto de flama	T sobre punto de ebullición
< 5 M	0.15	0.25
5 M a 10 M	0.30	0.45
10 M a 25 M	0.50	0.75
> 25 M	0.75	1.15

L. EQUIPO ROTATORIO - BOMBAS Y COMPRESORES.

La evidencia estadística indica que los equipos rotatorios, como bombas y compresores, arriba de cierto tamaño, contribuyen a producir incidentes de pérdida, por lo que las unidades de proceso que utilicen bombas mayores a 75 h.p. ó compresores desde 600 h.p. tienen un factor de 0.50.

VI Determinación del Factor de Riesgo de la Unidad. (F₃)

El factor de riesgo de la unidad es el producto del factor de riesgos generales del proceso (F₁) y el factor de riesgos especiales del proceso (F₂), siendo cada uno la suma de los factores considerados más 1.00 que es la base del factor. El factor de riesgo de la unidad (F₃), es la medida de la magnitud del daño probable relativo a la exposición a la combinación de los factores utilizados en el análisis y es un valor de 1 a 8.

El factor de daño es la magnitud de daño probable y está en función del factor de riesgo de la unidad y del factor material como se muestra en la Figura No. 7.

VII Determinación del Índice DOW de Fuego y Explosión (IFE)

El IFE es la probabilidad de daño de un fuego ó explosión al área determinada por el radio de exposición y se calcula multiplicando el factor material por el factor de riesgo de la unidad.

Aunque un fuego ó una explosión no afectan un área perfectamente circular, por lo que no producen el mismo daño en todas direcciones, por depender de la dirección y velocidad del viento, posición del equipo, drenajes, etc., para poder calcular el área de exposición se considera circular, como la necesaria para retener un derrame de líquido inflamable de 8cm. de profundidad, y los radios de sobrepresión de varias mezclas vapor-aire. Estos 2 tipos de exposición se han relacionado con el IFE para determinar el radio de exposición como se muestra en la Figura No. 8.

...#

T A B L A 4 CLASIFICACION DE RIESGO

I F E	TIPO DE RIESGO
1 - 60	Ligero
61 - 96	Moderado
97 - 127	Intermedio
128 - 158	Grave
más de 158	Severo

VIII Determinación del Daño Máximo probable a la Propiedad Base (DMPP)

El DMPP base, se obtiene del valor de reemplazo del equipo dentro del área de exposición.

Valor de Reposición = Costo original x 0.82 x Factor de Escalación
 (\$ Us Dlls. Cy)

0.82 es la corrección estadística por partes no sujetas a reemplazo, tales como, preparación del lugar, cimentación, líneas subterráneas, ingeniería, etc.

En el cálculo del DMPP base, debe incluirse el valor de los inventarios de productos, materias primas y materiales considerando el 80% de capacidad para tanques de almacenamiento, 70% de capacidad para bodegas y la capacidad de diseño de los recipientes y líneas de proceso.

La suma de estos costos y del valor de reposición multiplicada -- por el factor de daño nos dá el DMPP base.

IX Factores de Corrección por Medidas de Control de Pérdidas.

En el diseño y operación de Plantas y edificios, se incluyen factores básicos de seguridad que contribuyen a minimizar la exposición de un área donde pueda ocurrir un riesgo, ó a reducir la probabilidad y magnitud del riesgo. Estos factores se utilizan para reducir el DMPP base a un valor actual y se han dividido en 3 grupos: C₁ - referente a control de proceso, C₂ - aislamiento del material y C₃ - protección contra incendios. Cada grupo contiene una serie de elementos afines, que al evaluarlos y multiplicarlos entre sí, se obtiene el factor de cada grupo (C₁, C₂ y C₃); el -- producto de los factores de grupo nos dá el factor de corrección global (C₁ x C₂ x C₃ = C) y al referirse a la Figura No. 9, obtenemos el factor de corrección actual ó definitivo. El producto -- del factor de corrección actual por el DMPP base nos dá el DMPP -- actual. En el apéndice B se listan algunas medidas y dispositivos importantes de Control de pérdidas y daños.

C₁ - Control de Proceso.

1. Energía de emergencia para los servicios esenciales, factor 0.97.
2. Sistema de enfriamiento capaz de mantener un enfriamiento normal durante 10 min. en una condición anormal, el factor es de 0.98; si es capaz de dar el 150% de los requerimientos en esos 10 min. el factor es de 0.95.
3. Control de explosiones: si hay sistemas de supresión de explosión instalado en los equipos de proceso, el factor es 0.85; si hay dispositivos de alivio de presión ó de venteo de explosiones el factor es 0.96.
4. Paro de emergencia: si el sistema es redundante, activado por 2- ó 3 condiciones anormales, el factor es 0.96; si los equipos críticos rotatorios (turbinas, compresores, etc.) tienen detector de vibraciones y sólo alarma, el factor es de 0.98, si inicia el paro el factor es de 0.94.
5. Control por computadora: si la computadora es sólo una ayuda para los operadores y no controla las operaciones claves directamente ó si la Planta se opera frecuentemente sin la computadora, aplique un factor de 0.98, si la computadora controla con falla segura lógica y con control directo use 0.95, si se utiliza alguna de las siguientes opciones, aplique un factor de 0.80.
 - a) Entrada a campos críticos redundantes.
 - b) Capacidad de abortar a salidas críticas.
 - c) Capacidad de registro de los sistemas de control.
6. Gas inerte: si los equipos que contienen vapores inflamables están blanqueados con gas inerte, el factor es 0.94; si la capacidad de gas inerte es tal que permita purgar toda la unidad, el factor es 0.99.
7. Instrucciones de operación: sume los valores de los procedimientos e instrucciones siguientes que la unidad cubra y aplique la relación $1.0 - \frac{x}{100}$, para el total, el factor es 0.86.
 - a) Arranque, 0.50
 - b) Rutina de paro, 0.50
 - c) Operación normal, 0.50
 - d) Cambio de condiciones de operación, 0.50
 - e) Condiciones de espera de corrida ó total recirculación, 0.5
 - f) Condiciones sobre la capacidad de operación, 1.00
 - g) Arranque después de paro por mantenimiento, 1.00
 - i) Procedimientos de mantenimiento, permisos, entrega, candadeado, 1.50
 - j) Paro de emergencia, 1.5
 - k) Modificaciones ó adiciones a equipo y tubería, 2.00
 - l) Revisión de situaciones anormales de falla, 3.00

...#

8. Análisis de reactivos químicos: si existe programa continuo como parte de la operación, aplique un factor de 0.85; si el análisis es ocasional, aplique 0.96.

C2 - Aislamiento del Material.

1. Válvulas de control remoto: si aíslan secciones de transferencia, tanques de almacenamiento ó de proceso, el factor es 0.94.
2. Descarga a vertederos: si se cuenta con un vertedero de emergencia donde se reciban los desechos de una fuga de proceso, aplique un factor de 0.96, si el vertedero está en un área exterior al proceso, use 0.94, si los vapores van a un flare ó a un receptor, el factor es de 0.94.
3. Drenaje: si el drenaje tiene una pendiente mínima de 2% y la trinchera es capaz de manejar mínimo el 75% del contenido de proceso, aplique 0.85; si cuenta con un vertedero para grandes fugas, pero puede manejar hasta el 30% de contenidos, el factor es de 0.95. El área de tanques en dique no tiene factor por seguridad, a menos que dentro del dique exista una pendiente que lleve los derrames a un vertedero localizado a mínimo un diámetro de tanque de distancia, el factor es 0.95.
4. Interlock: el factor es 0.96 si el proceso cuenta con un sistema de interlock que prevenga flujo de material incorrecto ó reacciones no deseadas.

3. - Protección contra Incendio.

1. Detección de fugas: si se cuenta con detectores de vapores que alarmen e identifiquen la zona de fuga, aplique 0.97, cuando alarme al 25% del límite inferior de explosividad y actúe el sistema de protección al 75%, el factor es 0.90.
2. Acero estructural: si está recubierto a una altura de 3 m. aplique 0.97; si está recubierto de 3 a 6 m. use 0.95, si el recubrimiento está a más de 6 m. use un factor de 0.92.
3. Tanques recubiertos: si el tanque tiene doble envolvente donde el segundo cuerpo pueda contener la carga total, factor de 0.85, si el tanque es recubierto bajo ó sobre tierra con un contenedor ó paredes de retención con una línea de retorno, el factor es de 0.75.
4. Suministro de agua: si la presión en el punto de descarga es 100 psi ó más, el factor es 0.90, si es menor a 100 psi, aplique 0.95.
5. Sistemas especiales: si la unidad cuenta con sistemas de CO₂, polvo químico seco, detectores de humo, temperatura ó ionización el factor es 0.85.

...#

Sistemas de rociadores: factor de 0.95 para sistema diluvio, los sistemas seco y húmedo tienen un factor de acuerdo a la densidad de diseño y corregida por el área a proteger.

T A B L A 5

DENSIDAD gpm/ft ²	FACTOR
< 0.20	0.80
0.21 a 0.34	0.70
≥ 0.35	0.6

T A B L A 6

CORRECCION DEL FACTOR POR AREA PROTEGIDA

AREA (ft ²)	FACTOR POR
> 10 000	1.10
> 20 000	1.15
> 30 000	1.20

7. Cortinas de agua: si se utilizan cortinas de agua entre la fuente de vapores y la fuente de ignición a menos de 25 m. de la fuente de vapores compuesta de una sola hilera de boquillas, elevadas a máximo 5 m. aplique un factor de 0.97, si se cuenta con una segunda hilera a máximo 2 m. de la primera use un factor de 0.95.
8. Espuma: si se puede inyectar solución espumante al sistema diluvio desde una estación remota manual, el factor es 0.90, si el sistema de espuma es automático utiliza 0.87, si hay estaciones de espuma en los tanques de techo flotante, el factor es 0.95, si se utilizan dispositivos para la detección del inicio de un fuego use 0.90, si se utilizan cámaras de espuma ó sistemas superficiales en tanques de techo cónico, el factor es 0.98, si se cuenta con estaciones de espuma exteriores a los envolventes de tanques de inflamables, el factor es 0.95, si se utilizan monitores ó mangueras para aplicar la espuma, el factor es 0.95.
9. Extinguidores portátiles - cañones monitores: si se utilizan con la cantidad suficiente de extinguidores, se aplica 0.97, si además, se cuenta con cañones monitores se utiliza 0.95; si el cañón monitor se puede operar a control remoto, se aplica factor de 0.92.
10. Protección de cables: si se utilizan cables calibre 14 ó 16 protegidos por rociadores de agua, el factor es 0.96, si el cableado es subterráneo ó en una trinchera rellena seca, se aplica 0.90.

Determinación del daño máximo probable a la Propiedad actual.

El valor del factor de conexión actual de la Figura No. 9, multiplíca al DMPP base para obtener el DMPP actual ó definitivo.

Determinación de los máximos días probables fuera de operación.

(MDPFO)

Los MDPFO, es el tiempo en que la unidad estará fuera de operación - debido a reparaciones y reemplazo de equipo, más la pérdida de capacidad de producir ciertos productos, por lo que está en función del DMPP actual indicado en la Figura No. 10.

La interrupción de negocios es la consecuencia final y puede estimarse con la siguiente relación:

Interrupción de negocios =

$$\frac{\text{MDPFO}}{30} \times \text{Valor del producto terminado} \times 0.70$$

[\$ MM US Dlls Cy]

0.70 es el rango de probabilidad que refleja que la variable -- puede ocurrir debido que existen pequeñas pérdidas en costo pero con mucho tiempo de reparación y que además, se cuenta con -- stock de equipos y partes críticas que minimizan los MDPFO y la IN.

XI Resultados del Análisis.

Se concentran en la forma de reporte ASP los siguientes datos: Factor de Riesgo, Factor Material, Valor del Area expuesta, IFE, - Factor de daño, DMPP base, Factor de Corrección, DMPP actual, --- DMPFO e IN y las recomendaciones del grupo ASP para minimizar riesgos.

APENDICE A FACTOR MATERIAL (FM)

COMPUESTO	FM	T _d K	Hc BTU/lb. x10 ³	NFPA Classification			PUNTO DE FLAMA °F	PUNTO DE EBULLESION °F
				N _h	N _i	N _r		
Acetaldehyde	24	866	10.5	2	4	2	-36	70
Acetic Acid	10	634	5.6	3	2	0	109	245
Acetic Anhydride	24	793	7.1	4	2	2	129	284
Acetone	16	774	12.3	1	3	0	0	134
Acetonitrile	24	975	12.6	3	3	2	42	179
Acetyl Chloride	16	741	2.5	3	3	0	40	124
Acetyl Peroxide	40	983	6.4	1	2	4	—	—
Acetyl Salicylic Acid (P)		775	8.9	1	1	0	—	—
Acetylene	40	2898	20.7	1	4	4	Gas	-118
Acrolein	24	947	11.8	3	3	2	-15	125
Acrylic Acid	14	787	7.6	3	2	1	130	287
Acrylamide	14	752	9.5	2	1	1	—	257
Acrylonitrile	40	1553	13.7	3	3	4	32	171
Allyl Alcohol	16	828	13.7	4	3	1	70	206
Allylamine	16	838	15.4	3	3	1	-20	128
Allyl Chloride	29	912	9.7	3	3	3	-25	113
Allyl Ether	24	994	16.0	3	3	2	20	203
Ammonia	4	Endo	8.0	3	1	0	Gas	-28
t-Amylacetate	16	705	14.4	1	3	1	77	300
Aniline	14	821	15.0	4	1	1	158	364
Aluminum Chloride	24	—	—	3	0	2	—	—
Allyl Bromide	16	988	5.9	3	3	1	30	160
Acetyl Tributyl Citrate	4	693	10.9	—	1	0	400	343
Acetyl Ethanolamine	14	770	9.4	1	1	1	355	—
Acetone Cyanohydrin	24	833	11.2	4	1	2	165	248
Amyl Acetate	16	659	14.6	1	3	0	89	249
Amyl Nitrate	24	1128	11.5	1	2	2	125	305
Ammonium Nitrate	29	3248	6	2	0	3	—	410
Barium Stearate	4	374	8.9	0	1	0	—	—
Benzaldehyde	24	906	13.7	2	1	2	148	355
Benzene	16	867	17.3	2	3	1	12	176
Benzoic Acid	4	763	11.0	2	1	0	250	482
Benzyl Chloride	14	886	12.6	3	1	1	153	354
Benzyl Peroxide	40	971	12.0	1	3	4	—	—
Bisphenol A	14	795	14.1	2	1	1	175	428
Bromobenzene	14	918	8.1	2	2	1	124	313
Butane	21	633	19.7	1	4	0	Gas	31
1,3-Butadiene	29	991	19.2	2	4	3	Gas	24
Butanol (t-butyl Alcohol)	16	700	14.3	2	3	0	84	243
1-Butene	21	825	19.5	1	4	1	Gas	21
n-Butyl Acetate	16	715	12.2	1	3	0	72	260
n-Butylamine	16	648	16.3	2	3	0	10	172
Butyl Bromide	16	668	7.6	2	3	0	65	215
Butyl Ether	16	686	16.3	2	3	0	77	286
t-Butyl Hydroperoxide	24	919	11.9	1	3	2	80	—
Butyl Nitrate	29	406	11.1	1	3	3	97	277
t-Butyl Peroxide	29	850	14.5	1	3	3	64	176
Butylene Oxide	24	863	14.3	3	3	2	5	149
Benzyl Acetate	4	817	12.3	1	1	0	216	417
Benzyl Alcohol	4	828	13.8	2	1	0	213	403

APENDICE A FACTOR MATERIAL (FM)

COMPUESTO	FM	T _d °K	Hc BTU/lb. x10 ³	NFPA Classification			PUNTO DE FLAMA °F	PUNTO DE EBULLICION °F
				N _h	N _f	N _r		
Bromotoluene	14	865	8.5	2	1	1	174	359
Butyl Acrylate	24	775	14.2	2	2	2	120	293
t-Butyl Peracetate	40	875	10.6	2	3	4	<80	'
Barium Chlorate	24	—	'	0	1	2	—	—
Bromine	14	300	0.0	(4)	1	1	—	—
t-Butyl Perbenzoate	40	905	12.2	1	2	4	>190	'
Calcium Carbide	24	302	9.1	1	1	2	—	—
Carbon Disulfide	16	755	6.1	2	3	0	-22	115
Carbon Monoxide	16	1038	4.3	(3)	3	1	Gas	-314
Chlorine Dioxide	40	1766	0.7	(3)	1	4	—	—
1-Chlorobutane	16	701	11.4	2	3	0	-15	170
Chloroform	1	683	1.5	2	0	0	—	142
Chloro Methyl Ethyl Ether	14	860	5.7	2	1	1	—	—
Chloro Phenol	14	881	9.2	(3)	1	1	147	347
Chloropicrin	29	1827	0.7	(8)	0	3	—	234
Chloropropane	21	699	10.1	2	4	0	-26	95
Chlorostyrene	24	986	12.5	2	1	2	—	—
Coumarin	24	997	12.0	2	1	2	—	554
Cumene	10	759	18.0	2	2	0	111	306
Cumene Hydroperoxide	29	989	13.7	1	2	3	175	'
Cyclohexane	16	677	18.7	1	3	0	-4	179
Cyclohexanol	4	594	15.0	1	1	0	154	322
Cyclopropane	21	936	21.3	1	4	1	Gas	-29
Cyclobutane	21	865	19.1	1	4	1	Gas	55
Chloroacetyl Chloride	14	894	2.5	(3)	0	1	—	222
Chlorine	14	301	0.0	(3)	1	1	—	—
1-Chloro 1-Nitroethane	40	1165	3.53	1	2	4	133	344
Chlorobenzene	24	936	10.9	2	3	2	84	270
Cyanamide	29	1102	7.0	(4)	1	3	286	500
Diesel Fuel	10	683	18.7	0	2	0	100/130	315
Dichlorobenzene	29	1145	8.1	2	1	3	150	345
1,2-Dichloroethylene	40	1785	6.9	2	3	4	43	141
1,3-Dichloropropene	24	1225	6.3	2	3	2	95	219
3,5-Dichloro Salicylic Acid	24	942	5.3	0	1	2	—	—
Dicumyl Peroxide	29	1040	15.4	0	1	3	—	—
Dicyclopentadiene	24	990	17.9	1	3	2	90	342
Diethyl Amine	16	693	16.5	2	3	0	<0	134
Diethyl Benzene	10	738	18.0	2	2	0	133	358
Diethyl Carbonate	16	753	9.1	2	3	1	77	259
Diethyl Peroxide	40	968	12.2	0	4	4	'	'
Diethanolamine	14	707	10.0	1	1	1	305	514
Diethylene Glycol	4	770	8.7	1	1	0	255	472
Diethyl Ether	21	761	14.5	2	4	0	-49	95
Diisobutylene	16	734	19.0	1	3	0	23	219
Diisopropylbenzene	4	713	17.9	0	1	0	170	401
Dimethyl Amine	21	792	15.2	(3)	4	0	Gas	45
2,2-Dimethyl Propanol	16	725	14.8	2	3	0	98	237
Dinitrobenzene	40	1851	7.2	(3)	1	4	302	604
2,4-Dinitro Phenol	40	1476	6.1	(3)	1	4	—	—
P-Dioxane	16	813	10.5	2	3	0	54	214

APENDICE A FACTOR MATERIAL (FM)

COMPUESTO	FM	T _d °K	Hc BTU/lb. x10 ³	NFPA Classification			PUNTO DE FLAMA °F	PUNTO DE EBULLESCION °F
				N _h	N _f	N _r		
Dioxolane	24	911	9.1	2	③	2	35	165
Diphenyl Oxide	14	906	14.9	1	1	1	239	498
Dipropylene Glycol	4	749	10.8	0	1	0	280	449
Di-tert-Butyl Peroxide	29	950	14.5	1	⑤	3	70	—
Divinyl Benzene	24	1038	17.4	1	1	2	169	392
Divinyl Ether	24	1050	14.5	2	③	2	-22	102
Dowtherm A	14	912	14.0	1	1	1	255	495
Dowtherm G	14	916	15.4	1	1	1	305	575
Dowtherm J	4	739	17.8	1	1	0	145	358
Dowtherm 30 LF	14	884	16.0	1	1	1	260	507
Dichlorostyrene	24	1143	9.3	2	1	2	225	—
Divinyl Acetylene	29	1690	18.2	1	③	3	-4	183
Dursban*	14	873	19.8	1	2	1	81-110	—
Lycil* 75	29	809	7.0	—	—	3	—	—
Lycil* 200	29	911	9.3	—	1	3	—	—
1,1-Dichloroethane	16	847	4.5	2	③	1	22	138
Epichlorohydrin	24	974	7.2	3	2	2	105	239
Ethane	21	597	20.4	1	⑥	0	Gas	-128
Ethanolamine	4	660	9.5	2	1	0	165	342
Ethyl Acetate	16	735	10.1	1	③	0	24	171
Ethyl Acrylate	16	835	11.0	2	③	1	60	211
Ethyl Alcohol	16	622	11.5	0	②	0	55	173
Ethyl Benzene	16	830	17.6	2	③	0	59	277
Ethyl Bromide	21	670	5.5	2	④	0	-4	100
Ethyl Chloride	21	701	8.2	2	④	0	-58	54
Ethylene	24	1005	20.8	1	④	2	Gas	-155
Ethylene Carbonate	14	769	5.3	2	1	1	290	351
Ethylene Diamine	10	708	12.4	3	2	0	110	241
Ethylene Dichloride	16	724	4.6	2	③	0	56	183
Ethylene Glycol	4	683	7.3	1	1	0	232	387
Ethylene Oxide	29	1062	11.7	2	④	3	<0	51
Ethyleneimine	29	1092	13.0	3	③	3	12	132
Ethyl Nitrate	40	2094	6.4	2	③	4	50	190
Ethylamine	21	740	16.3	3	④	0	<0	62
Ethyl Benzoate	4	800	12.2	1	1	0	204	414
Ethyl Butyl Carbonate	14	645	10.6	2	2	1	122	275
Ethyl Formate	16	788	8.7	2	③	0	-4	130
2-Ethyl Hexanal	14	691	16.2	2	1	1	185	359
Ethyl Mercaptan	21	522	12.7	2	④	0	80	95
Ethyl Ether	21	761	14.4	2	④	0	-49	95
Ethylbutylamine	16	860	17.0	3	③	1	64	257
Ethyl Butyrate	16	746	12.2	0	③	0	78	245
Ethyl Chloroformate	16	842	5.2	2	③	1	61	201
Ethylene G. Dimethyl Ether	10	674	11.6	2	2	0	104	174
E. G. Monoacetate	4	668	8.0	0	1	0	215	357
Ethyl Propyl Ether	16	748	15.2	1	③	0	-4	147
Formaldehyde	24	987	8.0	2	④	2	Gas	-3
Formic Acid	4	499	3.0	3	1	0	156	213
Fluorobenzene	24	992	13.4	2	③	2	5	185
Fuel Oil # 1 to # 6	10	4	18.7	0	2	0	100/150	340/420

APENDICE A FACTOR MATERIAL (FM)

COMPUESTO	FM	T _d °K	Hc BTU/lb. x 10 ³	NFPA Classification			PUNTO DE FLAMA °F	PUNTO DE EBULLICION °F
				N _h	N _f	N _r		
Furan	21	838	12.6	1	4	1	32	88
Fluorine	29	—	—	④	0	3	—	-310
Glycerine	4	684	6.9	1	1	0	320	554
Glycolonitrile	14	882	7.6	1	1	1	—	—
Gasoline	16	691	18.8	1	3	0	-45	100/400
Heptane	16	597	19.2	1	3	0	32	194
Hexane	16	581	19.2	1	3	0	-7	156
Hexanal	16	620	15.5	2	3	0	90	268
Hydrazine	40	1338	7.2	③	3	4	100	236
Hydrogen	21	301	51.6	0	4	0	Gas	-422
Hydrogen Sulfide	21	305	6.5	③	4	0	Gas	-76
Hydrogen Peroxide (35%)	24	1144	2	2	0	2	—	—
Hydrazine	24	1338	7.7	③	3	2	100	236
Hydrogen Cyanide	29	2524	10.3	③	4	3	0	79
Hydraxylamine	29	2000	3.2	1	3	3	5	158
Hexachloro Diphenyl Oxide	29	1026	5.5	2	1	2	—	446 ¹
Hexachlorobutadiene	14	626	2.0	2	1	1	—	410
Isobutane	21	609	19.4	1	4	0	Gas	11
Isobutyl Alcohol	16	602	14.2	1	3	0	82	225
Isopentane	21	626	21.0	1	4	0	-60	82
Isopropanol	16	564	13.1	1	3	0	53	181
Isopropyl Acetate	16	696	11.2	1	3	1	40	194
Isopropyl Chloride	21	545	10.0	2	4	0	-26	95
isopropyl Ether	16	712	15.6	2	3	1	-19	156
Isobutylamine	16	568	16.2	2	3	0	15	150
Isobutylchloride	16	592	11.4	2	3	0	70	156
Isoprene	21	885	18.9	2	4	1	-65	93
Isopropenyl Acetylene	24	—	—	2	4	2	19	92
Isopropyl Amine	21	549	15.5	③	4	0	-35	89
Jet Fuel A & JP-5, 6	10	—	21.7	0	2	0	105	—
Jet Fuel B & JP-4	16	—	21.7	0	3	0	10	—
Lauryl Peroxide	40	1613	15.0	0	1	4	—	—
Lauryl Bromide	4	830	12.9	1	1	0	291	356
Lauryl Mercaptan	4	671	16.8	2	1	0	262	289
Lube Oil	4	4	19.0	0	1	0	350/400	—
Maleic Anhydride	14	899	5.9	③	1	1	215	396
Magnesium	14	290	10.6	0	1	1	—	—
Methane	21	298	21.5	1	4	0	Gas	-259
Methanol	16	691	8.6	1	3	0	52	147
Methyl Acetate	16	704	8.5	1	3	0	14	140
Methyl Acetylene	40	1816	20.0	2	4	4	Gas	-10
Methyl Amine	21	767	13.2	③	4	0	Gas	21
Methylcellulose (bag storage)	10	789	6.5	0	1	0	—	—
Methyl Chloride	21	744	5.5	2	4	0	Gas	-11
Methyl Chloroacetate	14	768	5.1	2	2	1	122	266
Methyl Cyclohexane	16	660	19.0	2	3	0	25	214
Methylene Chloride (see footnote)	14	1072	2.3	2	1	1	80	104
Methyl Ether	21	844	12.4	2	4	1	Gas	-11
M.E.K.	16	688	13.5	1	3	0	21	176
Methyl Hydrazine	24	1022	10.9	③	3	2	80	190

APENDICE A FACTOR MATERIAL (FM)

COMPUESTO	FM	T _d °K	Hc BTU/lb. x 10 ³	NFPA Classification			PUNTO DE FLAMA °P	PUNTO DE EBULIACION °P
				N _h	N _f	N _r		
Methyl Isobutyl Ketone	16	506	15.6	2	3	0	73	244
Methyl Mercaptan	21	680	10.0	2	4	0	—	42
Methyl Styrene	14	865	17.5	2	2	1	134	342
Mineral Oil	4	—	17.0	0	1	0	380	680
Monochlorobenzene	16	936	11.3	2	3	1	84	270
Monethanolamine	4	660	9.6	2	1	0	200	338
Mapo Gas	21	1044	19.4	1	4	1	Gas	—
Methacrylic Acid	24	706	9.3	③	1	2	171	316
Methyl Acrylate	24	859	18.7	2	3	2	27	176
Methyl Borate	16	—	—	2	3	1	80	156
Methyl Carbonate	16	746	6.2	2	3	1	66	192
Methyl Cyclopentadiene	14	919	17.4	1	2	1	120	163
Methyl Formate	21	814	6.4	2	4	1	-2	90
Methyl Methacrylate	24	854	11.9	2	3	2	50	212
Methylpropenal	24	1116	15.4	③	3	2	-40	142
Methyl Vinyl Ketone	24	908	13.4	2	3	2	20	177
Naphtha	16	—	18.0	1	3	0	28/85	212/350
Naphtalene	14	860	16.7	2	1	1	174	424
Nitroethane	24	1161	7.7	1	3	2	82	237
Nitroglycerine	40	2895	7.8	2	1	4	—	—
Nitromethane	40	2621	5.0	1	3	4	95	214
Nitropropane	29	1046	9.7	1	2	3	103	248
2-Nitrotoluene	29	1112	11.2	1	1	3	223	460
N-Serv	14	1284	4.7	1	2	1	62-200	—
Nitrobenzene	24	1341	10.4	③	1	2	190	412
Nitrobiphenyl	14	1037	12.7	2	1	1	290	626
Nitrochlorobenzene	29	1764	7.8	③	1	3	261	457
Octane	16	593	20.5	0	3	0	56	258
Octyl Mercaptan	10	672	16.5	2	2	0	115	318
Oleic Acid	4	634	16.8	0	1	0	372	432
Pentane	21	645	19.4	1	4	0	-40	97
Pentamethylene Oxide	16	742	13.7	2	3	1	-4	178
Peracetic Acid	40	1076	4.8	③	2	4	105	221
phenol	4	822	13.4	③	1	0	175	358
Potassium Perchlorate	24	357	0.0	1	0	2	—	—
Propane	21	626	19.9	1	4	0	Gas	-44
Propargyl Alcohol	24	1112	12.6	③	3	2	97	239
Propargyl Bromide	40	2220	5.9	③	3	4	64	192
Propionitrile	16	903	15.0	③	3	1	36	207
Propylene	21	866	19.7	1	4	0	Gas	-53
Propylene Dichloride	16	642	6.3	2	3	0	60	205
Propylene Glycol	4	619	9.3	0	1	0	210	370
Propylene Oxide	21	948	13.2	2	4	1	-35	95
Pyridine	24	978	5.9	2	3	2	68	239
2-Picoline	14	660	15.0	2	2	1	102	262
Petroleum — Crude	16	—	21.3	1	3	0	20/90	—
Propanal	16	766	12.5	2	3	1	15	120
1,3-Propanediimine	16	776	13.6	2	3	0	75	276
Propyl Acetate	16	625	11.2	1	3	0	58	215
Propyl Alcohol	16	615	12.4	1	3	0	77	207

APENDICE A FACTOR MATERIAL (FM)

COMPUESTO	FM	Td °K	Hc BTU/lb. x 10 ³	NFPA Classification			PUNTO DE FLAMA °F	PUNTO DE EBULLICION °F
				Nh	Nl	Nr		
Propylamine	16	651	15.8	3	3	0	-35	120
Propylbenzene	16	762	17.3	2	3	0	86	319
Propylchloride	16	613	10.0	2	3	0	<0	115
Propyl Ether	16	699	15.7	1	3	0	70	194
Propyl Nitrate	29	1079	7.4	2	3	3	68	231
Perchloric Acid	29	1003	2	3	0	3	—	397
Potassium Chlorate	29	—	2	2	0	3	—	752
Potassium Nitrate	29	—	2	1	0	3	—	752
Potassium Perchlorate	24	—	2	1	0	2	—	—
Potassium Peroxide	24	—	2	3	0	2	—	—
Potassium	24	—	—	3	1	2	—	1418
Sodium	24	—	—	3	1	2	—	—
Sodium Chlorate	24	—	—	1	0	2	—	—
Sodium Perchlorate	24	—	—	2	0	2	—	—
Sodium Peroxide	24	—	—	3	0	2	—	—
Sodium Dichromate	14	—	—	1	0	1	—	—
Sodium Hydride	24	—	—	3	3	2	—	—
Sodium Hydrosulfite	24	—	—	3	1	2	—	—
Sebacic Acid	4	528	15.9	1	1	0	385	720
Styrene	24	993	17.4	2	3	2	90	295
Sulfur	4	302	4.0	2	1	0	—	—
Sulfur Dioxide	1	302	0.0	2	0	0	Gas	12
Sulfur Chloride	14	302	1.8	2	1	1	245	280
Tetrachlorobenzene	4	789	4.7	0	1	0	311	475
Toluene	16	859	17.4	2	3	0	40	231
Tributylamine	4	645	17.8	2	1	0	187	417
Trichlorobenzene	29	1400	6.2	2	1	3	210	413
Trichloroethylene	14	849	2.7	2	1	1	—	189
1,1-Trichloroethane	24	1126	3.1	2	1	2	—	165
Triethylamine	16	702	17.8	2	3	0	20	193
Triethanolimine	14	752	10.1	1	1	1	355	650
Trimethyl Amine	21	792	16.2	2	4	0	Gas	38
Tripropyl Amine	10	685	17.8	2	2	0	105	313
Triethylene Glycol	4	797	9.3	1	1	0	350	550
Triethylaluminum	29	661	16.9	2	3	3	-63	381
Triisobutylaluminum	29	563	18.9	2	3	3	32	238
Trimethylaluminum	29	525	16.5	2	3	3	32	259
Triisopropyl Benzene	16	685	18.1	2	3	1	—	—
Telone	24	1225	6.0	—	3	2	88	—
Vinyl Acetate	16	843	9.7	2	3	1	18	161
Vinyl Acetylene	40	2317	19.5	1	4	4	—	41
Vinyl Allyl Ether	24	959	15.5	2	3	2	68	153
Vinyl Butyl Ether	24	807	15.4	2	3	2	15	202
Vinyl Chloride	21	1448	8.0	2	4	1	Gas	7
Vinyl Cyclohexene	16	876	19.0	2	3	1	61	266

APENDICE A FACTOR MATERIAL (FM)

COMPUESTO	Td °K	Hc BTU/lb. x10 ⁻³	NFPA Classification			PUNTO DE FLAMA °F	PUNTO DE EBULLICION °F	
			Nh	Nf	Nr			
Vinyl Ethyl Ether	21	880	14.0	2	4	1	-50	96
Vinylidene Chloride	24	1808	4.2	2	4	2	0	99
Vinyltoluene	14	915	17.5	2	2	1	127	349
Xylene	16	817	17.6	2	3	0	81	292
Zinc Stearate	4	538	10.1	0	1	0	—	—
Zinc Chlorate	24	—	2	2	1	2	—	—

The net Heat of Combustion is the value obtained when the water formed in the combustion is considered to be in the vapor state. When ΔH_c is given in Kcal/gm mole it can be converted to BTU/lb by multiplying by 1800 and dividing by molecular weight.

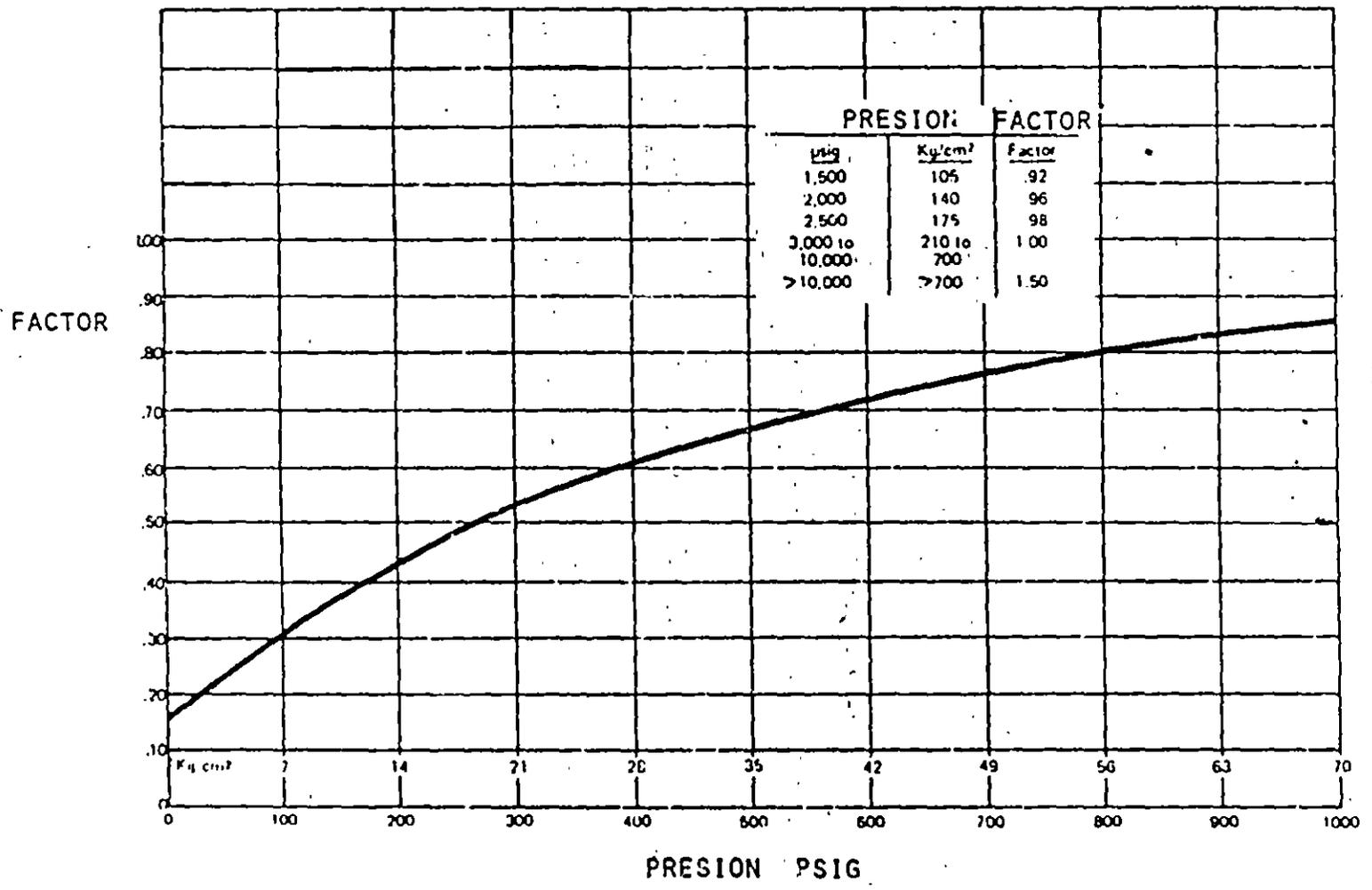
Vacuum Distillation

- 1 Material oxidized to highest level of oxidation.
- 2 Sublimes
- 3 ΔH_c cannot be specified so Td is not calculated
- 4 Explodes
- 5 Decomposes

Methylene chloride flammability range at room temperature is 12.8 for the lower flammable limit, and the upper limit is 34.6 percent. These limits are defined as where the flame will propagate or move up a tube. (Data from tests run by the Analytical Lab. Midland.)

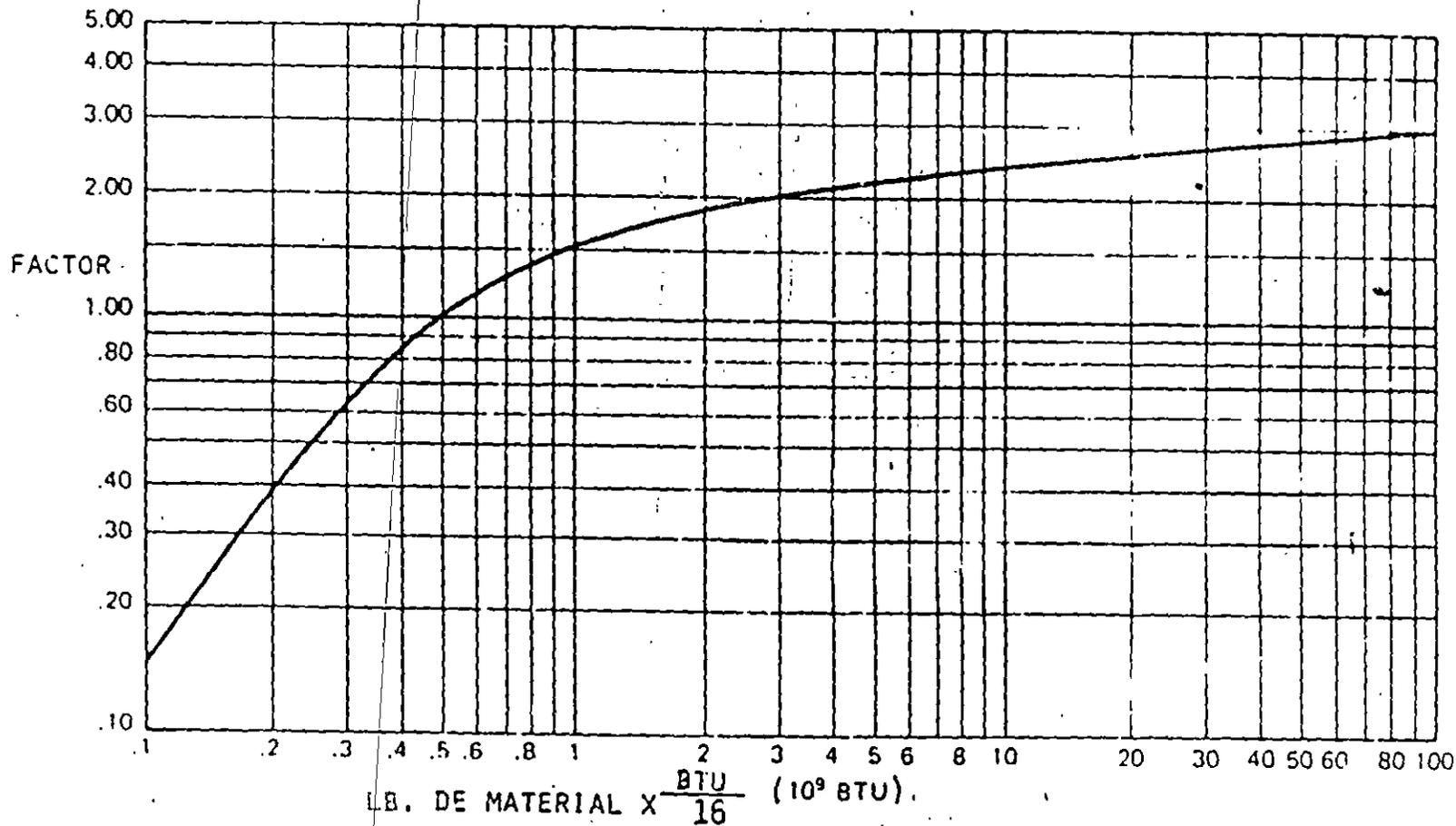
Methylene chloride is difficult to get to burn under normal circumstances. However, with a capacitance spark, arcing, hot wire, or fused wire as igniters, it is possible to ignite the material and have it propagate up the tube.

FIGURA NO. 2 PRESION



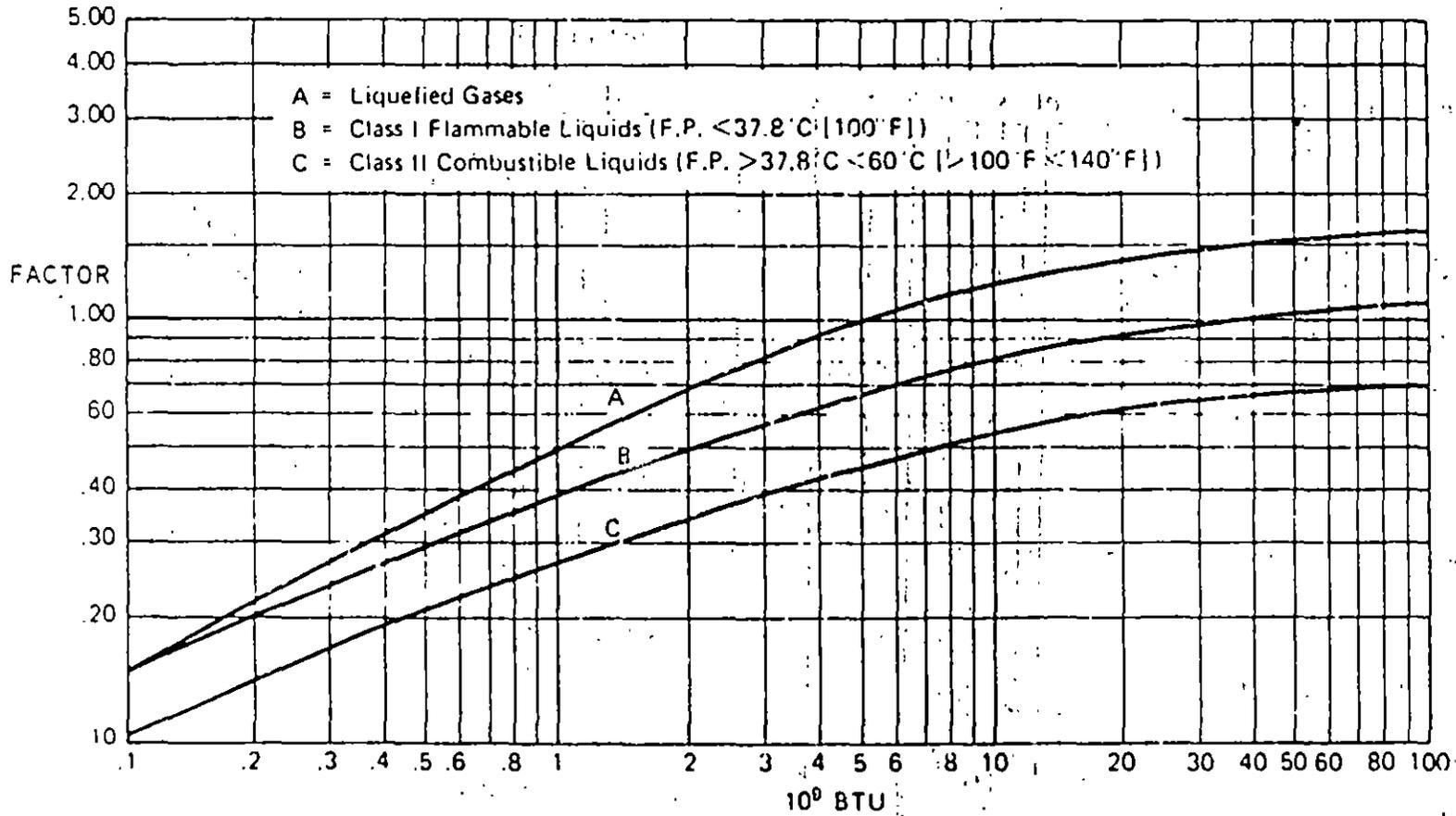
- 41 -

FIGURA NO. 3 LIQUIDOS O GASES EN PROCESO



- 42 -

FIGURA NO. 4 LIQUIDOS Y GASES EN ALMACENAMIENTO



- 43 -

FIGURA NO. 5 SOLIDOS COMBUSTIBLES EN ALMACENAMIENTO

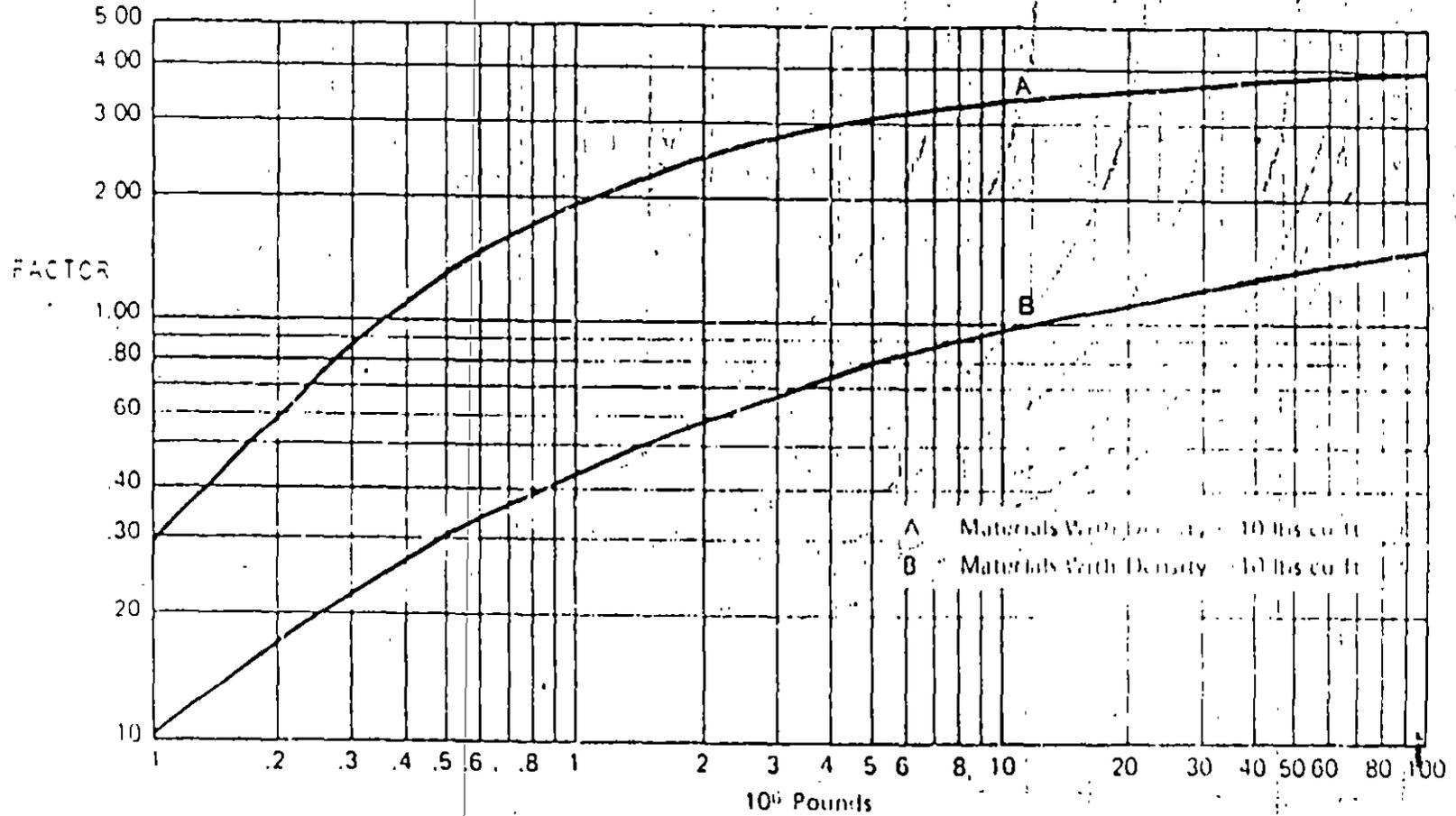


Figure 6 — Fired Equipment Penalty (When Located in Process Plant)

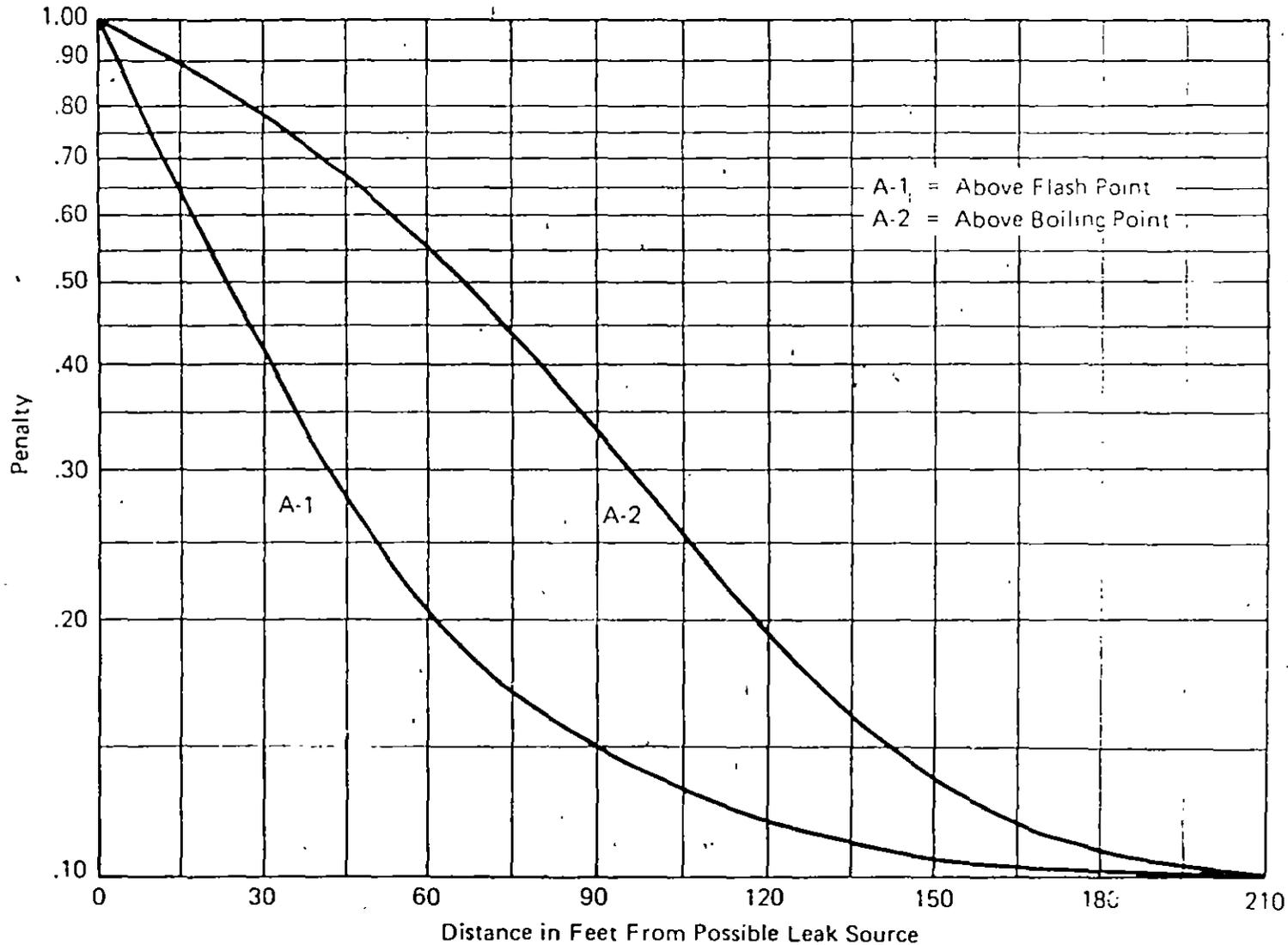


FIGURA NO. 7 FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD
(F₃)

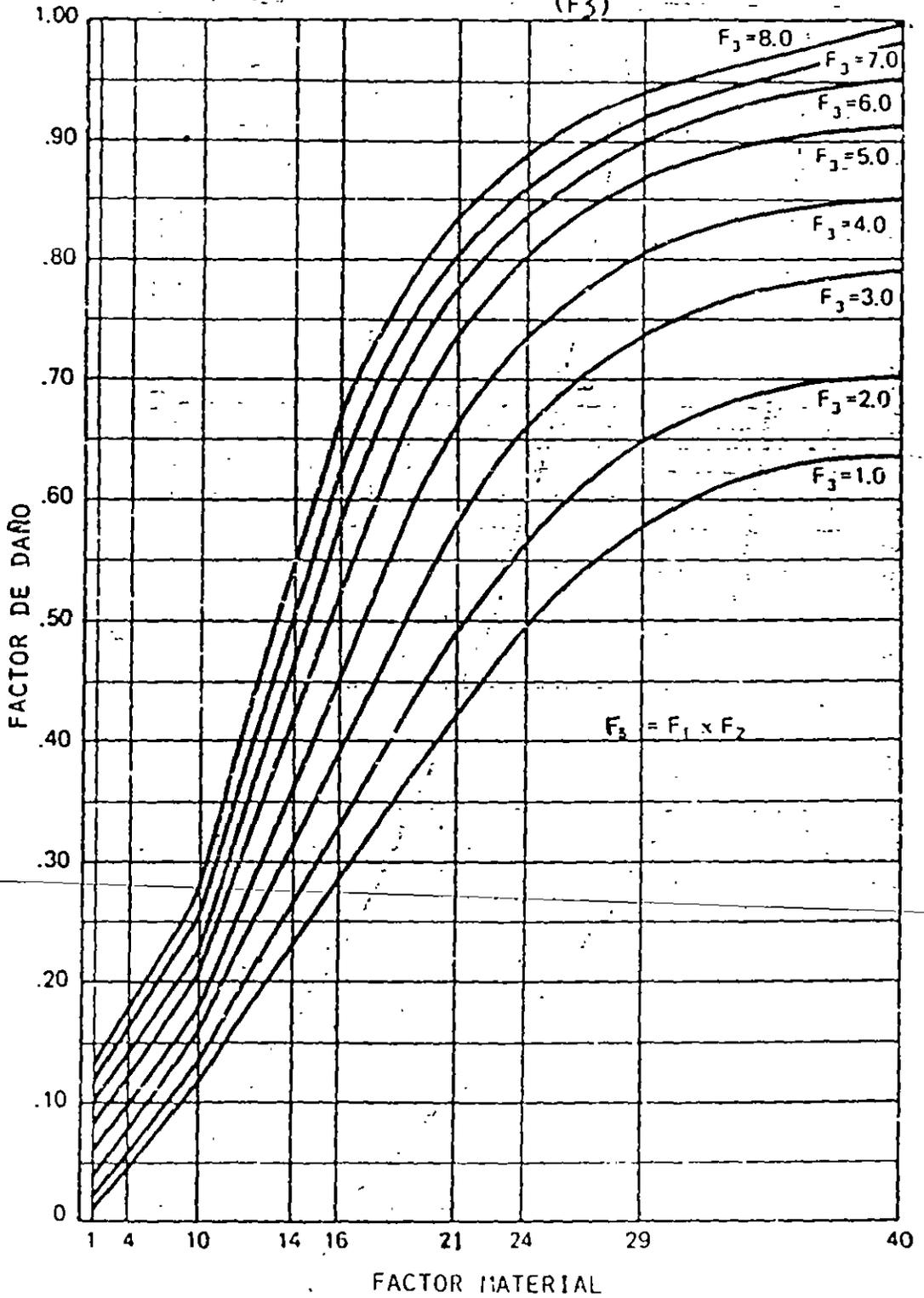


FIGURA NO. 8 AREA DE EXPOSICIÓN

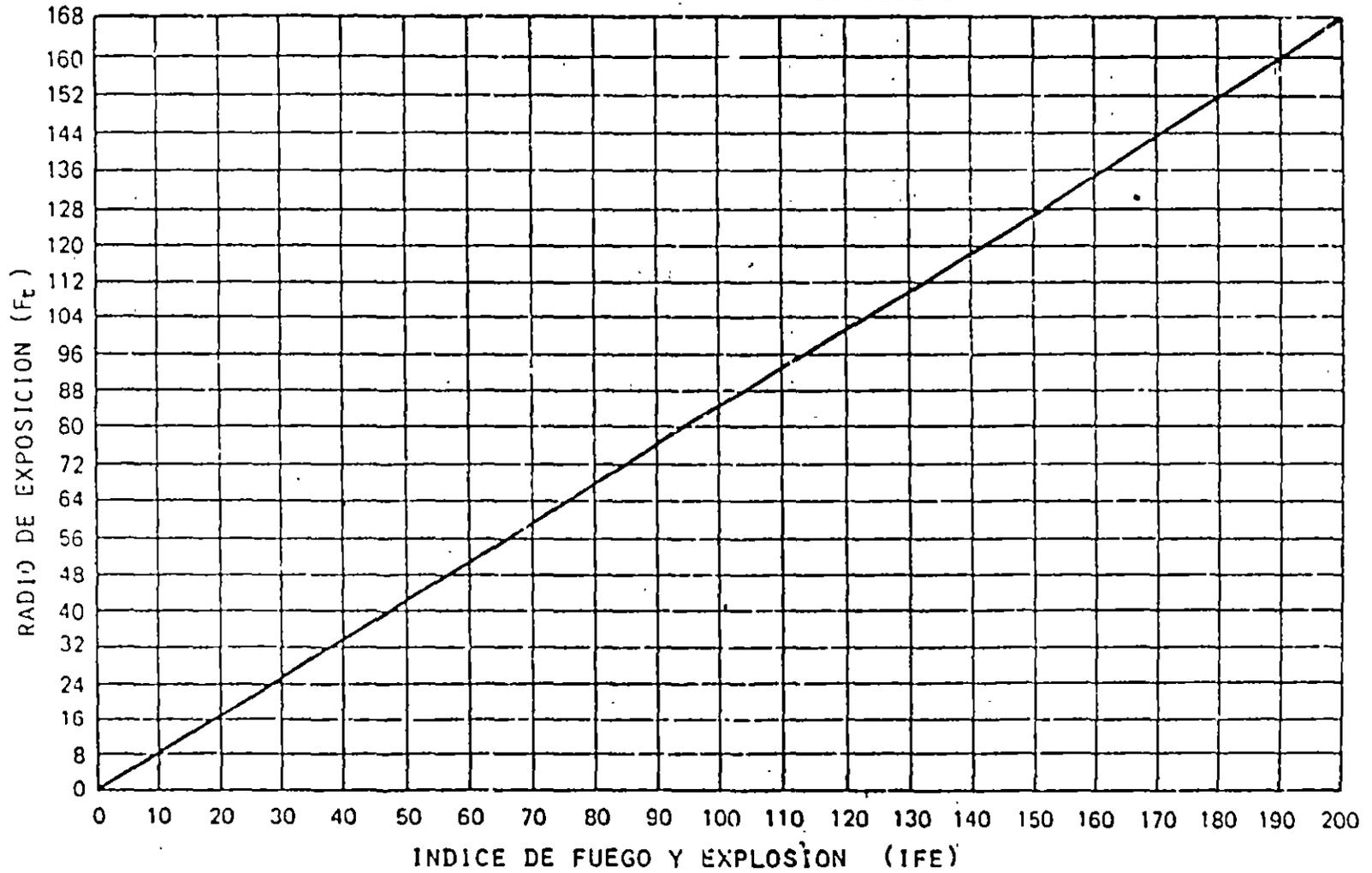


FIGURA NO. 9 : FACTOR DE CORRECCION

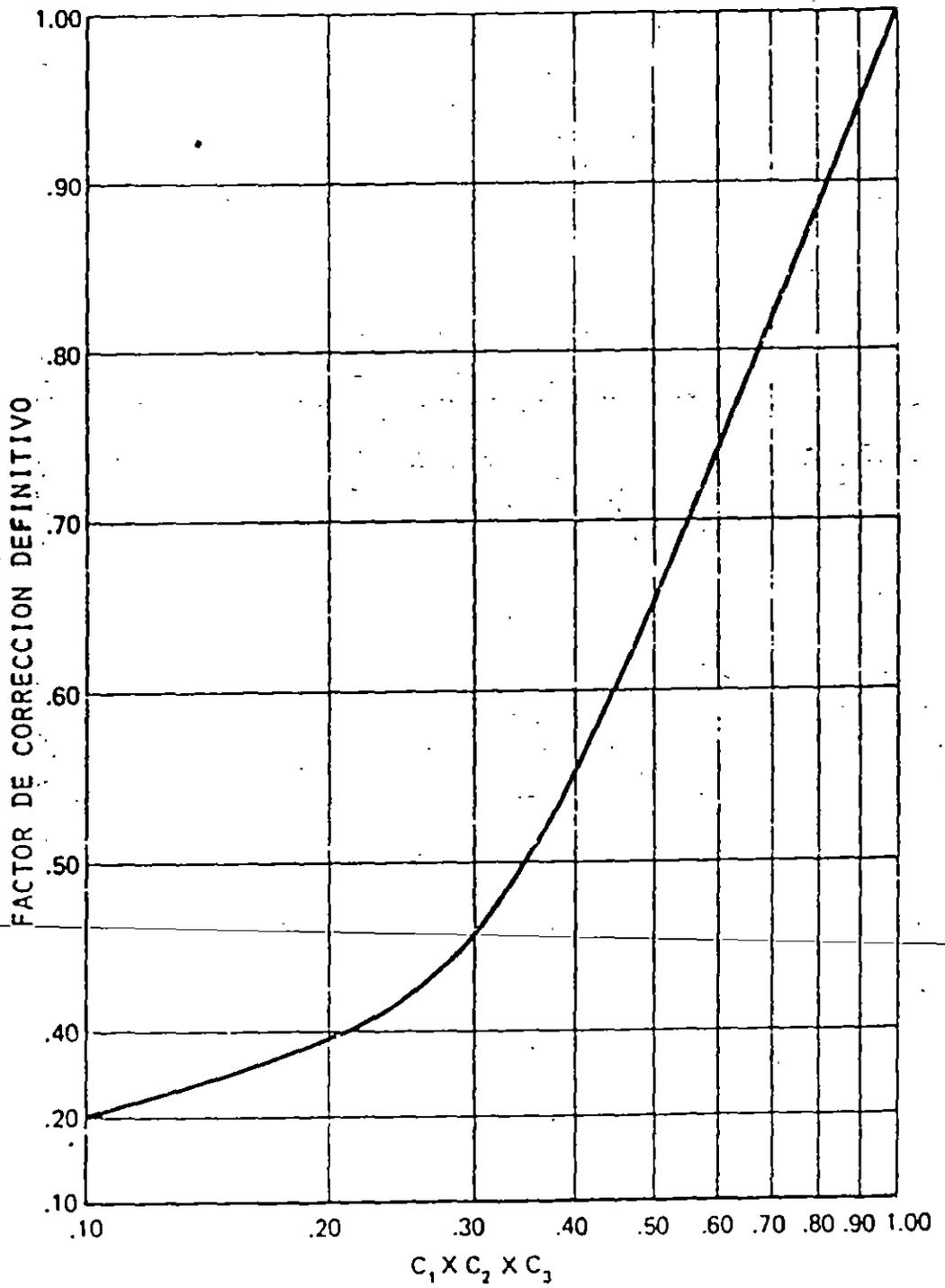
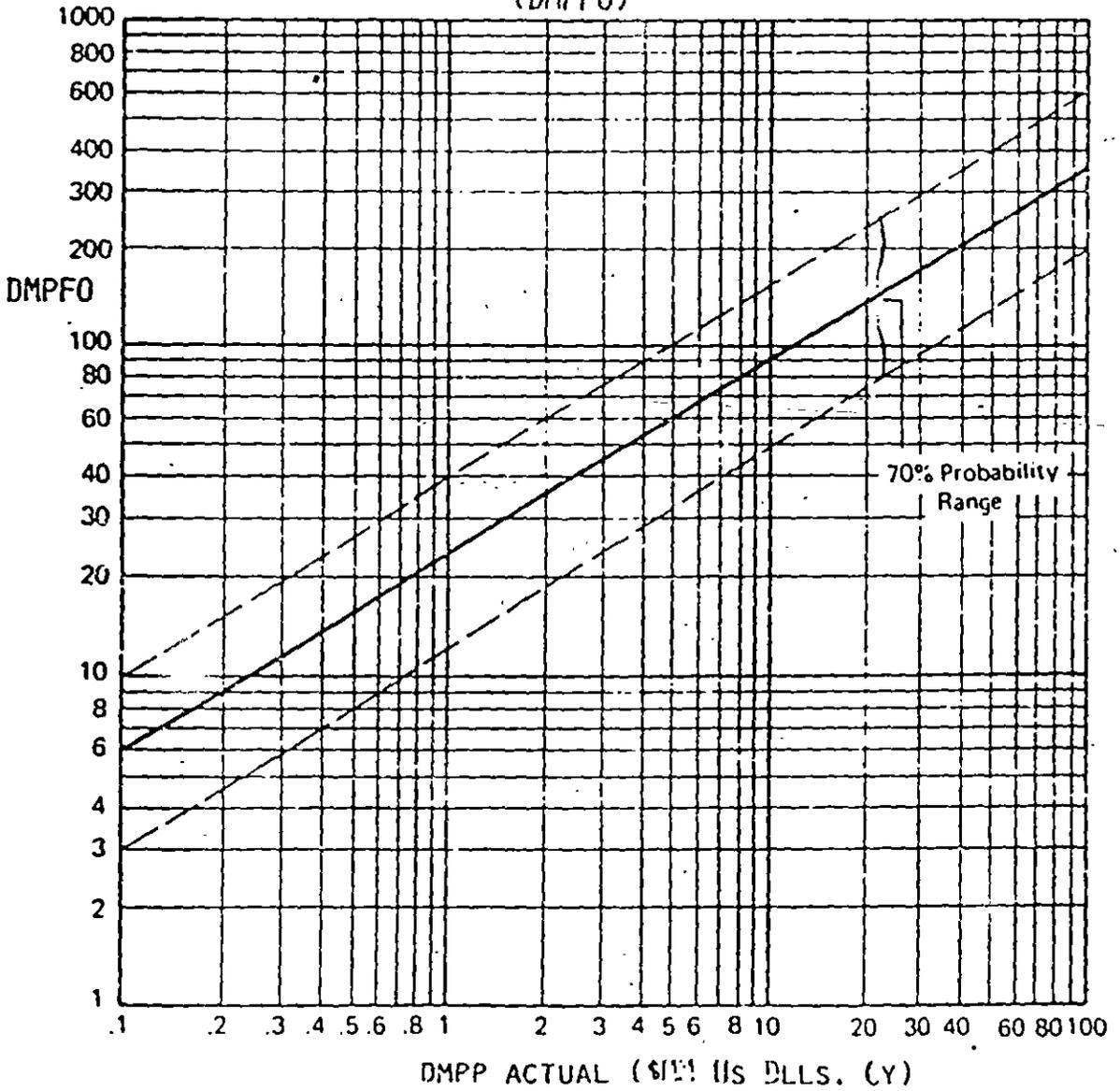


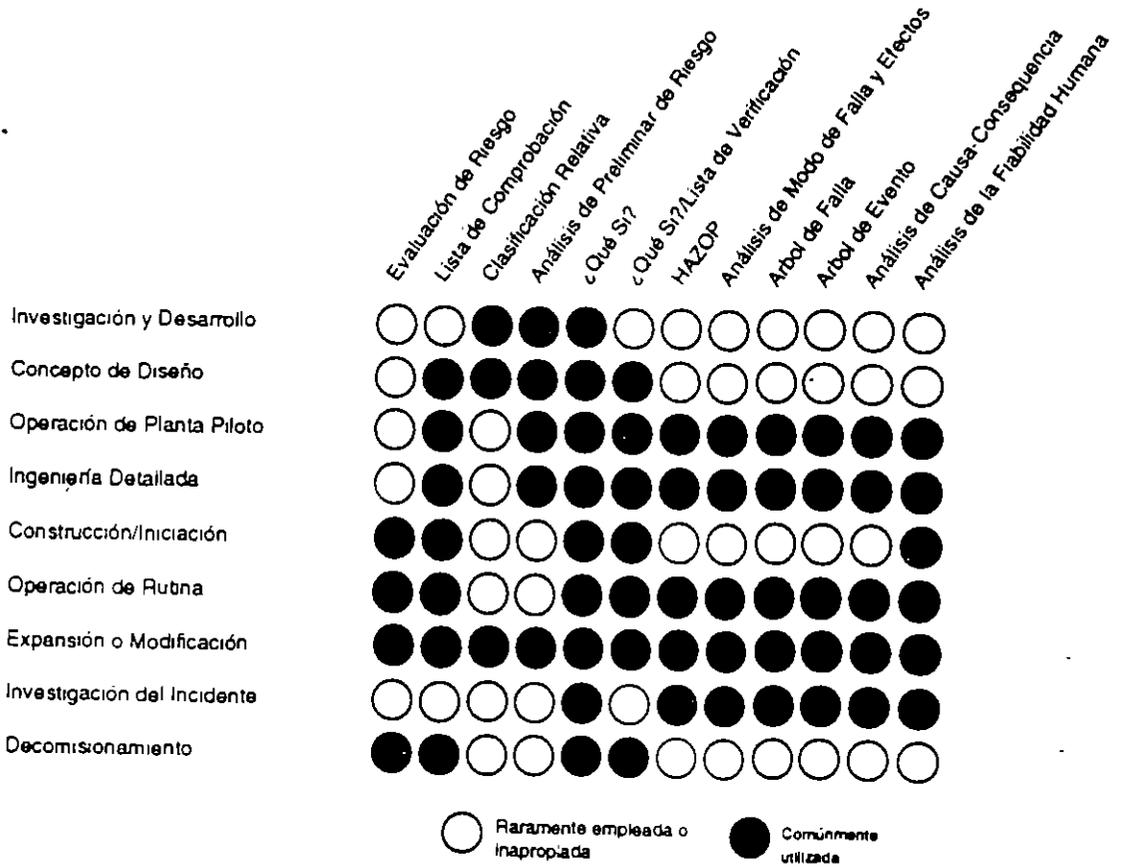
FIGURA NO. 10. DIAS MAXIMOS PROBABLES. FUERA DE OPERACION (DMPFO)



CAPACITACION EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

LECCION 6: EVALUACION DE TECNICAS DE ANALISIS RIESGO

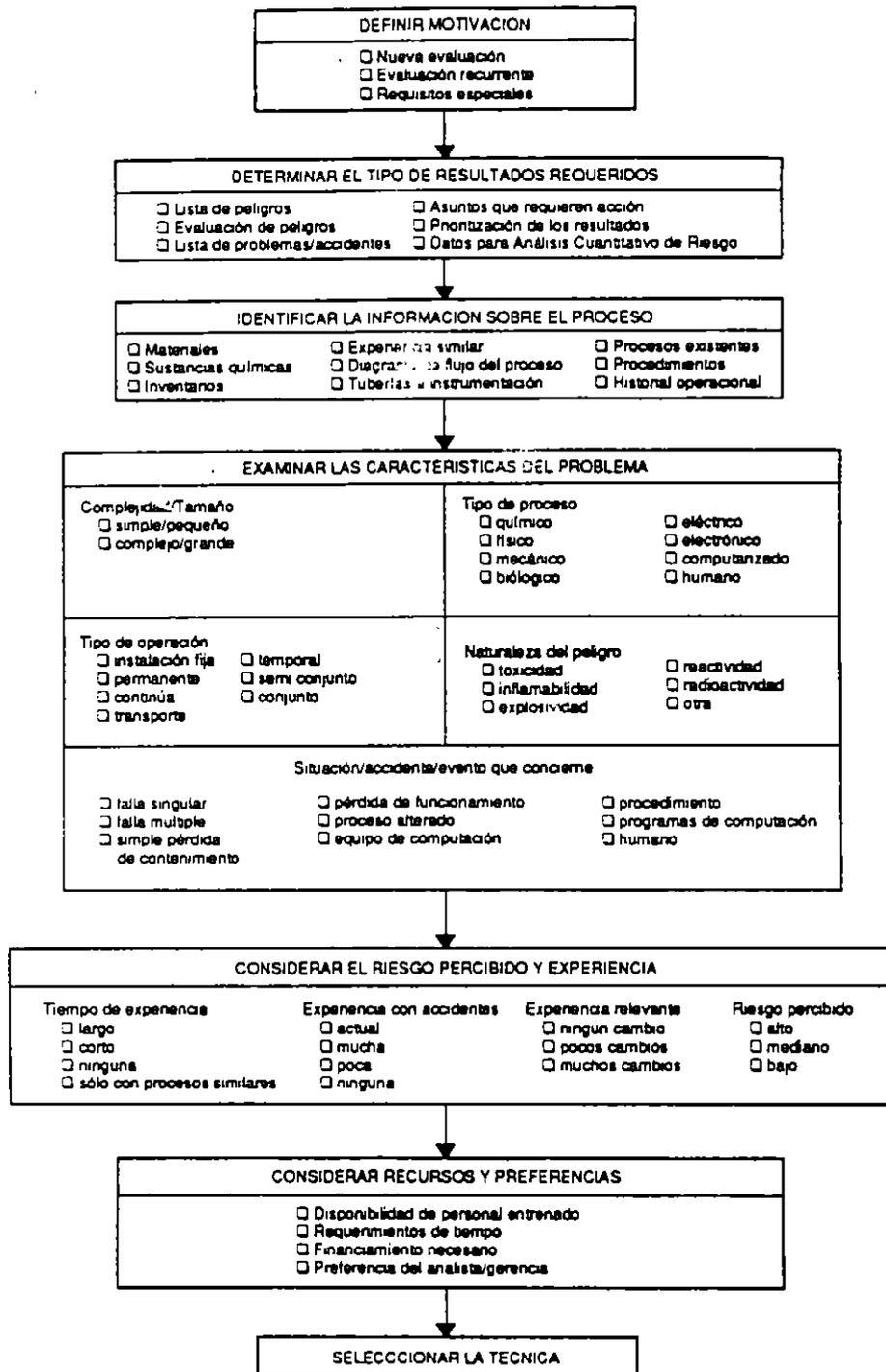
Gráfico 6-1. Implementación Típica de Técnicas de Evaluación de Peligros



CAPACITACION EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

LECCION 6: EVALUACION DE TECNICAS DE ANALISIS RIESGO

Gráfico 6-2. Criterios para la Selección de Técnicas de Evaluación de Peligros



RESUMEN DEL ANÁLISIS POR UNIDAD

A-1. IF&E.....	_____	
A-2. Radio de exposición.....	_____	ft
A-3. Valor del área de exposición.....	_____	\$MM
B. Factor de daño	_____	
C. Daño Base Máximo Probable a la Propiedad (DBMPP) (A-3xB)	_____	\$MM
D. Factor de corrección global	_____	
E. Daño Actualizado Máximo Probable	_____	\$MM
a la Propiedad (DAMPP) (CxD)		
F. Días Máximos Probables	_____	días
Fuera de Operación (DMPFO)		
G. Pérdidas Económicas por Interrupción ..	_____	\$MM

RESUMEN DEL ANÁLISIS POR UNIDAD

ESTADO: _____ MUNICIPIO: _____ FECHA: _____

PLANTA: _____ VALOR DE RECUPERACIÓN: _____ ELABORADO POR: _____

UNIDADES DE LA PLANTA	FM	IF&E	A. EXP.	DBMPP	DAMPP	DMPFO	PEI

FM Factor de Material.

IF&E Índice de Fuego y Explosión.

DBMPP Daño Base Máximo Probable a la Propiedad.

DAMPP Daño Actualizado Máximo Probable a la Propiedad.

DMPFO Días Máximos Probables por Fuera de Operación.

PEI Pérdidas Económicas por Interrupción.

FACTORES POR RIESGO GENERAL DE PROCESO

Los Factores Generales de Proceso son los que juegan un rol primordial en la determinación de la magnitud de un incidente.

Los 6 factores enlistados a continuación deberá ser calificados bajo las condiciones más peligrosas dentro de una operación normal y lo más realísticamente posible.

A. Reacciones químicas exotérmicas.

Como ejemplo hidrogenación, hidrólisis, alquilación, halogenación, nitración, etc., con un valor de 0.30 a 1.25

B. Procesos Endotérmicos.

Cualquier proceso endotérmico 0.20 a 0.40.

C. Manejo y transferencia de materiales.

De acuerdo a la cantidad presente de 0.25 a 0.85.

D. Unidades de proceso cerradas.

Filtros o colectores de 0.30 a 1.50.

E. Acceso con equipo de emergencia al área de proceso.

Si el acceso es inadecuado el factor es de 0.35.

F. Drenaje.

Drenaje para derrames el factor es de 0.25 a 0.50.

FACTORES POR RIESGO ESPECIAL DE PROCESO

Los Factores Especiales de Proceso son los que juegan un rol primordial en la determinación de la probabilidad de un incidente.

A. Temperatura de Proceso.

Si la temperatura de proceso es superior al punto de flama del material se usa un factor de 0.30 o superior al punto de ebullición es de 0.60.

B. Baja presión (sub atmosférica).

Cualquiera aunque sea momentáneamente es de 0.50.

C. Operación en o cerca del rango inflamable.

Con un factor de 0.30 a 0.80.

D. Presión.

Ver factor en la figura 2, si se manejan materiales altamente viscosos se multiplica por 0.70, gases comprimidos por 1.20, gases licuados 1.3.

E. Baja temperatura.

Con un factor de 0.20 a 0.5 dependiendo del material del equipo.

F. Cantidad de material inflamable.

Ver figura 3 y 4.

G. Corrosión y Erosión.

De 0.1 a 1.50 en función de la velocidad de corrosión.

H. Fugas en juntas y empaques.

De 0.1 a 1.50.

I. Equipo calentado con fuego directo.

Ver figura 6.

J. Intercambio de calor con aceite.

De 0.15 a 1.15 en función de la cantidad de aceite.

K. Equipo rotatorio.

Con un factor de 0.50.

INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION

EMPRESA	PLANTA	SECCION DE PROCESO A ANALIZAR	FECHA
	ALQUILACION	CALENTADOR DE TORRE BA-201	SEPTIEMBRE '94

MATERIALES Y PROCESO

MATERIALES EN LA SECCION DE PROCESO: 2,2,4-TEIMETIL PENTANO (ALQUILADO)

OPERACION ANALIZADA:	ARRANQUE	PARO	OPERACION NORMAL
----------------------	----------	------	------------------

MATERIAL BASE PARA SELECCION DEL FACTOR MATERIAL: ALQUILADO

FACTOR MATERIAL (F. M.):	21.00	CORRECCIONES POR CONTROL DE PERDIDAS	
1.- RIESGOS GENERALES DE PROCESO	VALOR	1. CONTROL DE PROCESO C1	VALOR
FACTOR BASE	1.00	A. ENERGIA DE EMERGENCIA(.98)	0.98
A. REACCIONES EXOTERMICAS (3 A 1.25)	0.00	B. ENFRIAMIENTO(.97 A .99)	0.98
B. PROCESO ENDOTERMICO (.2 A .4)	0.40	C. CONTROL DE EXPLOSION(.84 A .98)	0.96
C. MANEJO DE MATERIAL (.25 A 1.05)	0.25	D. PARO DE EMERGENCIA(.96 A .99)	0.98
D. PROCESO BAJO TECHO (.25 A .9)	0.25	E. CONTROL COMPUTARIZADO (.93 A .99)	0.94
E. ACCESO A EQUIPOS (.35)	0.00	F. GAS INERTE (.94 A .96)	1.00
F. CONTROL DE FUGAS Y DRENAJES (.25 A .5)	0.25	G. PROCEDIMIENTOS DE OPERACION (.91 A .99)	0.92
FACTOR POR R. G. P. F1	2.15	H. REVISION DE REACTIVOS(.91 A .98)	1.00
2.- RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO	VALOR	CI TOTAL	0.78
FACTOR BASE	1.00	2. AISLAMIENTO DE MATERIALES C2	VALOR
A. MATERIAL TOXICO (.2 A .8)	0.20	A. VALVULAS DE CONTROL REMOTO (.96 A .98)	0.96
B. PRESION SUBATMOSFERICA (.5)	0.00	B. CARGA Y DESCARGA(.96 A .98)	0.98
C. OPERACION CERCA DEL LIMITE INFLAMABLE		C. DRENAJES (.91 A .97)	1.00
1. TANQUES DE ALMTO. (.5)	0.00	D. INTERLOCKS (.98)	0.98
2. FALLA DE PURGA (.3)	0.30	C2 TOTAL	0.92
3. SIEMPRE EN EL LIMITE (.3)	0.00	3. PROTECCION VS. INCENDIO	VALOR
D. POLVOS EXPLOSIVOS (.25 A 2)	0.00	A. DETECCION DE FUGAS (.94 A .98)	0.98
E. PRESION	0.58	B. ACERO ESTRUCTURAL (.95 A .93)	0.98
F. TEMPERATURA BAJA (.2 A .3)	0.00	C. CISTERNAS (.84 A .91)	0.91
1. CANTIDAD DE MATERIAL		D. SUMINISTRO DE AGUA (.94 A .97)	0.94
1.- MATERIALES-EN-PROCESO	1.50	E. SISTEMAS ESPECIALES (.94 A .97)	0.97
2. LIQUIDOS O GASES EN ALMTO.	0.00	F. ROCIADORES (.74 A .97)	0.95
3. SOLIDOS EN ALMTO. POLVOS EN PROCESO	0.00	G. CORTINAS DE AGUA (.97 A .98)	0.97
H. CORROSION Y EROSION (.1 A .75)	0.20	H. ESPUMA (.92 A .97)	0.95
I FUGAS EN EMPAQUES (.1 A 1.5)	0.10	I. EXTINGUIDORES Y MONITORES (.95 A .98)	0.96
J. EQUIPO A FUEGO DIRECTO	1.00	J. PROTECCION A CABLES (.94 A .98)	1.00
K. CALENTAMIENTO CON ACEITE (.15 A 1.15)	0.00	C3 TOTAL	0.67
L EQUIPO ROTATORIO (.5)	0.00	CORRECCION (C1 * C2 * C3)	0.48
FACTOR POR R. E. P. F2	4.98	TIPO DE RIESGO:	INTERMEDIO
FACTOR DE RIESGO (F1 * F2 = F3)	10.71		
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 * F.M.)	224.85		
INDICE CORREGIDO	108.48		

RESUMEN DEL ANALISIS DE LA SECCION DE PROCESO

A1. FACTOR MATERIAL F. M.	21.00	D. CORRECCION(C1*C2*C3)	0.48
A2. RADIO DE EXPOSICION (R)	189.34	E. VALOR ACTUAL (MMUSD) [C*D]	
A3. VALOR DEL AREA(MMUSD)		F. DIAS FUERA DE OPERACION	
B. FACTOR DE DAÑO	0.85	G. COSTO PRODUCCION(MMUSD)	
C. VALOR BASE(MMUSD) [A3*B]	0.00	H. PERDIDAS POR INTERR.(MMUSD)	

INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION

HOJA 6 DE 10

EMPRESA	PLANTA	SECCION DE PROCESO A ANALIZAR	FECHA
	ALQUILACION	TORRE FRACCIONADORA	SEPTIEMBRE '94

MATERIALES Y PROCESO

MATERIALES EN LA SECCION DE PROCESO: ISOBUTANO

OPERACION ANALIZADA:	ARRANQUE	PARO	OPERACION NORMAL
MATERIAL BASE PARA SELECCION DEL FACTOR MATERIAL:		ISOBUTANO	
FACTOR MATERIAL (F. M.):	21.00	CORRECCIONES POR CONTROL DE PERDIDAS	
1.- RIESGOS GENERALES DE PROCESO		1. CONTROL DE PROCESO C1	VALOR
FACTOR BASE	1.00	A. ENERGIA DE EMERGENCIA(.98)	0.98
A. REACCIONES EXOTERMICAS (3 A 1.25)	0.00	B. ENFRIAMIENTO(.97 A .99)	1.00
B. PROCESO ENDOTERMICO (.2 A .4)	0.00	C. CONTROL DE EXPLOSION(.84 A .98)	0.98
C. MANEJO DE MATERIAL (.25 A 1.05)	0.25	D. PARO DE EMERGENCIA(.96 A .99)	0.98
D. PROCESO BAJO TECHO (.25 A .9)	0.45	E. CONTROL COMPUTARI-	
E. ACCESO A EQUIPOS (.35)	0.00	ZADO (.93 A .99)	0.93
F. CONTROL DE FUGAS Y DRENAJES (.25 A .5)	0.25	F. GAS INERTE (.94 A .96)	0.94
FACTOR POR R. G. P. F1	1.95	G. PROCEDIMIENTOS DE OPERA-	
2.- RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO		CION (.91 A .99)	0.93
FACTOR BASE	1.00	H. REVISION DE REACTIVOS(.91 A .98)	0.98
A. MATERIAL TOXICO (.2 A .8)	0.20	C1 TOTAL	0.75
B. PRESION SUBATMOSFERICA (.5)	0.00	2. AISLAMIENTO DE MATERIALES C2	
C. OPERACION CERCA DEL LIMITE IN-FLAMABLE		A. VALVULAS DE CONTROL	
1. TANQUES DE ALMTO. (.5)	0.00	REMOTO (.96 A .98)	0.98
2. FALLA DE PURGA (.3)	0.30	B. CARGA Y DESCARGA(.96 A .98)	1.00
3. SIEMPRE EN EL LIMITE (.8)	0.00	C. DRENAJES (.91 A .97)	0.97
D. POLVOS EXPLOSIVOS (.25 A 2)	0.00	D. INTERLOCKS (.98)	0.98
E. PRESION	0.70	C2 TOTAL	0.93
F. TEMPERATURA BAJA (.2 A .3)	0.00	3. PROTECCION VS. INCENDIO	
G. CANTIDAD DE MATERIAL		A. DETECCION DE FUGAS (.94 A .98)	0.98
1. MATERIALES EN PROCESO	1.50	B. ACERO ESTRUCTURAL (.95 A .98)	0.96
2. LIQUIDOS O GASES EN ALMTO.	0.00	C. CISTERNAS (.84 A .91)	0.91
3. SOLIDOS EN ALMTO..POLVOS EN PROCESO	0.00	D. SUMINISTRO DE AGUA (.94 A .97)	0.94
H. CORROSION Y EROSION (.1 A .75)	0.10	E. SISTEMAS ESPECIALES (.94 A .97)	0.97
I. FUGAS EN EMPAQUES (.1 A 1.5)	0.20	F. ROCIADORES (.74 A .97)	0.95
J. EQUIPO A FUEGO DIRECTO	0.15	G. CORTINAS DE AGUA (.97 A .98)	0.98
K. CALENTAMIENTO CON ACEITE (15 A 1.15)	0.00	H. ESPUMA (.92 A .97)	0.97
L. EQUIPO ROTATORIO (.5)	0.00	I. EXTINGUIDORES Y MO-	
FACTOR POR R. E. P. F2	4.15	NITORES (.95 A .98)	0.96
FACTOR DE RIESGO (F1 * F2 = F3)	8.09	J. PROTECCION A CABLES (.94 A .98)	0.98
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 * F.M.)	169.94	C3 TOTAL	0.66
INDICE CORREGIDO	78.74	CORRECCION (C1 * C2 * C3)	0.46
		TIPO DE RIESGO:	M O D E R A D O
RESUMEN DEL ANALISIS DE LA SECCION DE PROCESO			
A1. FACTOR MATERIAL F. M.	21.00	D. CORRECCION(C1*C2*C3)	0.46
A2. RADIO DE EXPOSICION (R)	143.11	E. VALOR ACTUAL (MMUSD) [C*D]	
A3. VALOR DEL AREA(MMUSD)		F. DIAS FUERA DE OPERACION	
B. FACTOR DE DAÑO	0.84	G. COSTO PRODUCCION(MMUSD)	
C. VALOR BASE(MMUSD) [A3*B]	0.00	H. PERDIDAS POR INTERR.(MMUSD)	



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

**GUIA PARA LA ELABORACION DE LOS
PROGRAMAS PARA PREVENCION DE ACCIDENTES**

**PALACIO DE MINERIA
1995**

**COMITE DE ANALISIS Y APROBACION
DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION
DE ACCIDENTES (COAAPPA)**

SEDESOL SEMIP SECOFI SSA STPS DDF SEGOB-DGPC SEGOB-CENAPRED

**GUIA PARA LA ELABORACION
DE LOS PROGRAMAS PARA
PREVENCION DE ACCIDENTES**

**DOCUMENTO DE TRABAJO
PARA EL PROPONENTE**

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL
DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL
COMITE DE ANALISIS Y APROBACION DE LOS PROGRAMAS
PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES

G U I A P A R A L A E L A B O R A C I O N
D E L O S P R O G R A M A S P A R A
L A P R E V E N C I O N D E A C C I D E N T E S

D O C U M E N T O D E T R A B A J O
P A R A E L P R O P O N E N T E

R E V I S I O N 0 6

4 D E D I C I E B R E D E 1 9 9 3

INDICE

INTRODUCCION

PRIMERA PARTE

- I. OBJETIVOS
- II. BASES LEGALES
- III. CRITERIOS PARA LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES.
 1. CRITERIOS GENERALES.
 2. ANTECEDENTES DEL PROPONENTE. MARCO REFERENCIAL PARA DESARROLLAR EL PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES (PPA).
 3. EL PROGRAMA DE PREVENCION DE ACCIDENTES DE NIVEL INTERNO.
 4. EL PROGRAMA DE PREVENCION DE ACCIDENTES DE NIVEL EXTERNO.
 5. ORGANIZACION DE LA EMPRESA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES CAUSADOS POR LA REALIZACION DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.
 6. ORGANIZACION INTERSECTORIAL PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES CAUSADOS POR ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.
 7. EL CENTRO DE OPERACIONES DE LA ORGANIZACION PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES DE LA EMPRESA.

5. EQUIPOS Y SERVICIOS DE EMERGENCIA.
6. PROCEDIMIENTOS ESPECIFICOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS.
7. SISTEMA(S) DE COMUNICACION Y ALARMA.
8. PROCEDIMIENTOS PARA EL RETORNO A CONDICIONES NORMALES Y RECUPERACION.
9. PROGRAMA DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO.
10. PROGRAMA DE SIMULACROS.
11. ACTUALIZACION DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES DE NIVEL INTERNO.

III. PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES DE NIVEL EXTERNO

12. ORGANIZACION LOCAL PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES. COMITE LOCAL DE AYUDA MUTUA.
13. EQUIPOS Y SERVICIOS DE EMERGENCIAS.
14. PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS. PLAN DE EMERGENCIAS DEL COMITE LOCAL DE AYUDA MUTUA.
15. SISTEMA(S) DE COMUNICACION Y ALARMA
16. PROCEDIMIENTO PARA EL RETORNO A CONDICIONES NORMALES Y RECUPERACION.
17. PROGRAMA DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO.
18. PROGRAMA DE SIMULACROS.
19. EDUCACION PUBLICA.
20. ACTUALIZACION DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES DE NIVEL EXTERNO

SEGUNDA PARTE

LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES

- I. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROPONENTE
 1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.
 2. DATOS GENERALES DEL SITIO.
 3. EVALUACION DE RIESGO DE LA PLANTA.
- II. PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES DE NIVEL INTERNO
 4. ORGANIZACION PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES DE LA PLANTA/EMPRESA. UNIDAD DE COORDINACION.

ACRONIMOS

GLOSARIO

ANEXOS

1. FORMATO PARA LOS DATOS GENERALES DE LA EMPRESA
2. HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSPENDIDA

La magnitud del daño que pudiera provocar un accidente causado por sustancias peligrosas está en relación directa con la presencia de una serie de factores como son: las características del sitio donde éstas se manejan, las instalaciones y procesos utilizados, las condiciones meteorológicas existentes en el área en el momento del accidente, la cantidad de sustancia liberada al ambiente, de la población potencialmente expuesta y/o afectada, las medidas que se tengan contra la emergencia, etc.

El Gobierno Federal ha establecido disposiciones y emprendido acciones para disminuir los riesgos y enfrentar contingencias derivadas de las Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas, una de las cuales consiste en la elaboración de los Programas para la Prevención de Accidentes por quienes realicen tales actividades, mismos que se someterán a la aprobación de diversas Secretarías.

Para tal fin se instaló en 1989 el Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPPA). Dicho Comité ha elaborado una Guía, con el propósito de proporcionar a quienes realizan actividades altamente riesgosas, las bases para desarrollar un Programa para la Prevención de Accidentes (PPA), para dar respuesta a contingencias causadas por la liberación de sustancias peligrosas.

Una vez que los PPA son analizados autorizados y dictaminados por el Comité, estos se implementarán a nivel local, con la participación de la Unidad de Protección Civil, Autoridades, comunidad y empresas aledañas, y demás instituciones relacionadas con aspectos de seguridad y atención a la población y al ambiente.

Asimismo el seguimiento de los Términos de los dictámenes correspondientes, también es realizado por el Comité.

Aunque algunas empresas pudieran ya contar con planes de respuesta a emergencias, es necesaria su revisión para hacer la actualización y adecuaciones; del mismo modo, las empresas que sean consideradas como Altamente Riesgosas y que no cuenten con un PPA, deberán desarrollarlo.

Los criterios empleados para su elaboración se basan en la posibilidad de que ocurran contingencias provocadas por el manejo de sustancias peligrosas y de la necesidad de contar con un programa adecuado para evitar que éstas puedan tener consecuencias de desastre o calamidad.

La presente versión es la número 06 y presenta modificaciones importantes a la anterior.

1. OBJETIVOS

1. DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.

- Evitar que los accidentes provocados por la realización de Actividades Altamente Riesgosas (AAR), alcancen niveles de desastre o calamidad.
- Propiciar que quienes realicen actividades de alto riesgo, comunidad y empresas aledañas, así como Autoridades Locales, desarrollen una conciencia de alerta continua ante cualquier contingencia ocasionada por la liberación de sustancias peligrosas.
- Propiciar un ambiente de seguridad en la comunidad y empresas aledañas a una actividad de alto riesgo.
- Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar respuesta a cualquier contingencia ocasionada por el manejo de sustancias peligrosas.
- Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar atención a cualquier situación de desastres y calamidades ocasionadas por la liberación de sustancias peligrosas.
- Establecer los mecanismos de comunicación, coordinación y concertación de acciones para implementar adecuadamente el PPA en la localidad.
- Que las Industrias de Alto Riesgo difundan en la localidad, la información relacionada con las actividades que desarrollan y los riesgos que éstas representan para la población, sus bienes y el ambiente, así como los planes, procedimientos y programas con que se cuerran, para disminuir y controlar dichos riesgos y enfrentar cualquier contingencia y atender calamidades y/o desastres provocados por la liberación accidental de sustancias peligrosas.

2. DE LA GUIA PARA LA ELABORACION DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.

- Establecer las bases y lineamientos para que quienes realicen Actividades Altamente riesgosas elaboren y/o revisen su Programa para la Prevención de Accidentes.
- Ser un instrumento que sirva de Enlace Interinstitucional e Intersectorial en la elaboración e instrumentación de los PPA.
- Ser un instrumento de referencia para el análisis de los PPA.
- Ser un instrumento para la revisión y actualización permanente de los planes, procedimientos y programas contenidos en un PPA.

II. BASES LEGALES

En el Capítulo II, Artículo 5o. Fracción X de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se establece que: "... Son asuntos del alcance general en la Nación o de interés de la Federación, la regulación de las actividades que deban considerarse como altamente riesgosas, según ésta y otras leyes y disposiciones reglamentarias, por la magnitud o gravedad de los efectos que puedan generar en el equilibrio ecológico o en el ambiente".

Asimismo en el Capítulo IV, Artículo 147, 2º párrafo de la misma Ley, se establece que "... Quienes realicen actividades altamente riesgosas, elaborarán, actualizarán y, en los términos del Reglamento correspondiente, someterán a la aprobación de la Secretaría y de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, los Programas para la Prevención de Accidentes en la realización de tales actividades que puedan causar graves desequilibrios ecológicos".

" Cuando las actividades consideradas como altamente riesgosas se realicen o vayan a realizarse en el Distrito Federal, el Departamento del Distrito Federal participará en el análisis y en su caso, aprobación de los programas para la prevención correspondientes".

En los listados de Actividades Altamente Riesgosas, expedidos en el Diario Oficial el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente; se establece lo siguiente:

"... Que el criterio adoptado para determinar cuales actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas; en cantidades tales que en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

III. CRITERIOS PARA LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES Y ESTRUCTURA DE LA GUIA.

1. CRITERIOS GENERALES

El Programa para la Prevención de Accidentes debe ser elaborado e implementado para activarse de acuerdo al alcance y características de una emergencia, la cual puede circunscribirse dentro de los límites de la planta sin representar ningún riesgo para el exterior, o bien puede ser de tal magnitud que pudiera rebasarlos, afectando a la población aledaña y ecosistemas de la región.

Sobre esto último es importante considerar la realización de otras actividades riesgosas o altamente riesgosas cercanas a una AAR en particular, que pudieran incrementar el nivel de riesgo de la misma y su efecto en caso de accidente.

Con base en lo anterior se han establecido dos clases o niveles en la elaboración del PPA; el interno y el externo.

Ambos niveles deben ser elaborados y estructurados detalladamente, para activarlos en el momento oportuno y en el lugar preciso, considerando las etapas de prevención (antes de), de atención (durante) y de retorno-recuperación (después de), tomando como criterio de referencia los posibles efectos de un accidente causado por la realización de AAR.

La etapa de Prevención se relaciona con todas las medidas, procedimientos, planes, acciones y recursos necesarios, encaminados a evitar que ocurran accidentes, y en caso de que éstos se produzcan, controlar sus efectos y evitar que adquieran proporciones de un accidente mayor (calamidad o desastre).

La etapa de Atención se relaciona con todas las medidas, procedimientos, planes, acciones y recursos necesarios para el auxilio y rescate de las personas (trabajadores y población aledaña), la conservación de la vida y la salud así como la protección del ambiente, una vez que se ha producido una contingencia.

Esta etapa también incluye todos los aspectos relacionados con el combate y control de la contingencia, así como la mitigación de sus efectos.

La etapa de Retorno - Recuperación se relaciona con todos los aspectos de inspección y vigilancia y difusión que sean necesarios para la reanudación de actividades, bajo condiciones confiables de seguridad tanto para los trabajadores como para la población e industrias aledañas, así como los de reparación de la infraestructura interna y/o externa y de ambiente ambiental.

2. ANTECEDENTES DEL PROPONENTE. MARCO REFERENCIAL PARA DESARROLLAR EL PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES.

Al aplicar el procedimiento de Impacto Ambiental y Riesgo Ambiental, La Secretaría de Desarrollo Social puede requerir a quienes realicen AAR, la presentación de un PPA, dentro de los Términos de los Dictámenes emitidos por dicha Secretaría, después de la revisión y análisis de los estudios de Impacto Ambiental y Riesgo Ambiental, correspondientes.

Los PPA que ingresan a la SEDESOL, son sometidos a la consideración del COAAPP, conformado por las 8 Dependencias siguientes: SEMIP, SECOFI, SSA, STPS, SEGOB-DGPC, SEGOB-CENAPRED, en su caso el DDF y la SEDESOL como La Secretaria Coordinadora de las funciones y actividades del Comité.

Con base en lo anterior la primera parte de la información solicitada a la empresa a la cual se le ha requerido la presentación de un PPA (el proponente), es el marco referencial para la elaboración del Programa en cuestión, y también para el análisis de dicho PPA realizado por el Comité, ya que los estudios de Impacto y Riesgo Ambiental en cualquiera de sus modalidades, no llegan a las citadas Dependencias.

La información mínima que constituye este marco referencial son los Datos Generales de la Empresa, los Datos del Sitio en que se realiza la AAR y el Resumen del Estudio de Riesgo.

3. EL PPA DE NIVEL INTERNO.

Esta parte del PPA se relaciona con la protección y auxilio a los trabajadores y/o personas, así como de las instalaciones e infraestructura de la empresa, ante emergencias y/o contingencias, considerando que su efecto hacia el exterior de las instalaciones es nulo y que la empresa cuenta con la capacidad de respuesta requerida.

4. EL PPA DE NIVEL EXTERNO

En esta parte del PPA, se considera que el evento rebasa los límites de la empresa y es necesario alertar a la población aledaña y que además se requiere la intervención y participación oportuna de las Unidades de Protección Civil, Autoridades Locales, de la población y/o empresas aledañas potencialmente afectables, así como de otras instituciones y organismos de seguridad social, para proteger al ambiente y a la población.

5. ORGANIZACION DE LA EMPRESA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES CAUSADOS POR LA REALIZACION DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

La atención a una emergencia por parte de una empresa que realiza AAP requiere de una organización llamada " Organización para la Prevención de Accidentes ", que administre eficientemente los recursos, aplique los procedimientos establecidos y coordine las acciones emprendidas para este fin y en la cual se establezca la estructura jerárquica y funcional de sus miembros, señalando específicamente los nombres, funciones y responsabilidades de éstos en la planeación, integración, instrumentación, operación, activación y actualización del PPA.

6. ORGANIZACION LOCAL PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES CAUSADOS POR ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS Y SUS NIVELES DE PARTICIPACION. UNA ORGANIZACION INTERSECTORIAL.

Considerando que las consecuencias de un accidente son de un alcance muy variable que dependen de las características y condiciones ya mencionadas, pudieran rebasar los límites de las instalaciones de quienes realicen AAR, se requiere que la Organización para la Prevención de Accidentes de la empresa se enlace y coordine con organismos e instituciones intersectoriales, y en su caso internacionales, tanto a nivel local como municipal, estatal y federal; entre los cuales se citan los siguientes:

- Autoridades Locales (Municipales/Estatales).
- El Sistema Nacional de Protección Civil/ Unidades de Protección Civil, en sus diferentes niveles: interno, municipal, estatal y federal.
- Delegaciones Estatales de la SEDESOL.
- Asociaciones de Empresas agrupadas a nivel local, estatal y/o nacional.
- Brigadas del Ejército Mexicano.

- Instituciones de Salud.

- Policía Federal de Carinos.

- Comités Ciudadanos.

- Departamento de Bomberos.

- Diversas Asociaciones Civiles y Brigadas de carácter altruista, especializadas en labores de rescate y auxilio.

- Medios de Comunicación.

- Instituciones Educativas en General.

- Otras Instituciones y Organismos del sector Público cuyas atribuciones y niveles de participación dependen de las características específicas de una AAR determinada.

En este sentido, las autoridades municipales y estatales, entre las cuales se incluyen las Delegaciones Estatales de la SEDESOL, se encargarán de la coordinación en general del PPA, incluyendo las labores del ejército, policía, asociaciones y brigadas especiales, así como del suministro de los servicios municipales necesarios y/o disponibles; las empresas, de la coordinación de sus brigadas de emergencia además de proporcionar equipos y recursos en general; La Unidad Interna, Municipal(es) y Estatal(es) de Protección Civil junto con la empresa en cuestión y/o asociación empresarial en materia de prevención y atención de accidentes a la que ésta pertenezca, de la instrumentación y operación a nivel local del PPA, incluyendo los aspectos de difusión, información, capacitación, evacuación así como de los ejercicios y simulacros.

Por su parte la población aledaña a una AAR, deberá tener disposición para mantenerse informada, y participar en las actividades implementadas por la Organización para la Prevención de Accidentes de una AAR cercana a su localidad, relacionadas con su propia seguridad y protección; entre los cuales se pueden citar la capacitación y entrenamiento, intervención en simulacros, etc.

Es importante señalar que la participación de la población debe ser preferentemente en forma organizada; al respecto la SEDESOL a través de sus Delegaciones Estatales y de las Autoridades Locales ha instalado los " Comités Ciudadanos de Información y Apoyo para la Prevención y Atención del Riesgo Ambiental ", como parte de las iniciativas tomadas por dicha Secretaría en respuesta a las Instrucciones indicadas por el C. Presidente Carlos Salinas de Gortari, durante la Reunión Sobre Prevención de Accidentes celebrada el 29 de abril de 1992 en Los Pinos.

Asimismo existen agrupaciones conformadas en diferentes niveles de organización intersectorial denominados generalmente " Comités Locales de Ayuda Mutua ", como es el caso del Comité Local de Ayuda Mutua (CLAM) de Coatzacoalcos, Veracruz, así como el Comité al que pertenece la empresa Química Fluór en el Estado de Tamaulipas.

La Organización para la Prevención de Accidentes de la empresa requiere de un lugar determinado para ejecutar todas las actividades necesarias para que opere el PPA, este lugar es el Centro de Operaciones.

Durante el desarrollo de una contingencia y hasta el fin de la misma, este lugar, será el centro de comando, de información al interior y/o al exterior de las instalaciones de la empresa acerca del curso de su evolución, así como el sitio donde se tomen las decisiones.

Es posible que en una situación de emergencia, y en función de su causa y efectos, durante los primeros instantes, ya sean minutos o segundos, la utilidad de dicho Centro pudiera parecer no tener sentido, sin embargo su importancia aumenta en la medida en que la emergencia crece o se controla.

En condiciones de operación normal de la planta, éste será el centro de las reuniones periódicas de dicha organización, en la cual se realicen las actividades de planeación, seguimiento y actualización del PPA, incluyendo las relacionadas con los ejercicios y simulacros.

Es importante mencionar que este Centro de Operaciones puede contar con la participación de la Organización Intersectorial a la que pertenezca la empresa, en casos de un accidente mayor, o bien cuando intervenga en la preparación y realización de los simulacros.

La ubicación del Centro de Operaciones deberá determinarse en función del estudio de riesgo, de las características del sitio y de la infraestructura necesaria para su funcionamiento en la que se considerará su fácil acceso.

LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

I. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROPONENTE

1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

Llenar el formato del anexo No.1, en forma clara y concreta de acuerdo a las preguntas siguientes:

- Nombre o razón social de la empresa.

En este punto se deberá anotar el nombre de acuerdo al Acta Constitutiva de la empresa.

- Rama industrial y giro o actividad de la empresa

En este punto se debe tomar en cuenta el Artículo 123 Constitucional, Apartado A fracc. 31, donde se definen rama y empresas.

- Domicilio para oír y recibir notificaciones, indicando:

La Calle, Número, Colonia, Código Postal, Localidad, Municipio o Delegación en el D.F. y Estado.

- Responsable de la empresa para oír y recibir notificaciones.

Se deberá anotar el nombre y/o razón social, cargo del responsable, domicilio y teléfono, para recibir notificaciones.

Asimismo se deberá anotar el nombre y cargo de un suplente.

- Personal que labora en la empresa.

Indicar el personal total, especificando turnos.

2. DATOS GENERALES DEL SITIO

2.1 Ubicación de la Planta/Instalaciones/Proyecto.

Indicar la ubicación donde se realicen la AAR, considerando lo siguiente:

- Anexar plano de localización, indicando la escala.

- Especificar coordenadas.

- Indicar calle, colonia, municipio o Delegación en el D.F., localid y Estado.

2.2 Superficie.

- Total del predio
Indicar su valor en m².
- Superficie construida
Indicar su valor en m².

2.3 Características Físicas

A. Geológicas

Indicar lo siguiente:

- Actividad erosiva.
- Áreas susceptibles de sismicidad, deslizamientos, flujo de lodos, hundimientos, derrumbes y otros movimientos de tierra o roca.
- Posible actividad volcánica.

B. Climatológicas.

Indicar lo siguiente:

- Tipo de clima.
- Temperaturas
 - promedio: diaria, mensual, anual.
 - extremas: máxima y mínima mensuales.
- Humedad Relativa: media mensual, máxima y mínima.
- Precipitación.
 - frecuencia
 - periodos de sequía.
 - precipitación anual y promedio mensual.
 - lluvias torrenciales.
- Interperismos severos.
- Indicar frecuencia de tormentas eléctricas, nevadas, heladas, mareas de tempestad, granizadas y huracanes
- Datos extremos de radiación solar.
- Velocidad y Dirección del viento
 - rosa de vientos.
 - velocidad media en m/s.
- Nubosidad
- Estabilidad Atmosférica.

C. Hidrológicas.

Describir lo siguiente:

- Avenidas máximas y extraordinarias.
- Ríos superficiales principales.
- Dirección de los ríos subterráneos
- Zonas con riesgo de inundación.
- Localización de los cuerpos de agua.
- Drenaje subterráneo
 - profundidad
 - caudal y dirección

D. Oceanográficas.

Describir lo siguiente:

- Velocidad y Dirección de las corrientes marinas
- Oleaje
- Mareas
- Frecuencia de marejatos. Alturas máximas extraordinarias.

2.4 Características Socio-Económicas.

Indicar la siguiente información para las áreas aledañas a la empresa.

A. Urbanización del área.

Aclarar si el predio y/o instalaciones se sitúan en una zona urbana, suburbana o rural.

B. Actividades en los predios colindantes y áreas circunvecinas.

Indicar las actividades principales de la región.

C. Demográficas.

Indicar los siguientes datos de población de los asentamientos humanos cercanos a la planta, de acuerdo al censo de 1990:

- Población Total.
- Tasa de crecimiento.
- Datos de Población retrospectivos a 5 años

D. Servicios.

- Medios de Comunicación
- Medios de transporte
- Servicios Públicos
- Educación
- Salud
- Vivienda

2.5 Características Biológicas.

- Vegetación Terrestre y Acuática.

Describir el tipo de vegetación en el área circundante a la empresa.

- Fauna

Describir la diversidad de especies.

3. EVALUACION DEL RIESGO DE LA PLANTA

3.1 Resumen ejecutivo de las Actividades de la Planta/Instalaciones/Proyecto.

Mencionar las actividades altamente riesgosas que se realizan en la planta.

3.2 Descripción General de los Procesos.

En este punto será necesario describir todos los procesos que se llevan a cabo sin omitir operaciones.

3.3 Descripción de las Sustancias Peligrosas.

Llenar, el formato que se adjunta en el anexo 2, para cada una de las sustancias peligrosas.

3.4 Ubicación de la Sustancias Peligrosas en la Planta.

- Anexar un plano de Ubicación (Lay-out) en el que se señalen las áreas donde se encuentran presentes las sustancias peligrosas y la cantidad de cada una de ellas.

- Indicar la operación y manejo de que están siendo objeto las sustancias (almacenamiento, transporte, proceso, carga, descarga, etc.). Se podrá usar una simbología para desarrollar este apartado, aclarando su significado.

3.5 Identificación y Jerarquización de los Riesgos en la Planta.

- Identificar los riesgos por fugas o derrames de sustancias y clasificarlos de mayor a menor grado, de acuerdo a la magnitud del daño que provocarían en caso de ocurrencia y a la probabilidad con que se puedan presentar.

- Indicar las Técnicas de Evaluación de Riesgos utilizadas para desarrollar este punto, en el correspondiente Estudio de Riesgo presentado previamente ante SEDESOL, como por ejemplo: Hazop (Estudio de Riesgo y Operatividad) y Check List (Listas de Verificación.).

3.6 Determinación de las Zonas Potencialmente Afectables.

- Presentar los resultados de los modelos matemáticos o índices para determinar las zonas potencialmente afectables, para cada tipo de riesgo, especificando los criterios utilizados.

- Indicar el nombre y características del modelo de simulación utilizado.

- Trazar las distancias obtenidas, de acuerdo a la aplicación de dichos modelos o índices, en un plano cuya escala cubra las zonas potencialmente afectables, pudiendo ser usado el plano solicitado en el apartado 2.

II. PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE NIVEL INTERNO

4. ORGANIZACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE LA PLANTA/EMPRESA. UNIDAD DE COORDINACIÓN.

Se sugiere llamar a dicha organización " Unidad Interna de Coordinación del Programa para la Prevención de Accidentes "; con el fin de que el Comité y el proponente manejen la misma terminología.

Asimismo, una vez que la Organización para la Prevención de Accidentes de la empresa se enlace con la Unidad de Protección Civil de la localidad, podrá denominarse " Unidad Interna de Protección Civil ", para estar acorde con la denominación de dicho Sistema.

Indicar detalladamente la Organización para la Prevención de Accidentes que constituirá la empresa para coordinar todas las actividades relacionadas con el PPA, de acuerdo a los siguientes puntos, destacando en cada uno de ellos la Sección de Atención de Emergencias en la que se incluya a las Brigadas de Emergencia:

4.1 Estructura.

Definir los puestos y los niveles de autoridad, así como su interrelación.

4.2 Organigrama.

Presentar el organigrama de la estructura interna para emergencias, incluyendo las brigadas de emergencia.

4.3 Funciones y Responsabilidades. Reglamento Interno de la Unidad de Coordinación de los Programas para la Prevención de Accidentes.

Indicar los nombres, puestos y describir detalladamente las funciones y responsabilidades de cada uno de los miembros de la organización para emergencias, incluyendo a las brigadas de emergencia.

Este apartado se puede desarrollar presentando un Reglamento Interior de la citada Organización.

4.4 Directorio de Titulares y Suplentes.

Presentar un directorio de todos los miembros de la organización para emergencias en el que se incluyan nombre, puesto en la empresa, puesto en la organización para emergencias, localización y número telefónico/extensión en la planta, dirección y número telefónico particular, tanto de los titulares como de los suplentes.

4.5 Inventario del Personal de la Organización para la Prevención de Accidentes.

Indicar el número total de personas que participan, considerando también a los suplentes.

EQUIPOS Y SERVICIOS DE EMERGENCIA.

5.1 Descripción.

Describir de manera general los siguientes equipos y servicios de emergencia, apegándose al orden aquí establecido:

- Centro de Operaciones
- Dispositivos de medición de velocidad de viento y para determinar su dirección.
- Equipo/Sistema/Red Contra incendios
- Equipo/Instalaciones contra explosiones
- Equipo/Instalaciones contra fugas y derrames y de contención.
- Equipo personal de emergencia
- Equipo de primeros auxilios
- Equipos de Detección Específica de Sustancias
- Equipo pesado
- Sistemas y equipo de comunicación
- Sistemas y Equipo de Alarma
- Unidades de Transporte de Personal
- Equipos Auxiliares y Especiales

5.2 Ubicación.

Presentar el plano de ubicación para los equipos y sistemas anteriores.

(puede incorporarse a cualquiera de los planos anteriormente citados, siempre y cuando se haga la aclaración y se especifique el significado de la simbología utilizada).

5.3 Inventario.

Indicar la cantidad de cada uno de los equipos anteriores. El proponente puede agrupar los apartados 5.3 y 5.1, haciendo la aclaración correspondiente.

6. PROCEDIMIENTOS ESPECIFICOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS. PLAN DE EMERGENCIAS.

Indicar de manera detallada los procedimientos de respuesta a emergencias, incluyendo el equipo utilizado; las acciones de alarma, comunicación, atención, control y retorno - recuperación; así como la sección de la Organización para la Prevención de Accidentes y miembros participantes (nombres y/o puestos), incluyendo las funciones específicas de éstos, para los siguientes casos posibles, de acuerdo a la jerarquización de riesgos señalada en el apartado 3.5 :

6.1 Fugas.

6.2 Derrames.

6.3 Incendios.

6.4 Explosiones.

6.5 Falta de Servicios.

- Energía eléctrica
- Agua
- Combustible(s)

6.6 Unidades Individuales de Proceso.

Indicar los procedimientos de emergencia, en las unidades de proceso localizadas en las zonas y puntos críticos de proceso identificados.

6.7 Eventos Naturales.

6.8 Sabotajes.

6.9 Primeros Auxilios.

Describir las acciones del personal médico, paramédico y enfermería con que cuenta la empresa.

6.10 Evacuación de la Planta.

Indicar si la empresa cuenta con diferentes tipos de evacuación de acuerdo a los procedimientos de emergencia anteriores.

Describir el procedimiento de evacuación considerando lo siguiente:

- Evacuación General de la Planta

Rutas de Evacuación

Presentar el plano de las rutas de evacuación de la planta (puede incorporarse a cualquiera de los planos anteriormente citados, siempre y cuando se haga la aclaración y se especifique el significado de la simbología utilizada).

- Centros de Conteo o Reunión

Incluir la ubicación de los centros de conteo en el mismo plano de las rutas de evacuación.

7. SISTEMA(S) DE COMUNICACION Y ALARMA

Describir de manera independiente al apartado anterior (II-6), el sistema de comunicación y alarma con que cuenta la planta, en el cual se incluyan los correspondientes canales de comunicación, claves, señales y mensajes concretos (Mensajes Estandarizados), considerando los siguientes receptores y emisores:

7.1 En el Interior de la Planta.

- áreas de proceso
- oficinas administrativas
- centro de operaciones de la Unidad de coordinación para la Prevención de Accidentes.
- caseta(s) de vigilancia

7.2 De la Planta al Exterior.

(Para informar o solicitar apoyo, en caso de ser necesario, sin que esto quiera decir que se han rebasado los límites de la empresa)

- Empresas Circunvecinas/ Comité de Ayuda Mutua
- Autoridades Locales
- Instituciones Locales

8. PROCEDIMIENTOS PARA EL RETORNO A CONDICIONES NORMALES Y RECUPERACION

Describir los procedimientos correspondientes, indicando lo siguiente:

- 8.1 Criterios para Declarar el fin de la Emergencia.
- 8.2 Procedimiento para declarar el fin de la emergencia.
- 8.3 Inspección (Monitoreo) del Control de la emergencia.
- 8.4 Revisión Médica del Personal expuesto.
- 8.5 Atención Médica del Personal afectado.
- 8.6 Procedimientos de Descontaminación para:
 - Ropa y Equipo Personal
 - Equipo en General
 - Areas de Trabajo
- 8.7 Evaluación de Daños.
- 8.8 Retorno a Condiciones Normales de Operación.

9. PROGRAMA DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO

Presentar el programa de capacitación y entrenamiento, dirigido al personal de la empresa, considerando lo siguiente:

9.1 Contenidos Mínimos.

Los cursos de capacitación deberán referirse mínimamente a lo siguiente, pudiéndose agrupar bajo previa aclaración del proponente, del mismo modo cualquier omisión deberá fundamentarse en la jerarquización de riesgos de la planta/proyecto/instalaciones:

- Información de las Propiedades y Recomendaciones de manejo de las sustancias peligrosas usadas en la empresa, incluyendo los tipos de riesgo inherentes a éstas.
- Sistemas de alarma
- Ubicación y uso de equipos de control y contención de fugas y derrames, etc.
- Señalamientos
- Ubicación y Uso de equipo contra incendio.
- Uso y mantenimiento de equipo de protección personal
- Uso del equipo de primeros auxilios
- Higiene y Seguridad
- Otros

El proponente puede incorporar otros temas de capacitación y entrenamiento, además de los anteriormente listados.

9.2 Programa Anual Calendarizado.

Indicar lo siguiente

- Nombres de los cursos
- Objetivos específicos
- Lugar (en el caso que sea fuera de la empresa)
- Duración de cada curso
 - total
 - horas/sesión
- Frecuencia de aplicación de cada curso
- Indicar los nombres de los instructores y los años de experiencia en el área/tema/puesto/empresa.
- Personal a quien está dirigido:
 - personal en general de la empresa.
 - personal operativo
 - personal administrativo
 - Unidad de Coordinación del PPA
 - Brigadas de Emergencia

9.3 Procedimiento de Evaluación de Resultados.

10. PROGRAMA DE SIMULACROS

Presentar el programa de simulacros en el que participe exclusivamente el personal de la empresa, considerando lo siguiente:

10.1 Tipos.

Indicar los tipos de simulacros que se tengan programados de acuerdo a la información señalada en el apartado I - 3.5, para los casos siguientes, pudiéndose agrupar bajo previa aclaración del proponente:

- Evacuación general de la planta
- Fugas
- Derrames
- Incendio
- Explosión
- Otros

El proponente puede incorporar algún otro tipo de simulacro, además de los anteriormente listados.

10.2 Programa Anual Calendarizado.

Indicar lo siguiente

- Nombres de los simulacros
- Objetivos específicos
- Lugar de aplicación o realización.

- Frecuencia de realización
- Indicar los nombres de los coordinadores directos de cada simulacro, así como la sección de la Organización para la Prevención de Accidentes de la empresa y/o brigadas participantes.
- Personal a quien está dirigido:
 - personal en general de la empresa
 - personal operativo
 - personal administrativo
 - brigadas de emergencia

10.3 Procedimiento de Evaluación.

11. ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE NIVEL INTERNO

Indicar lo siguiente:

11.1 Nombre del responsable de la actualización.

11.2 Grupo/Sección/Área de la Empresa.

Indicar los nombres de los participantes en la revisión y actualización.

11.3 Método.

Describir el método para actualizar el PPA de Nivel Interno, considerando lo siguiente:

- Revisión de la Organización para la Prevención de Accidentes de la empresa
- Los Inventarios y Mantenimiento de los Equipos y Servicios de Emergencia
- La Revisión del Plan de Emergencias
- La Revisión y Pruebas aplicadas a los Sistemas de Comunicación y Alarma
- La Revisión de los Procedimientos para el Retorno a Condiciones Normales de Operación y Recuperación
- La Evaluación de la Capacitación y Entrenamiento
- La Evaluación de los Simulacros

11.4 Programa Calendarizado de Implementación del PPA.

Con base en los resultados y revisiones referidas en el apartado anterior (11.3), indicar lo siguiente:

- Las acciones específicas planeadas
- Avances

111. PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE NIVEL EXTERNO

12. ORGANIZACIÓN LOCAL PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES. COMITÉ LOCAL DE AYUDA MUTUA

Indicar detalladamente la Organización Local para la Prevención de Accidentes en la que participará la empresa para coordinar todas las actividades relacionadas con el Nivel Externo del PPA, de acuerdo a los siguientes puntos, destacando en cada uno de ellos la parte que le corresponde al proponente.

Al respecto se sugiere llamar a dicha organización " Comité Local de Ayuda Mutua "; esto es con el propósito de que el Comité, el proponente y demás organismos y grupos involucrados, manejen la misma terminología.

En el curso de los siguientes lineamientos ambas denominaciones (Comité Local de Ayuda Mutua/ Organización Local para la Prevención de Accidentes) se usan indistintamente.

12.1 Partes Involucradas.

Indicar los nombres de las partes involucradas de acuerdo a la información desarrollada en el apartado I (Antecedentes Generales del Proponente) y de los criterios señalados en la Segunda Parte de esta Guía, considerando lo siguiente:

- Autoridades Federales en la Entidad
 - Delegación Estatal de SEDESOL
 - Coordinación Estatal de Protección Civil
- Autoridades Municipales y Estatales
- Empresas Aledañas/Asociación(es) Locales de Empresas
- Población Aledaña
- Organismos e Instituciones del Sector Público y Privado Específicos

12.2 Convenios.

Indicar de manera ordenada los organismos e instituciones y representantes de la comunidad involucrados, que aceptaron participar en la Organización Local del Programa para la Prevención de Accidentes de Nivel Externo, señalando lo siguiente:

- Nombre o razón social de la institución
- Nombre y firma del representante que participó en el Convenio, así como su puesto o nombramiento dentro de su institución u organismo.
- Firmas de los Representantes
- Fecha de cada uno de los Convenios

El proponente puede presentar en lugar de la información señalada en este apartado, las fotocopias de las actas constitutivas y/o de los convenios establecidos.

En su caso el proponente podrá presentar comprobantes de todas las iniciativas por él emprendidas, para construir la Organización aquí solicitada, en el supuesto de no haber recibido respuesta o apoyo.

12.3 Estructura.

Definir los puestos y los niveles de autoridad e interrelación de los participantes en el Comité Local de Ayuda Mutua.

12.4 Organigrama.

Presentar el organigrama de la estructura del Comité Local de Ayuda Mutua correspondiente.

12.5 Funciones y responsabilidades y Niveles de Participación. Reglamento del Comité Local de Ayuda Mutua, en donde se destaque los responsables de activar el PPA en caso de una emergencia.

Indicar los nombres, puestos, así como la descripción detallada de las funciones, responsabilidades y niveles de participación de los mandos altos y medios del Comité Local de Ayuda Mutua correspondiente.

Este apartado se puede cubrir, con la presentación de un Reglamento del Comité Local de Ayuda Mutua, siempre y cuando se destaque de manera clara y explícita lo que corresponde al proponente.

12.6 Directorio de Titulares y Suplentes.

Presentar un directorio sistematizado de los mandos altos y medios del Comité Local de Ayuda Mutua así como de todas sus Brigadas de Emergencias, en el que se incluyan nombre, puesto en la empresa, puesto en el Comité, localización y número telefónico/ extensión en su centro de trabajo, dirección y número telefónico particular, tanto de los titulares como de los suplentes o representantes.

12.7 Inventario de todo el personal del Comité Local de Ayuda Mutua correspondiente.

Indicar el número total de personas que participan, considerando también a los suplentes.

13. EQUIPOS Y SERVICIOS DE EMERGENCIA.

13.1 DE LA EMPRESA PARA EL EXTERIOR.

Describir de manera general el alcance y uso de los Equipos y Servicios propios de la empresa mencionados en el apartado 11-5 de esta guía, para su posible aplicación en el exterior de la planta, apeándose al orden establecido.

13.2 DE LAS EMPRESAS CIRCUNVECINAS Y DEL COMITÉ LOCAL DE AYUDA MUTUA O ASOCIACION LOCAL AL QUE PERTENECE EL PROPONENTE.

A. Inventario.

Presentar el inventario de las empresas aledañas a la empresa proponente y/o pertenecientes al Comité Local de Ayuda Mutua o Asociación Local a la que pertenece el proponente o en su caso de aquellas

que estén involucradas directamente con la actividad de éste, de los Equipos y Servicios de Emergencia con que cuenten, para su posible uso en el exterior; apeándose al siguiente orden:

- Dispositivos de medición de velocidad de viento y para determinar su dirección.
- Equipo/Sistema Contra incendio
- Equipo contra explosiones
- Equipo contra fugas y derrames y de contención.
- Equipo personal de emergencia
- Equipo de primeros auxilios
- Equipos de Detección Específica de Sustancias (en el caso de que exista compatibilidad).
- Equipo pesado
- Sistemas y equipo de comunicación.
- Sistemas y Equipo de Alarma
- Unidades de Transporte de Personal
- Equipos Auxiliares y Especiales

B. Ubicación.

Indicar los nombres de las empresas antes referidas.

El proponente podrá agrupar los incisos A y B de este apartado.

13.3 Directorio de Servicios de Emergencia de la Localidad.

Presentar el directorio de los Servicios de Emergencia de la localidad y próximos a la empresa, que se enlistan a continuación, omitiendo aquellos que pertenezcan al Comité Local de Ayuda Mutua al que esté incorporado el proponente:

- Instituciones Públicas y Privadas de Salud.
- Departamento de Bomberos.
- Brigada del Ejército Nacional
- Policía Federal de Caminos

14. PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS. PLAN DE EMERGENCIAS DEL COMITÉ LOCAL DE AYUDA MUTUA.

Indicar de manera detallada los procedimientos de respuesta a emergencias, incluyendo el equipo utilizado; las acciones de alarma, comunicación, atención y control y retorno - recuperación; así como la participación de las secciones o brigadas de emergencia y responsables directos del Comité Local de Ayuda al que pertenezca el proponente, indicando la empresa, organización o institución de adscripción, para los siguientes casos posibles, de acuerdo a la jerarquización de riesgos del proponente, señalada en el apartado 1-3.5, destacando la participación de éste.

En el caso de que el Comité Local de Ayuda Mutua ya se encuentre integrado o bien el proponente tenga antecedentes de pertenecer a él, serán válidos los procedimientos generales planeados por dicha organización; en caso contrario se deberán presentar las adecuaciones implementadas por el Comité Local, de acuerdo a las características del proponente en cuestión:

- 14.1 Fugas.
- 14.2 Derrames.
- 14.3 Incendios.
- 14.4 Explosiones.
- 14.5 Falla de Servicios.
 - Energía eléctrica
 - Agua
 - Combustible(s)

- 14.6 Eventos Naturales.
- 14.7 Sabotajes.
- 14.8 Primeros Auxilios.

Describir las acciones del personal médico, paramédico y enfermería con que cuente el Comité de Ayuda Mutua al que pertenece el proponente, para la atención del personal y de la población aledaña.

- 14.9 Evacuación del Sitio.

Indicar si el Comité Local de Ayuda Mutua al que pertenece el proponente, ha diseñado diferentes tipos de evacuación de acuerdo a los procedimientos de emergencia anteriores.

Describir el procedimiento de evacuación considerando lo siguiente:

- Grupos o Secciones autorizados, del Comité Local de Ayuda Mutua al que pertenece el proponente, para coordinar la evacuación.
- Evacuación Total de la Zona de Riesgo

Indicar lo siguiente:

- notificación al personal y a la población
- transporte
- control de tráfico
- control de acceso
- verificación de la evacuación
- adecuaciones para instalaciones especiales de la localidad, tales como escuelas, hospitales, guarderías, centros de rehabilitación, en su caso.

-Rutas(s) de Evacuación

Presentar el plano de las rutas de evacuación de la zona.

(puede incorporarse a cualquiera de los planos anteriormente citados, siempre y cuando se haga la aclaración y se especifique el significado de la simbología utilizada).

- Centros de Conteo o Reunión y refugio.

Incluir la ubicación de los centros de conteo en el mismo plano de las rutas de evacuación.

15. SISTEMA(S) DE COMUNICACION Y ALARMA

Describir de manera independiente al apartado anterior (III-14), el sistema de comunicación y alarma en situaciones de emergencia, con que cuenta el proponente y el Comité Local de Ayuda Mutua, en el cual se incluyan los correspondientes canales de comunicación, claves, señales y mensajes concretos (Mensajes Estandarizados), considerando los siguientes receptores y emisores:

- 15.1 Para el Todo el Personal del Interior de la Planta.
- 15.2 De la Planta al Exterior.

(Para informar o solicitar apoyo en caso de ser necesario, considerando que se han rebasado o se pueden rebasar los límites de la empresa) dirigidos a:

- Empresas Circunvecinas/ Comité de Ayuda Mutua
- Autoridades Locales
- Instituciones, Organismos y Centros Locales

- 15.3 Del Comité Local de Ayuda Mutua a la Localidad.

- Población Civil
- Prensa y Medios de Difusión
- Autoridades Locales

En el caso que no pertenezcan al Comité.

- 15.4 Vocero(s).

Indicar el nombre del vocero del Comité Local para comunicarse con el Público y la Prensa, en situaciones de emergencia.

16. PROCEDIMIENTOS PARA EL RETORNO A CONDICIONES NORMALES Y RECUPERACION

Describir los procedimientos correspondientes, indicando lo siguiente:

- 16.1 Criterios para Declarar el Fin de la Emergencia.
- 16.2 Procedimiento para declarar el fin de la emergencia.
- 16.3 Responsables.

Indicar los nombres de los miembros de la Organización Local para la Prevención de Accidentes, autorizados para declarar el fin de la emergencia.

- 16.4 Inspección (Monitoreo) del Control de la Emergencia.
- 16.5 Revisión Médica del Personal y Población afectada.
- 16.6 Atención Médica del Personal y Población afectada.

16.7 Procedimientos de Descontaminación y Saneamiento.

De las Empresas Aledañas

- ropa y equipo personal
- equipo en general
- áreas de trabajo

- Del Sitio

16.8 Evaluación de Daños.

16.9 Retorno a Condiciones Normales de Operación.

17. PROGRAMA DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO

Presentar el programa de capacitación y entrenamiento específico para las actividades altamente riesgosas del proponente, dirigido a los integrantes de la Organización Local para la Prevención de Accidentes (Comité Local de Ayuda Mutua), organismos, instituciones y población local, considerando lo siguiente:

17.1 Contenidos Mínimos.

Los cursos de capacitación deberán referirse mínimamente a lo siguiente:

- Información de las Propiedades y Recomendaciones de manejo de las sustancias peligrosas usadas en la empresa, incluyendo los tipos de riesgo inherentes a éstas.
- Sistemas de alarma
- Ubicación y uso de equipos de control y contención de fugas y derrames, etc.
- Señalamientos Internos y Externos
- Ubicación y Uso de equipo contra incendio
- Uso y mantenimiento de equipo de protección personal
- Uso del equipo de primeros auxilios
- Otros

El proponente puede incorporar otros temas de capacitación y entrenamiento, además de los anteriormente listados.

Estos contenidos pueden agruparse, previa aclaración del proponente.

17.2 Programa Anual Calendarizado.

Indicar lo siguiente:

- Nombres de los cursos
- Objetivos específicos
- Lugar (en el caso que sea fuera de la empresa)
- Duración de cada curso

total
horas/sesión

- Frecuencia de aplicación de cada curso

- Indicar los nombres de los instructores y los años de experiencia en el área, tema, puesto, empresa.

- Personal a quien está dirigido:

- Brigadas de emergencia de la Organización Local para la Prevención de Accidentes

- Integrantes de la Organización Local para la Prevención de Accidentes

- Otros Organismos, Instituciones o Centros de la Localidad

Destacar lo relacionado con el personal médico de las Instituciones de Salud de la localidad

- Comités Ciudadanos

- Personal en general de las empresas del Comité Local

- Personal operativo de las empresas del Comité Local

17.3 Procedimiento de Evaluación de Resultados.

18. PROGRAMA DE SIMULACROS

Presentar el programa de simulacros relacionados con las AAR del proponente, en el que participen el Comité Local de Ayuda Mutua, Autoridades, Organismos e Instituciones y Población locales, destacando las actividades del proponente, considerando lo siguiente:

18.1 Tipos.

Indicar los tipos de simulacros que se tengan programados de acuerdo al apartado 1-3.5, para los casos siguientes, pudiéndose agrupar, bajo previa aclaración del proponente.

- Evacuación general de la planta
- Fugas
- Derrames
- Incendio
- Explosión
- Otros

El proponente puede incorporar algún otro tipo de simulacro, además de los anteriormente listados.

18.2 Programa Anual Calendarizado.

Indicar lo siguiente:

- Nombres de los simulacros
- Objetivos específicos

- Lugar de aplicación
- Frecuencia de realización
- Indicar los nombres de los coordinadores directos de cada simulacro, así como la sección de la Organización Local para la Prevención de Accidentes y/o brigadas participantes.
- Personal a quien está dirigido y participantes:
 - Población Local
 - Brigadas de Emergencia de la Organización Local para la Prevención de Accidentes
 - Integrantes de la Organización Local para la Prevención de Accidentes
 - Otros Organismos, Instituciones o Centros de la Localidad
 - Comités Ciudadanos
 - Personal en general de las empresas del Comité Local
 - Personal operativo de las empresas del Comité Local

- La Revisión del Plan de Emergencias
- La Revisión y Pruebas aplicadas a los Sistemas de Comunicación y Alarma
- La Revisión de los Procedimientos para el Retorno a Condiciones Normales de Operación y Recuperación.
- La Evaluación de la Capacitación y Entrenamiento
- La Evaluación de los Simulacros
- Los Resultados del Programa de Educación Pública

20.3 Programa Calendarizado de Implementación del PPA.

Con base en los resultados y revisiones referidas en el apartado anterior, indicar lo siguiente:

- Las acciones específicas planeadas
- Avances

18.3 Procedimiento de Evaluación.

19. EDUCACION PUBLICA

Describir el programa de Educación, Difusión y Concientización dirigido a la Comunidad Local, indicando lo siguiente:

- Información de las Propiedades y Recomendaciones Básicas relacionadas con las sustancias peligrosas usadas en la empresa.
- Periodicidad
- Método de Divulgación

20. ACTUALIZACION DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES DE NIVEL EXTERNO

Describir el procedimiento de actualización considerando lo siguiente:

20.1 Responsables y Participantes de la Actualización.

Indicar lo siguiente

- Nombre
- Empresa/Institución/Organismo
- Cargo dentro del Comité Local de Ayuda Mutua

20.2 Método.

Describir el método para actualizar el PPA de Nivel Externo, con base a la siguiente información:

- Revisión de la Organización Local para la Prevención de Accidentes/Comite de Ayuda Mutua
- Los Inventarios y Mantenimiento de los Equipos y Servicios de Emergencia

V. ACRONIMOS

- R.-** Actividad(es) Altamente Riesgosas(as).
- C.-** Ceiling.
- CAS.-** Chemical Abstracts Service.
- CENAPRED.-** Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CGT.-** Concentración para Corto Tiempo. Castellanización de STEL.
- COMAPPA.-** Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes.
- CPT.-** Concentración Promedio Ponderada. Castellanización de TWA.
- DDF.-** Departamento del Distrito Federal.
- DGPC.-** Dirección General de Protección Civil.
- IAR.-** Industrias de Alto Riesgo.
- IDLH.-** Immediate Dangerous to Life or Health.
- LGEEPA.-** Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- P.-** Concentración Pico. Castellanización del límite permisible " Ceiling " (C).
- Pa.-** Pascal, unidad de presión en el Sistema Internacional de Unidades.
- S.-** Peligro Inmediato a la Vida o a la Salud. Castellanización de IDLH.
- PPA.-** Programa para la Prevención de Accidentes.
- PSI.-** Pound Square Inch. lb/plg^2 ; unidad de Presión en el Sistema Americano de Ingeniería.
- SECOFI.-** Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- SEDESOL.-** Secretaría de Desarrollo Social.
- SEGOB.-** Secretaría de Gobernación.
- SEGOB-CENAPRED.-** Secretaría de Gobernación a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- SEGOB-DGPC.-** Secretaría de Gobernación a través de la Dirección General de Protección Civil.
- SEMIP.-** Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal.
- SINAPROC.-** Sistema Nacional de Protección Civil.
- SSA.-** Secretaría de Salud.
- STEL.-** Short-Term Exposure Limit
- STPS.-** Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- TLV(s).-** Threshold Limit Value(s).
- TLV 8.-** Nombre usual del TWA.
- TLV 15.-** Nombre Usual del STEL.
- TWA.-** Time Weighted Average.
- ZIS.-** Zona Intermedia de Salvaguardia.

ACCIDENTE.- Evento no premeditado, aunque muchas veces previsible, que se presenta en forma súbita, altera el curso regular de los acontecimientos, lesiona o causa la muerte a las personas y ocasiona daños en sus bienes y en su entorno.

ACCIDENTES MAYORES.- Son aquellos cuyos efectos, por su alcance, rebasan los límites de la instalación industrial o comercial en que se encuentran una o más sustancias peligrosas; dañando a la flora, fauna, seres humanos o bienes materiales; alterando las características del medio ambiente o ecosistemas.

ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.- Son aquellas acciones, serie de pasos u operaciones comerciales y/o de fabricación industrial, distribución y ventas, en que se encuentren presentes una o más sustancias peligrosas, en cantidades iguales o mayores a su Cantidad de Reporte, que al ser liberadas por condiciones anormales de operación o externas, provocarían accidentes.

ALARMA.- Es el último de los tres estados de mando que se producen en la fase de emergencia durante las actividades de auxilio (prealerta, alerta y alarma). Se establece cuando se han producido daños en la población, sus bienes y su entorno, lo cual implica la necesaria ejecución de dichas actividades. Comúnmente se dice " dar la alarma ", en el sentido de emitir un aviso o señal para establecer el estado de alarma en el sitio correspondiente.

ALERTA (Estado de).- Es el segundo de los tres posibles estados de mando que se producen en la fase de emergencia (prealerta, alerta y alarma). Se establece al recibir información sobre la inminente ocurrencia de un desastre debido a la forma en que se ha extendido el peligro, o en virtud de la evolución que se presenta, de tal manera que es muy posible su aplicación durante las actividades de auxilio.

AUXILIO.- Se refiere al conjunto de actividades destinadas principalmente a rescatar y salvaguardar a la población que se encuentre en peligro y a mantener en funcionamiento los servicios y equipamiento estratégicos, la seguridad de los bienes y el equilibrio de la naturaleza. Su instrumento operativo es el plan de emergencia que funcionará como respuesta ante el embate de una calamidad.

AYUDA.- Cooperación que se presta a una persona o entidades, según sus necesidades, por un período determinado o durante una emergencia.

BRIGADA DE EMERGENCIA (o de Auxilio).- Grupo organizado y capacitado en una o más áreas de operaciones de emergencia.

CEILING.- Es la concentración que no debe ser excedida ni aún instantáneamente. Ver " P " (Pico).

CALAMIDAD.- Acontecimiento que puede impactar a un sistema afectable (población y entorno) y transformar su estado normal, en un estado de daños que puede llegar al grado de desastre. También se le puede llamar agente perturbador, fenómeno destructivo, agente destructivo, sistema perturbador o evento perturbador.

CANTIDAD DE REPORTE.- Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte

dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

COMITE.- El Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes; conjunto de dependencias integrado por SEMIP, SECOFI, SSA, STPS, SEGOB-CENAPRED, SEGOB-DCPC, DDF y SEDESOL, que trabajan en forma coordinada en el Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes, así como en el seguimiento de los términos contenidos en los Dictámenes emitidos por éste.

CONTAMINANTE.- Toda materia o sustancia, o sus combinaciones, compuestos o derivados, químicos y biológicos (humos, gases, polvos, cenizas, bacterias, residuos, desperdicios y cualquier otro elemento), así como toda forma de energía (calor, radioactividad, ruido), que al entrar en contacto con el aire, el agua, el suelo o los alimentos, altera o modifica su composición y condiciona el equilibrio de su estado normal.

CONTINGENCIA.- Posibilidad de ocurrencia de una calamidad que permite preverla y estimar la evolución y la probable intensidad de sus efectos, si las condiciones se mantienen.

CONTROL.- Proceso cuyo objetivo es la detección de logros y desviaciones para evaluar la ejecución de programas y acciones y aplicar las medidas correctivas necesarias. La acción de control puede llevarse a cabo permanente, periódica o eventualmente durante un proceso determinado o parte de éste, a través de la medición de resultados.

DAÑO.- Menoscabo o deterioro inferido a elementos físicos de la persona o del medio ambiente, como consecuencia del impacto de una calamidad sobre la población y entorno.

DESASTRE.- Evento concentrado en tiempo y espacio, en el cual la sociedad o una parte de ella sufre un severo daño e incurre en pérdidas para sus miembros, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento vital de la misma.

ECOSISTEMA.- Grupo de plantas y animales que conviven en la parte del ambiente físico en el cual interactúan. Es una entidad casi autónoma para su subsistencia, ya que la materia que fluye dentro y fuera del mismo, es pequeña en comparación con las cantidades que se reciclan dentro, en un intercambio continuo de las sustancias esenciales para la vida.

EJERCICIO.- Es parte de un plan de emergencia; prueba de un procedimiento de actuación, establecido dentro de un plan de emergencia y realizado con fines de capacitación.

EMERGENCIA.- Situación o condición anormal que puede causar un daño a la propiedad y propicia un riesgo excesivo para la salud y la seguridad pública. Conlleva la aplicación de medidas de prevención, protección y control sobre los efectos de una calamidad.

EVACUACION.- Medida de seguridad por alejamiento de la zona de peligro, que consiste en la movilización y desalojo de personas que se encuentran dentro de un perímetro que no ofrece márgenes adecuados de seguridad, ante la presencia inminente de un agente destructivo.

EXPLOSION.- Fenómeno originado por la expansión violenta de gases, se produce a partir de una reacción química, o por ignición o calentamiento de algunos materiales, se manifiesta en forma de una liberación de energía y da lugar a la aparición de efectos acústicos, térmicos y mecánicos.

FUEGO.- Es una reacción química que consiste en la oxidación violenta de la materia combustible; se manifiesta con desprendimiento de luz, calor, humos y gases en grandes cantidades.

IDLH.- Es el valor máximo en ppm o mg/m³ de concentración de una sustancia tóxica a la que una persona puede escapar sin daños reversibles a su salud, en un período hasta de 30 minutos de exposición. Ver PIVS.

INCENDIO.- Fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma súbita, gradual o instantánea, al que le siguen daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, lesiones o pérdida de vidas humanas y deterioro ambiental. En la mayoría de los casos el factor humano participa como elemento causal de los incendios.

MANEJO.- Alguna o el conjunto de las actividades siguientes: producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

MITIGAR.- Acción y efecto de suavizar, calmar o reducir el alcance de un desastre o de disminuir los efectos que produce el impacto de una calamidad en la población y en el medio ambiente.

PLAN DE EMERGENCIA.- Parte de las acciones de auxilio e instrumento principal de que deben disponer los diferentes sectores, para dar una respuesta oportuna, adecuada y coordinada a una situación de emergencia. Consiste en la organización de los procedimientos, acciones, personas, servicios y recursos disponibles para la atención del desastre.

PREVENCIÓN.- Es uno de los objetivos básicos del PPA y de la Protección Civil, se traduce en un conjunto de disposiciones y medidas anticipadas cuya finalidad estriba en impedir o disminuir los efectos que se producen con motivo de ocurrencia de calamidades. Esto se realiza a través de las acciones de inspección y vigilancia de calamidades y de la identificación de las zonas vulnerables del sistema afectable, con la idea de prever los posibles riesgos o consecuencias para establecer mecanismos y realizar acciones que permitan evitar o mitigar los efectos destructivos.

PROGRAMA.- Unidad en la que se agrupan diversas actividades, a la cual se le asignan recursos para alcanzar objetivos predeterminados. El programa es un instrumento de la planeación.

PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.- Un PPA es el programa formado por los planes, procedimientos, organización, recursos, y acciones, para proteger a la población y sus bienes, así como al ambiente y sus ecosistemas, de los accidentes que pudieran ser ocasionados en la realización de las actividades altamente riesgosas, dispuesto en el Capítulo IV, Artículo 147, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

PROPONENTE.- Empresa que realiza Actividades Altamente Riesgosas y que presenta el Programa para la Prevención de Accidentes requerido por la SEDESOL, como resultado del dictamen correspondiente a un Estudio de Riesgo.

PROTECCIÓN.- Es el objetivo básico del PPA y que se realiza en beneficio de la población, sus bienes y ambiente, en forma de prevención de calamidades, de mitigación de sus impactos, de auxilio durante el desastre y de recuperación inicial, una vez superada la emergencia generada por el fenómeno destructivo.

RESCATE.- Operativo de emergencia en la zona afectada por un desastre, que consiste en el retiro y traslado de víctimas, bajo soporte vital básico, desde el foco de peligro hasta la unidad asistencial capaz de ofrecer atenciones y cuidados de mayor alcance.

RIESGO.- La UNESCO lo define como la posibilidad de pérdida tanto de vidas humanas como en sus bienes o en capacidad de producción.

SEGURIDAD.- Función de las acciones de auxilio que consiste en la protección de la población y al ambiente, contra los riesgos de todo tipo.

SIMULACRO.- Representación de las acciones previamente planeadas para enfrentar los efectos de una calamidad, mediante su simulación. Implica el montaje de un escenario en terreno específico, diseñado a partir del procesamiento y estudios de datos confiables y de probabilidades con respecto al riesgo, y a la vulnerabilidad de los sistemas afectables.

SITIO.- Área propiedad de la industria, empresa o asociación dentro de la cual está ubicada la planta.

STEL.- Es la máxima concentración en aire al que las personas pueden ser expuestas, por un período de 15 minutos de manera continua, sin sufrir irritación, cambios crónicos o irreversibles en la piel, o bien sin sufrir un nivel de narcosis que pudiera aumentar la probabilidad de accidente o la imposibilidad de salvarse por sí mismo o reducir la eficiencia en el trabajo. Ver CCT.

SUSTANCIAS CORROSIVAS.- Son las que a presión y temperatura normales pueden causar por contacto, destrucción de los metales y otros materiales.

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.- Son las que en forma espontánea o por acción de alguna fuente de ignición (chispa, flama, superficie caliente, etc.) generan una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea, capaz de dañar seriamente las estructuras, por el paso de los gases que se expanden rápidamente.

SUSTANCIAS INFLAMABLES.- Son aquellas que en presencia de una fuente de ignición y de oxígeno, entran en combustión a una velocidad relativamente alta.

SUSTANCIA PELIGROSA.- Aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una acción significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

SUSTANCIAS RADIATIVAS.- Son aquellas que en forma espontánea se desintegran generando emisión de energía electromagnética o partículas subatómicas.

SUSTANCIAS REACTIVAS.- Son aquellas que entran en descomposición en forma espontánea, a presión y temperatura normal, que reacciona con el agua o que actúa como un energético oxidante.

SUSTANCIAS TOXICAS.- Son aquellas que pueden producir en organismos vivos lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

TLV (S).- Su traducción literal y usual es "Valor(es) Límite(s) Umbral(es)". Son Límites Permisibles de Concentración establecidos por el American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), cuyo criterio general asume que una exposición a una sustancia tóxica que no exceda el TLV, se producirá un daño pequeño para la mayoría de los individuos. Existen 3 categorías de TLV; el TWA, el STEL y el C.

TWA .- Es la Concentración Promedio de Tiempo Ponderado, para una jornada de trabajo normal de 8 horas diarias durante 15 días (40 horas semanales), en la que la mayoría de los trabajadores puede repetidamente exponerse diariamente, sin efectos adversos a su salud. Ver CPT.

ZONA INTERMEDIA DE SALVAGUARDIA.- Es aquella que comprende las áreas en las cuales se presentarían límites superiores a los permisibles para la salud del hombre y afectaciones a sus bienes y al ambiente, en caso de fugas y/o derrames accidentales de sustancias tóxicas y de presencia de ondas de sobrepresión en caso de formación de nubes explosivas; esta zona esta formada a su vez por dos zonas; la de riesgo y la de amortiguamiento.

ZONA DE RIESGO.- Es una zona de restricción total, en la que no se debe permitir ningún tipo de actividad, incluyendo los asentamientos humanos y la agricultura, con excepción de actividades de forestación, el cercamiento y señalamiento de la misma, así como el mantenimiento y vigilancia.

ZONA DE AMORTIGUAMIENTO.- Es aquella donde se pueden permitir determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al medio ambiente, restringiendo el incremento de la población ahí asentada y capacitándola en los Programas de Emergencia que se realicen para tal efecto.

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

NOMBRE/RAZON SOCIAL		GIRO O ACTIVIDAD	
NOMBRE DEL PROYECTO/PROCESO			
MOTIVO POR EL QUE SE PRESENTA EL PPA () PROCEDIMIENTO DE IMPACTO/RIESGO AMBIENTAL () PROGRAMA NACIONAL DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES			
DOMICILIO COMPLETO			
Calle		No.	Colonia
Código Postal	Carretera/km	Localidad/Población	Parque Industrial
Municipio		Delegación	
Entidad Federativa		Teléfono(s)/Extensión	Fax
DATOS DE LOS RESPONSABLES O REPRESENTANTES DE LA EMPRESA (Para oír y recibir notificaciones relacionadas con el PPA)			
TITULAR		SUPLENTE	
Nombre		Nombre	
Cargo		Cargo	
Dirección		Dirección	
Teléfono(s)		Teléfono(s)	
PERSONAL QUE LABORA EN LA PLANTA			TOTAL
T I P O		PRIMER TURNO	SEGUNDO TURNO
No. DE PERSONAL OPERATIVO			
No. DE PERSONAL ADMINISTRATIVO			

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUIMICAS		NOMBRE DE LA EMPRESA
FECHA DE ELABORACION	FECHA DE REVISION	

SECCION I DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA			
1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR:		2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A: TELEFONO: FAX:	
3.- DOMICILIO COMPLETO:			
CALLE	No. EXT.	COLONIA	C.P.
DELEG/MUNICIPIO	LOCALIDAD O POBLACION	ENTIDAD FEDERATIVA	

SECCION II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA	
1. NOMBRE COMERCIAL	2.- NOMBRE QUIMICO
3.- PESO MOLECULAR	4.- FAMILIA QUIMICA
5.- SINONIMOS	6.- OTROS DATOS

SECCION III COMPONENTES RIESGOSOS			
1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES	2.- N° CAS	3.- N° NACIONES UNIDAS	4.- CANCERIGENOS O TERATOGENICOS
5.- LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION	6.- IPVS ppm	7.- GRADO DE RIESGO:	
		7.1 SALUD	7.2 INFLAMABILIDAD

SECCION IV.- PROPIEDADES FISICAS	
1.- TEMPERATURA DE FUSION, °C:	2.- TEMPERATURA DE EBULLICION, °C:
3.- PRESION DE VAPOR, mmHg a 20 °C:	4.- DENSIDAD RELATIVA:
5.- DENSIDAD DE VAPOR (AIRE = 1):	6.- SOLUBILIDAD EN AGUA, g/ml:
7.- REACTIVIDAD EN AGUA:	8.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLOR:
9.- VELOCIDAD DE EVAPORACION (BUTIL ACETATO = 1):	10.- PUNTO DE INFLAMACION (°C):
11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C):	12.- PORCIENTO DE VOLATILIDAD, %
13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD (%):	
INFERIOR:	SUPERIOR:

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

MUELA DE AGUA:

ESPUMA:

HALON:

CO₂

POLVO QUIMICO SECO:

OTROS:

2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO:**3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:****4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES:****5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION:****SECCION VI DATOS DE RECTIVIDAD****1.- SUSTANCIA**

ESTABLE

INESTABLE

2.- CONDICIONES A EVITAR:**3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR):****4.- DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS:****5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:**

PUEDE OCURRIR

NO PUEDE OCURRIR

6.- CONDICIONES A EVITAR:**SECCION VII RIESGOS PARA LA SALUD****VIAS DE ENTRADA****SINTOMAS DEL LESIONADO****PRIMEROS AUXILIOS**

1.- INGESTION ACCIDENTAL

2.- CONTACTO CON LOS OJOS

3.- CONTACTO CON LA PIEL

4.- ABSORCION

5.- INHALACION

6.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA:

STPS (INST. No. 10) SI _____ NO _____ OTROS _____ SI _____ NO _____ ESPECIFICAR

SECCION IX EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

1.- ESPECIFICAR TIPO:

2.- PRACTICAS DE HIGIENE:

SECCION X INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION (DE ACUERDO CON LA REGLAMENTACION DE TRANSPORTE):

SECCION XI INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS)

SECCION XII PRECAUCIONES ESPECIALES

1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

2.- OTRAS:



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSOS INSTITUCIONALES

4º CURSO INTERNACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL

del 15 de mayo al 16 de junio de 1995

MOD. III RIESGO AMBIENTAL

**COMITE DE ANALISIS Y APROBACION DE LOS PROGRAMAS
PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES**

**PALACIO DE MINERIA
1995**

COMITE DE ANALISIS Y APROBACION

DE LOS PROGRAMAS PARA LA

PREVENCION DE ACCIDENTES

(COAAPPA)

INSTALACION

CON BASE EN LO ANTERIOR EL 24 DE ABRIL
DE 1989 SE INSTALO EN LA SECRETARIA DE
DESARROLLO SOCIAL EL COMITE DE ANALISIS
Y APROBACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA
PREVENCION DE ACCIDENTES (COAAPPA), EN
EL QUE PARTICIPAN LAS SECRETARIAS ANTES
MENCIONADAS Y EN EL CUAL SEGUN LO
INDICADO EN LOS ARTICULOS 2 AL 10 DEL
DECRETO POR QUE SE APRUEBAN LAS BASES
PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA
NACIONAL DE PROTECCION CIVIL Y DEL
PROGRAMA QUE SOBRE LA MATERIA
CONTIENEN, TAMBIEN PARTICIPA LA
SECRETARIA DE GOBERNACION A TRAVES DE LA
DIRECCION GENERAL DE PROTECCION CIVIL Y
DEL CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE
DESASTRES.

REQUERIMIENTO

DE LOS EPA

- PROCEDIMIENTO DE IMPACTO Y RIESGO AMBIENTAL
- PROGRAMA NACIONAL (29 DE ABRIL)

**II. REQUERIMIENTO
DE LOS PPA**

EN LOS CONSIDERANDOS DE LOS LISTADOS DE
ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS
EXPEDIDOS EN EL DIARIO OFICIAL, EL 28 DE
MARZO DE 1990 Y EL 28 DE MARZO DE 1990,
RESPECTIVAMENTE SE ESTABLECE LO
SIGUIENTE:

... "QUE EL CRITERIO ADOPTADO PARA
DETERMINAR CUALES ACTIVIDADES DEBEN
CONSIDERARSE COMO ALTAMENTE RIESGOSAS, SE
FUNDAMENTA EN QUE LA ACCION O CONJUNTO
DE ACCIONES, YA SEAN DE ORIGEN NATURAL O
ANTROPOGENICO, ESTEN ASOCIADAS CON EL
MANEJO DE SUSTANCIAS CON PROPIEDADES
INFLAMABLES, EXPLOSIVAS, TOXICAS, REACTI-
VAS, RADIOACTIVAS, CORROSIVAS O BIOLOGI-
CAS; EN CANTIDADES TALES QUE EN CASO DE
PRODUCIRSE UNA LIBERACION, SEA POR FUGA
O DERRAME DE LAS MISMAS O BIEN UNA
EXPLOSION, OCASIONARIAN UNA AFECTACION
SIGNIFICATIVA AL AMBIENTE, A LA POBLACION
O A SUS BIENES".

ASIMISMO EN EL CAPITULO IV, ARTICULO
147,2º PARRAFO DE LA MISMA LEY, SE
ESTABLECE QUE ... "QUIENES REALICEN
ACTIVIDADES ALTAMENTE
RIESGOSAS, ELABORARAN, ACTUALIZARAN Y, EN
LOS TERMINOS DEL REGLAMENTO
CORRESPONDIENTE, SOMETERAN A LA
APROBACION DE LA SECRETARIA Y DE LAS
SECRETARIAS DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA
PARAESTATAL, DE COMERCIO Y FOMENTO
INDUSTRIAL, DE SAUD Y DEL TRABAJO Y
PREVISION SOCIAL, LOS PROGRAMAS PARA LA
PREVENCION DE ACCIDENTES EN LA
REALIZACION DE TALES ACTIVIDADES QUE
PUEDAN CAUSAR GRAVES DESEQUILIBRIOS
ECOLOGICOS".

" CUANDO LAS ACTIVIDADES CONSIDERADAS
COMO ALTAMENTE RIESGOSAS SE REALICEN O
VAYAN A REALIZARSE EN EL DISTRITO
FEDERAL, EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO
FEDERAL PARTICIPARA EN ANALISIS Y EN SU
CASO, APROBACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA
PREVENCION CORRESPONDIENTES".

EN EL CAPITULO II, ARTICULO 5o. FRACCION
X DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO
ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, SE
ESTABLECE QUE:

... "SON ASUNTOS DEL ALCANCE GENERAL EN
LA NACION O DE INTERES DE LA
FEDERACION, LA REGULACION DE LAS
ACTIVIDADES QUE DEBAN CONSIDERARSE COMO
ALTAMENTE RIESGOSAS, SEGUN ESTA Y OTRAS
LEYES Y DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS,
POR LA MAGNITUD O GRAVEDAD DE LOS
EFECTOS QUE PUEDAN GENERAR EN EL
EQUILIBRIO ECOLOGICO O EN EL AMBIENTE".

I. BASES LEGALES

DESVENTAJAS DEL PROCESO APELLI

- **Es muy General**
- **Preparado por un Grupo de Expertos que requiere a su vez de expertos para su implementación**
- **No opina y por lo tanto no considera, la situación jurídica de los países**
- **Cuando se pretende dearrollarlo, se requiere mayor detalle y especificación de la información.**

A WARENESS

and

P REPAREDNESS

for

E EMERGENCIES

at:

L OCAL

L EVEL

APELL

(CONCIENTIZACION Y PREPARACION DE EMRGENCIAS A NIVEL LOCAL)

DINA

(Departamento para la Industria y el Medio Ambiente)

PAULINA

(Programa de las Naciones Unidas)

1988

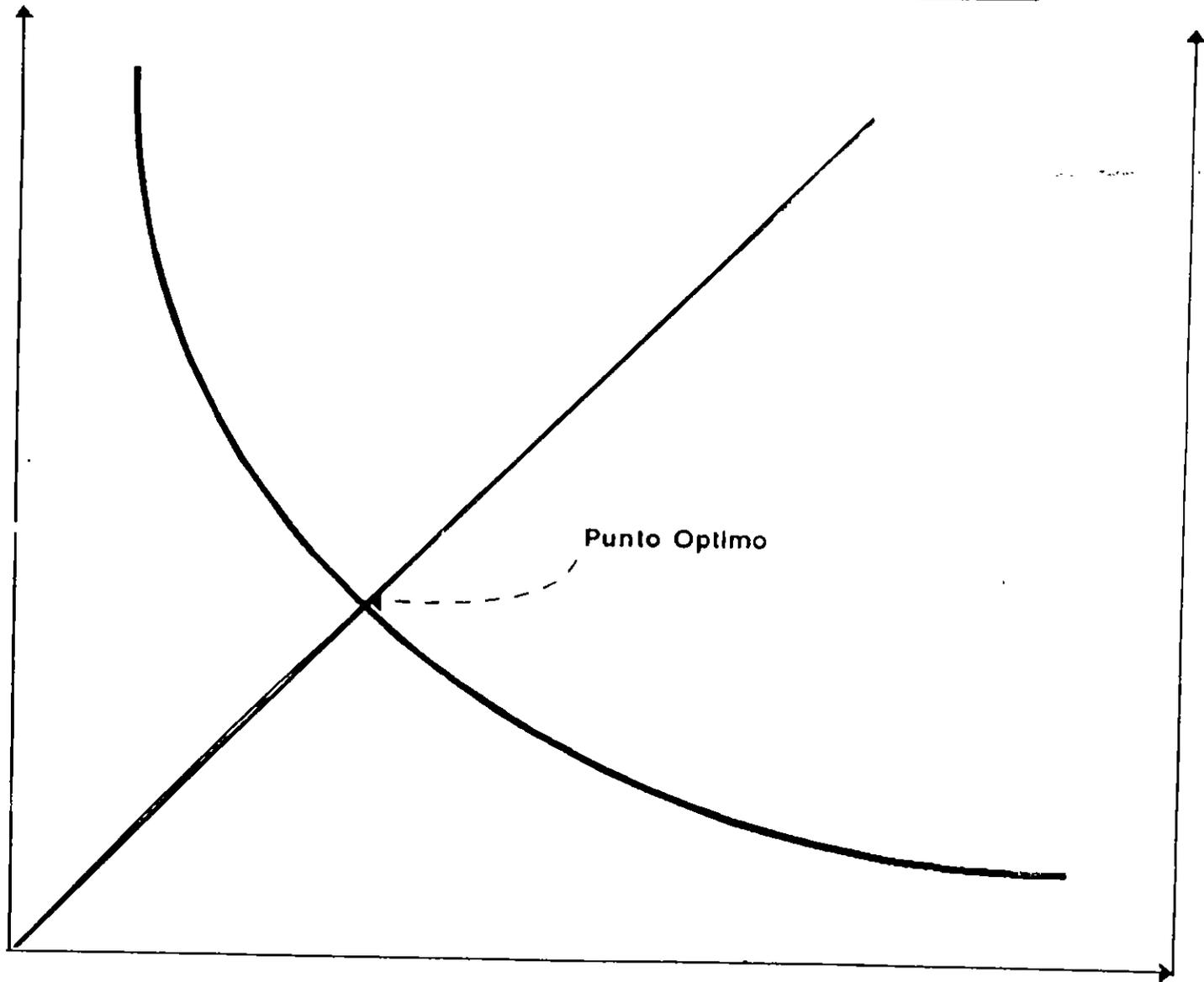


ONU

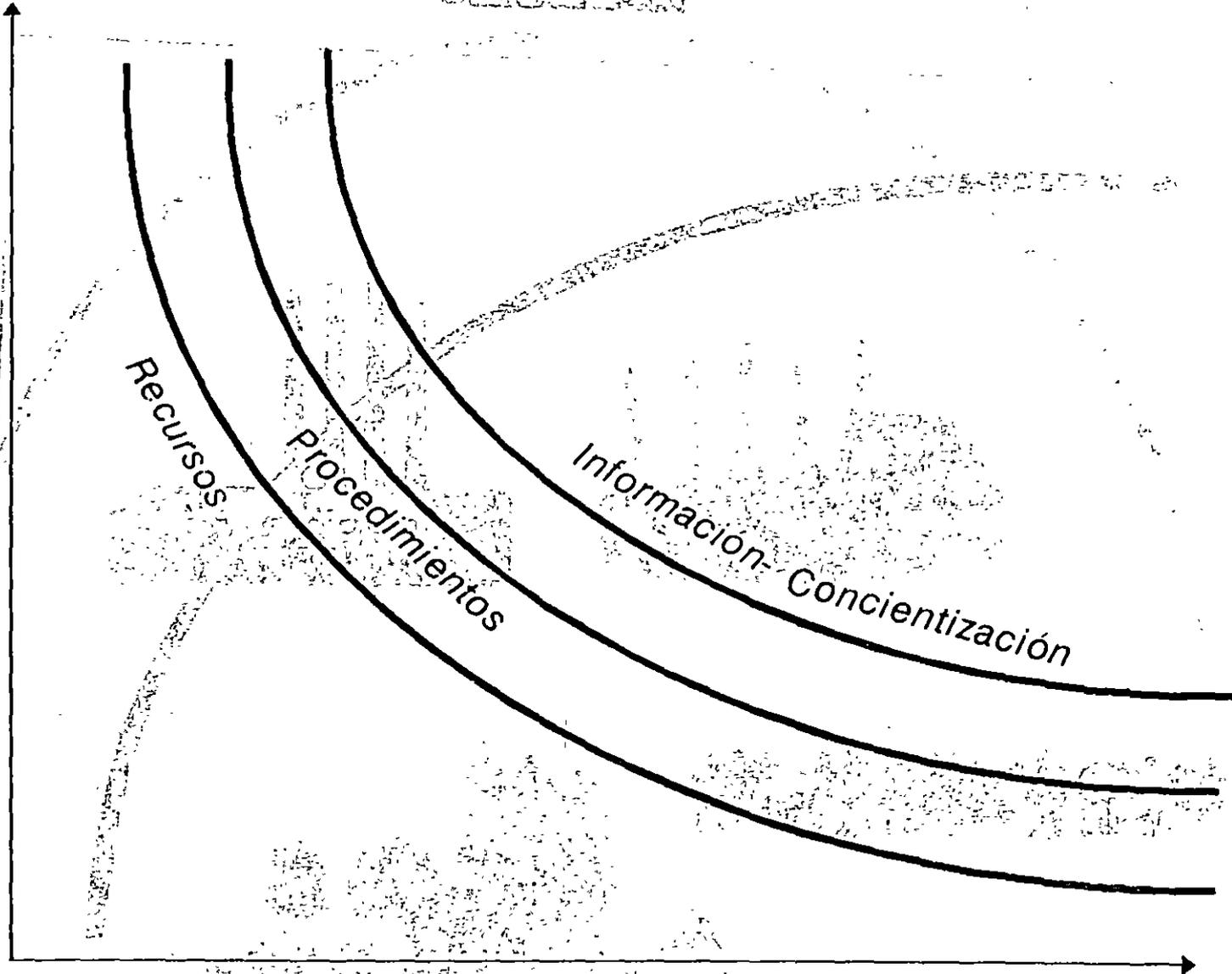
FUNCIONES

- ELABORAR, APROBAR, APLICAR Y EN SU CASO MODIFICAR EL PROCEDIMIENTO DE ANALISIS Y APROBACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES.
- ELABORAR Y APROBAR LA GUIA PARA LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE LOS ACCIDENTES.
- VIGILAR Y SUPERVISAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACCIONES Y MEDIDAS DERIVADAS DE LOS PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES APROBADOS.

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES



PREVENCIÓN DE ACCIDENTES



OBJETIVOS GENERALES

○ CONOCER LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, SEGURIDAD, PROTECCIÓN, CONTROL Y MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES.

○ CONOCER LAS BASES LEGALES, PROGRAMAS Y ACCIONES EMPRENDIDAS EN MÉXICO, EN MATERIA DE RIESGOS Y ACCIDENTES AMBIENTALES MAYORES, CON BASE EN PROGRAMAS DE CARÁCTER INTERNACIONAL.

○ CONOCER LAS BASES PARA EL DESARROLLO DE PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (PPA).

○ CONOCER ALGUNOS ELEMENTOS PARA LA PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS.

○ INICIARSE EN LA ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS PROVOCADAS POR LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

COAAPPA

SECRETARIA DE ECONOMIA (SE)

DEPENDENCIAS PARTICIPANTES (Art. 147)

SECRETARIA DE SALUD (SSA)

DIRECCION GENERAL DEL GOBIERNO INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (DDF)

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL (SECOFI)

DIRECCION GENERAL DE ECOLOGIA

COMISION NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION CIVIL DEL DDF

SECRETARIA DE EDUCACION (SE)

DEPENDENCIAS PARTICIPANTES (ASESORAS)

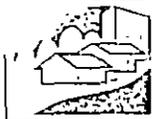
(DECRETO POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS BASES DEL SINAPROC)

(SECRETARIAS)

SECRETARIA DE GOBERNACION (SEGOB)

CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES (CENAPRED)

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION CIVIL



Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

Subprocuraduría de Auditoría Ambiental

UNIDAD DE OPERACION:
 DIRECCION DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y DAÑOS AMBIENTALES
 ACCIDENTES OCURRIDOS (1993)
 INFORMACION DE CÁBADA DE LAS SINTESIS INFORMATIVAS PERIODICAS)

ESTADO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ACCIDENTES
AGUASCALIENTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAJA CALIFORNIA	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	5
BAJA CALIFORNIA SUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMPECHE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COAHUILA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
COLIMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHIAPAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHIHUAHUA	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	6
CHURUBUSCO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GUANAJUATO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GUERRERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
HIDALGO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
JALISCO	1	0	1	0	0	0	1	0	4	4	5	1	21
ESTADO DE MEXICO	0	1	3	0	0	1	1	1	0	2	0	2	12
MICHOACAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MORELOS	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
NAYARIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NUEVO LEON	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
OAXACA	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3
PUEBLA	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3
QUERETARO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QUINTANA ROO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
SAN LUIS POTOSI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SINALOA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONORA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
TABASCO	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	4
TAMAULIPAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TLAQUECALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VERACRUZ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	4
YUCATAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZACATECAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	11	1	4	0	1	2	4	3	6	4	5	1	37

- 
- **Terremoto de la Cd. de México en 1985**
 - **Avalanchas de Lodo en Ecuador en 1987**
 - **Emanaciones Tóxicas en un Lago de Camerún**
 - **Terremoto de San Francisco en 1990**
 - **Inundaciones en Missouri, Kentucky, Tennessee, USA. (otoño de 1993)**
 - **Terremoto de Los Angeles, Cal. en enero de 1994**

Desastres Tecnológicos (Industriales)

- **Fuga de Dioxina en Duphart, India. 1963**
- **Fuga de Dioxina en Seveso, Italia. 1976**
- **Fuga de Gas Metil-Isocianuro en Bhopal, India.1984**
- **Explosión de Gas Propano en la Cd. de México.1984**
- **Incendio y Descarga de AguasContaminadas al Rhin, provenientes de una Bodega de Basilea.1986**
- **Explosión y Fuga de Agroquímicos en Córdoba, Ver.Mayo de 1991**
- **Explosión de un Ducto de destilados de Petróleo en Guadalajara. Abril de 1992**

*** Accidente**

PPA

PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

SECRETARIA DE ECONOMIA
SECRETARIA DE ENERGIA Y PETROLIO

DEFINICION LEGAL (INFERIDA)

CON LA LEY DE MATERIA...
... EN EL ARTICULO...

ES LA DISPOSICION CONTENIDA EN EL
ARTICULO 147, CAPITULO IV, DE LA LEY
GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y
PROTECCION AL AMBIENTE, PARA PREVENIR LOS
ACIDENTES QUE PUDIERAN SER OCASIONADOS
EN LA REALIZACION DE LAS ACTIVIDADES
ALTAMENTE RIESGOSAS.

DEFINICION SEMANTICA

DEFINICION SEMANTICA

PROGRAMA. - DETALLAR ALGO; PLAN DETALLADO DE ALGO; CONJUNTO DE INSTRUCCIONES.

PREVENCION. - ANTICIPARSE A ALGO. CONJUNTO DE MEDIDAS PARA EVITAR ALGO.

ACCIDENTES. - SUCESO EVENTUAL E IMPREVISTO.

ESTA DEFINICION QUEDARIA ASI:

"CONJUNTO DE DETALLADO DE PLANES, INSTRUCCIONES Y MEDIDAS PARA ANTICIPAR Y EVITAR SUCESOS EVENTUALES E IMPREVISTOS".

DEFINICION

¿ QUE TIPO DE ACCIDENTES ?

AQUELLOS OCASIONADOS EN LA REALIZACION DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

¿ QUE PARTES FORMAN A LA LEY ?

¿ HACIA QUIENES ESTA DIRIGIDO ?

A LA POBLACION Y SUS BIENES

AL AMBIENTE Y SUS ECOSISTEMAS

CONTROLAR ACCIDENTES, PARA EVITAR QUE SE CONVIERTAN EN DESASTRES.

¿ QUIEN DEBE ELABORARLO ?

QUIENES REALICEN ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

INFORMACION

DEFINICION INTEGRAL DE PPA

ES EL PROGRAMA FORMADO POR LOS PLANES, PROCEDIMIENTOS, ORGANIZACION RECURSOS, PROCEDIMIENTOS Y ACCIONES, DISPUESTO EN EL CAPITULO IV, ARTICULO 147, DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE, PARA PROTEGER A LA POBLACION Y SUS BIENES, ASI COMO AL AMBIENTE, Y SUS ECOSISTEMAS, LOS ACCIDENTES QUE PUDIERAN SER OCASIONADOS EN LA REALIZACION DE LAS ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

O B J E T I V O S.

DEL PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.

- Evitar que los accidentes provocados por la realización de Actividades Altamente Riesgosas, alcancen niveles de desastre o calamidad.
- Propiciar que quienes realicen actividades de alto riesgo, comunidad y empresas aledañas, así como Autoridades Locales, desarrollen una conciencia de alerta continua ante cualquier contingencia ocasionada por la liberación de sustancias peligrosas.
- Propiciar un ambiente de seguridad en la comunidad y empresas aledañas a una actividad de alto riesgo.
- Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar respuesta a cualquier contingencia ocasionada por el manejo de sustancias peligrosas.
- Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar atención a cualquier situación de desastres y calamidades ocasionadas por la liberación de sustancias peligrosas.
- Establecer los mecanismos de comunicación, coordinación y concertación de acciones para implementar adecuadamente el PPA en la localidad.
- Que las Industrias de Alto Riesgo difundan en la localidad, la información relacionada con las actividades que desarrollan y los riesgos que éstas representan para la población, sus bienes y el ambiente, así como los planes, procedimientos y programas con que se cuentan para disminuir y controlar dichos riesgos y enfrentar cualquier contingencia y atender calamidades y/o desastres provocados por la liberación accidental de sustancias peligrosas.