

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

DIPLOMADO EN PLANEACION AMBIENTAL
MODULO IV RIESGO AMBIENTAL
DIRECTORIO DE ASISTENTES
1996

SALVADOR ALPUCHE GUAL
JEFE DE SEGURIDAD Y PROTECCION AMB.
CCC FABRICACIONES Y CONSTRUCCIONES S.A.
CERVANTES SAAVEDRA No. 157
COL. AMPLIACION GRANADA
11520 MEXICO D.F.
254.05.11 EXT 277

NUBIA MERCEDES ARTEAGA MARINES
JEFE DE SECCION
CENTRO ALFONSO LOPEZ PUMAREJO
BARRIO EL CRISTAL S/N
COL. BUENAVENTURA
VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA
92 24 33 518

MIGUEL ANGEL BARCENAS SARABIA
PROFESOR DE INGENIERIA AMBIENTAL
MANTENIMIENTO
FESC CUAUTITLAN UNAM
CAMPO 4
CUAUTITLAN ITZCALLI
ESTADO DE MEXICO

JOSE LUIS BARRERA BELMAN
DIRECTOR DE CONSTRUCCION Y

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS URBANOS
RIO CHURUBUSCO 1155
COL. ZAPATA VELA
MEXICO D.F.
657.26.58

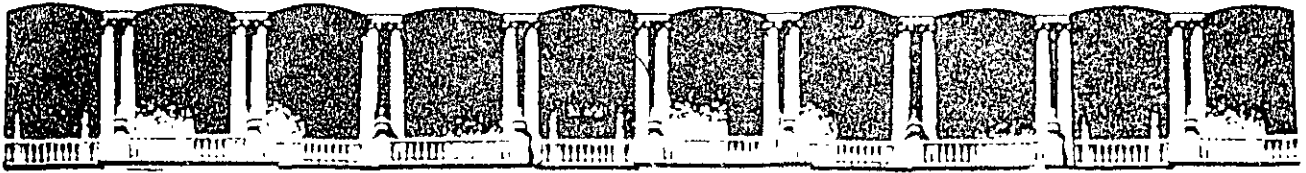
SERGIO ENRIQUE CANO HERNANDEZ
JEFE DE OFICINA
Y
SEMARNAP
PROGRESO No. 5
COL. DEL CARMEN
MEXICO D.F.
658.49.84 / 554.56.90

VICTOR MANUEL FLORES VALENZUELA
SUBDIRECTOR DE MANTENIMIENTO DE INST.

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS URBANOS
Av. 608 Esq. Av. 412 S/N
COL. SAN JUAN DE ARAGON
079500 MEXICO D.F.
799.23.53

FRANCISCO JAVIER GAMEZ GONZALEZ
ESPECIALISTA EN HIDRAULICA
COMISION NACIONAL DEL AGUA
HIDALGO No. 293
COL. LAS CAMPANAS
QUERETARO, QUERETARO, MEXICO
91.42.16.10.56

BLANCA CECILIA GOMEZ RAMIREZ
ESPECIALISTA EN HIDRAULICA
COMISION NACIONAL DE AGUA
Av. INSURGENTES SUR 1863
COL. GUADALUPE INN
01020 MEXICO D.F.
622.45.24



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

MARCO ANTONIO LOPEZ OCHOA
DIRECTOR GENERAL
CONSULTORES DE PLANEACION Y DESARROLLO
XOLA 318 DEPTO. 704
COL. DEL VALLE
03100 MEXICO D.F.
543.42.62

VICTOR HUGO PEÑA SANTOFIMIO
AUXILIAR DE TRATAMIENTO DE AGUA
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI
CALLE 59
CALI COLOMBIA

LUDYS N. PINO RIVAS
DÓCENTE
INSTITUTO MARIO LOREDA
CALLE 66
AUTOPISTA ESQUINA
CALI COLOMBIA

BERNARDINO ABAD QUIÑONEZ ANGULO
GERENTE

CALLE SA No. 7-99
MUNICIPIO DE BUENAVENTIRA
COLOMBIA

ROSA MARIA ROJO MORAN
ESPECIALISTA EN HIDRAULICA
AMBIENTAL
COMISION NACIONAL DE AGUA
CONSERVACION
INSURGENTES SUR 1960 PISO 5
COL FLORIDA
01030 MEXICO D.F.
663.31.48

EMMA SALDIVAR VARGAS
ENCARGADA DEL AREA DE IMPACTO

S.C.T. DIRECCION GENERAL DE
MAGDALENA No. 21
COL. DEL VALLE
03100 MEXICO D.F.

BEATRIZ DORADO RÍOS
COORDINADOR
INSTITUTO TECNOLÓGICO OSCAR SCARPETA
MUNICIPIO DE CALI
COLOMBIA

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

CURSOS INSTITUCIONALES

EMPRESA:

CURSO: Diplomado en Planeación Ambiental Módulo IV Riesgo Ambiental

FECHA: Del 14 al 18 de octubre de 1996

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	COMUNICACION CON EL ASISTENTE	PUNTUALIDAD

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CONCEPTO	CALIF.
ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL CURSO	
GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADA EN EL CURSO	
ACTUALIZACION DEL CURSO	
APLICACION PRACTICA DEL CURSO	

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO	CALIF.
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
CONTINUIDAD EN LOS TEMAS	
CALIDAD DEL MATERIAL DIDACTICO UTILIZADO	

1.- LE AGRADO LA ESTRUCTURACION DEL CURSO

 SI NO

PORQUE

2.- QUE CAMBIOS SUGERIRIA PARA MEJORAR EL CURSO

3.- RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)

 SI NO

PORQUE

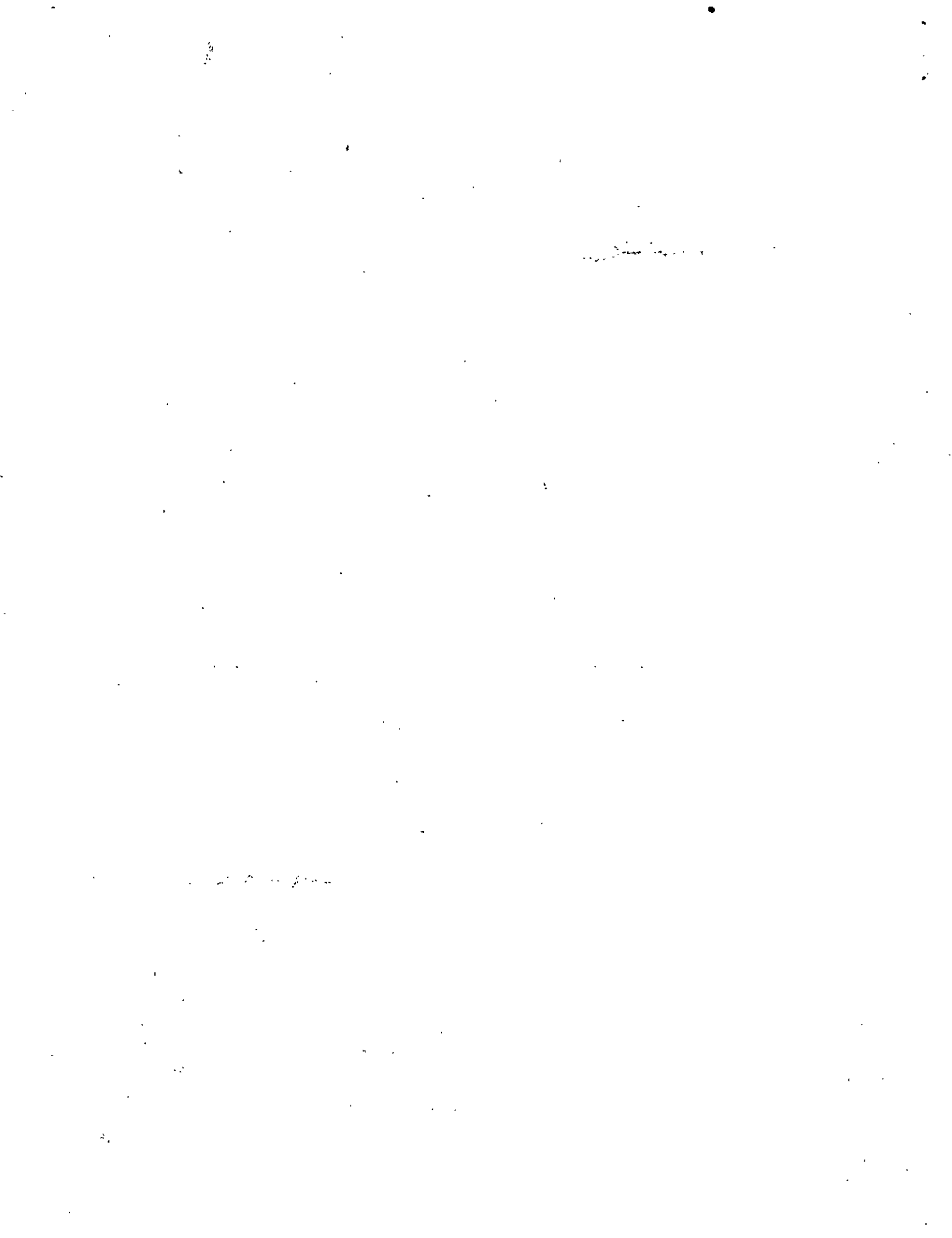
4.- QUE CURSOS RECOMENDARIA QUE IMPARTIERA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

5.- OTRAS SUGERENCIAS

MÓDULO IV. RIESGO AMBIENTAL

PROGRAMA GENERAL

SESIÓN	TEMA	EXPOSITOR	HORARIO
LUNES 14 DE OCTUBRE DE 1996			
1	Inauguración del módulo	División de Educación Continua Facultad de Ingeniería	09.00-09.30
2	Conferencia magistral "Políticas, estrategias y lineamientos en materia de regulación de riesgo ambiental".	Ing. Sergio Rivapalacio Chang	09.30-11.30
3	Organización del curso y requisitos administrativos	Ing. Carlos M. Menéndez Martínez	11.30-12.00
4	Introducción a los estudios de riesgo	Ing. Carlos M. Menéndez Martínez	12.00-13.00
5	Marco legal y administrativo	Lic. Jorge Mendoza Ruiz	15.00-17.00
6	Actividades y elementos de riesgo ambiental.	Ing. Renato Flores Soto Flores	17.00-19.00
MARTES 15 DE OCTUBRE DE 1996			
7	Identificación de riesgos, primera parte.	Ing. Enrique César Valdez Ing. Miguel Ángel González López	09.00-13.00
8	Identificación de riesgos, segunda parte.	Ing. Enrique César Valdez Ing. Miguel Ángel González López	15.00-19.00
MIÉRCOLES 16 DE OCTUBRE DE 1996			
9	Evaluación de riesgos, primera parte	Ing. Francisco Mandujano Ortiz	09.00-13.00
10	Evaluación de riesgos, segunda parte	Ing. Francisco Mandujano Ortiz	13.00-18.00
11	Medidas de prevención	Ing. Francisco Mandujano Ortiz	18.00-19.00
JUEVES 17 DE OCTUBRE DE 1996			
12	Derrame de sustancias peligrosas a terrenos.	Ing. José Rafael Zarco Guzmán	09.00-11.00
13	Programas de atención de emergencias, primera parte.	Ing. Hipólito Pérez Eugenio	11.00-13.00
14	Programas de atención de emergencias, segunda parte.	Ing. Hipólito Pérez Eugenio	15.00-17.00
15	Conferencia "Experiencias de coordinación ante una emergencia".	Ing. Gustavo Garnica	17.00-19.00
VIERNES 18 DE OCTUBRE DE 1996			
16	Estudios de caso, primera parte	Ing. Guillermo Rivera Salazar Ing. Héctor Ceballos Melgarejo Ing. Hipólito Pérez Eugenio	09.00-13.00
17	Estudios de caso, segunda parte.	Ing. Guillermo Rivera Salazar Ing. Héctor Ceballos Melgarejo Ing. Hipólito Pérez Eugenio	15.00-17.00
18	Mesa redonda	Ing. Carlos M. Menéndez Martínez Todos los profesores	17.00-18.00
19	Evaluación de conocimientos	Ing. Carlos M. Menéndez Martínez	18.00-19.00
20	Clausura	División de Educación Continua Facultad de Ingeniería	19.00-19.30





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

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO INTERNACIONAL

EN PLANEACION AMBIENTAL

1996

Módulo IV. Riesgo Ambiental

Actividades y Elementos de Riesgo

Del 14 al 18 de octubre de 1996

ING. RENATO FLORES SOTO FLORES
PALACIO DE MINERIA

1996

Capítulo 1. Actividades y elementos de riesgo

Ing. Renato Flores Soto Flores

El tema de riesgo ambiental es abordado por la legislación ambiental vigente en nuestro país en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). En el título cuarto de dicha Ley denominado " Protección al Ambiente ", por una parte se trata en los capítulos I, II, y III, lo referente a protección ambiental por prevención y control de contaminación ambiental (atmosférica, acuática, y del suelo), y por la otra en los capítulos IV; V, VI, y VII, y de manera implícita por riesgo ambiental al exponer en los capítulos IV, V, VI, y VII, aspectos básicos de actividades riesgosas, de materiales y residuos peligrosos, de energía nuclear, y de los efectos colaterales del uso de energías susceptibles de generar riesgo ambiental.

De esta manera, y en forma general, se puede observar en primera instancia que el riesgo ambiental se ha abordado a partir de las actividades que lo generan, de los materiales que se ocupan, de los residuos que se producen, y de las energías que se emplean.

1.1 Actividades de riesgo

El riesgo ambiental desde el punto de vista de las actividades que lo generan, se aborda en el capítulo IV del Título Cuarto de la LGEEPA, que trata de las actividades consideradas como riesgosas. En su artículo 146 indica que la Secretaría de Gobernación en el marco de la Ley en cuestión expedirá los listados de actividades que deban considerarse altamente riesgosas. Al presente la Secretaría citada ha publicado en el Diario Oficial de la Federación, los días 28/III/90 y 4/V/92 los listados correspondientes a actividades altamente riesgosas en que se manejan sustancias tóxicas en el primer listado, e inflamables y explosivos en el segundo.

En estos documentos se establece 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, están asociadas con el manejo de sustancias llamadas peligrosas, entendiéndose como tales aquellas con propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológicas, y radiactivas, que en caso de producirse una liberación, ya sea por fuga, derrame, o explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente, a la población, o a sus bienes.

De aquí que se considere como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte.

En consecuencia, se define la cantidad de reporte, como la mínima de la sustancia con las propiedades citadas, que convierten su producción, procesamiento, transporte, uso, o disposición final, en actividades que de producirse una liberación, sea por derrame o fuga, vía atmosférica, provocarían que se rebasaran los límites de concentración permisibles en un área de 100 metros alrededor de las instalaciones o medio de transporte, y en el caso de nubes explosivas, la existencia de ondas de sobrepresión.

1.1.1 Primer listado de actividades de riesgo

El primer listado en cuestión se enfoca a actividades altamente riesgosas donde se manejan sustancias tóxicas, entendiéndose por manejo, alguna o el conjunto de actividades de producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso, o disposición final de sustancias peligrosas. Cabe señalar que en este primer listado, se exceptúan el uso y aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas, por existir una legislación particular. Asimismo se indica que tampoco se abordarán las actividades asociadas a con el manejo de sustancias radiactivas por corresponder a otras instancias gubernamentales (SEMIP, SS, y Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias).

Por lo expuesto, serán consideradas como peligrosas para este caso, aquellas actividades que manejan las sustancias tóxicas que se consignan en el listado correspondiente (ver anexo) en volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte que ahí se indican, a saber : a partir de 1 kg, 10 kg, 100 kg, 1 000 kg, 10 000 kg, 100 000 kg, y 1 000 000 kg, subdividiéndolas en cada caso según su estado (sólido, líquido, y gaseoso).

1.1.2 Segundo listado de actividades de riesgo

El segundo listado en cuestión se enfoca a actividades altamente riesgosas donde se manejan sustancias inflamables y explosivas. Cabe señalar que en este segundo listado al igual que en el primero, no se abordarán las actividades asociadas con el manejo de sustancias radiactivas por corresponder a otras instancias gubernamentales (SEMIP, SS, y Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias). Se exceptúan de este listado a las actividades relacionadas con el manejo de sustancias a que se refiere el artículo 41 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Por lo expuesto, serán consideradas como peligrosas para este caso, aquellas que se denominan sustancias inflamables y sustancias explosivas.

Por sustancia inflamable se entenderá aquella que es capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa.

Por sustancia explosiva se entenderá aquella que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía, genera una cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea.

Por lo expuesto, serán consideradas como peligrosas para este caso, aquellas actividades que manejan las sustancias inflamables y/o explosivas que se consignan en el listado correspondiente (ver anexo) en volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte que ahí se indican, a saber : a partir de 500 kg, 3 000 kg, 10 000 kg, 20 000 kg, 50 000 kg, 100 000 kg, 200 000 kg, para el caso de sustancias específicas en estado líquido o gaseoso. Se presentan dos casos adicionales, el primero para sustancias no específicas con determinadas características como temperaturas de inflamación, de ebullición, y presión de vapor, cuya cantidad de reporte será a partir de 10 000 kg, y el segundo para algunos combustibles a partir de 10 000 barriles.

1.1.3 Materiales y residuos peligrosos

El riesgo ambiental desde el punto de vista de los materiales que se ocupan y de los residuos que se producen, se aborda en el capítulo V de la LGPEA que trata de los materiales y residuos peligrosos. En el artículo 150 se indica que la Secretaría, en este caso la ex-SEDUE, publicaría los listados de materiales y residuos peligrosos para el efecto. Al presente se ha publicado ya la norma NOM-052-ECOL-1993, en la que se indican los criterios para la determinación de un residuo peligroso y el listado de los mismos.

1.1.3.1 Criterios que hacen a un residuo peligroso

La norma NOM-052-ECOL-1993 fija los criterios que hacen a un residuo peligroso. Siguiendo el mismo criterio de los listados de actividades altamente riesgosas, y establece que en adición a los listados de residuos específicos que por fuente generadora, giro industrial, proceso, así como por fuente no específica se incluyen en la norma, para fines de identificación y control, en tanto que la Secretaría no los incorpore en cualquiera de los listados en cuestión, los residuos se clasificarán como sigue :

- 1) Corrosivos
- 2) Reactivos
- 3) Explosivos
- 4) Tóxicos al ambiente
- 5) Inflamables
- 6) Biológico-infecciosos

El apartado 5.5 de la norma en cuestión fija las condiciones que en cada caso hacen a un residuo peligroso, por cualquiera de las clasificaciones citadas. El detalle de la NOM-052-ECOL-1993 se presenta en el anexo .

Debido a que lo expuesto aplica a residuos no incluidos en los listados mencionados, y que se abordan en el siguiente apartado, y a que su identificación puede no ser precisa con los criterios que se indican en el apartado 5.5 citado, se ha expuesto en la norma NOM-053-ECOL-1993 (antes NOM-CRP-002-1993) la metodología para identificar si un residuo es peligroso por su toxicidad al ambiente. Se espera que en lo inmediato se publiquen las normas respecto a las demás clasificaciones. Asimismo en la norma NOM-ECOL-054-1993 (antes NOM-CRP-003) se exponen los criterios de incompatibilidad de residuos peligrosos.

1.1.3.2 Listado de residuos peligrosos

La norma NOM-052-ECOL-1993 (antes CRP-001-ECOL-1993), establece en la tabla 1 del anexo 2 un primer listado de residuos considerados como peligrosos, clasificados por giro industrial en los grupos siguientes :

- 1) Acabado de metales y galvanoplastia
- 2) Beneficio de metales
- 3) Componentes electrónicos
- 4) Curtiduría
- 5) Explosivos
- 6) Producción de hule
- 7) Materiales plásticos y resinas sintéticas
- 8) Metal mecánica
- 9) Minería
- 10) Petróleo y petroquímica
- 11) Pinturas y productos relacionados
- 12) Plaguicidas
- 13) Preservación de la madera
- 14) Producción de baterías
- 15) Químico-farmacéutica
- 16) Química inorgánica
- 17) Química orgánica

En la tabla 2 del anexo 3 de la norma, se presenta un segundo listado de residuos peligrosos por fuente no específica, y de residuos provenientes de hospitales, laboratorios y consultorios médicos.

En la tabla 3 del anexo 4 de la misma norma, se presenta un listado de residuos de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas. En la tabla 4 del mismo anexo, se presenta una clasificación de residuos y bolsas o envases de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas.

La tabla 5 del anexo 5 de la misma norma, presenta las características de un lixiviado que hacen peligroso a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. La tabla 6 del mismo anexo se refiere a las características de constituyentes orgánicos específicos, y la tabla 7 se enfoca en el mismo sentido a los constituyentes orgánico-volátiles.

Los listados y el detalle de los mismos se presentan en el anexo en el marco de la NOM-052-ECOL-1993.

1.1.3.3 Energías convencionales susceptibles de generar riesgo ambiental

Independientemente de su forma de generación, y debido a que en gran parte ya ha quedado prevista en los apartados anteriores para combustibles fósiles principalmente, las energías que usualmente se encuentran en instalaciones de producción, comercialización, instituciones, y aún en vivienda, son las energías eléctricas y térmicas.

1) Energía eléctrica.- Por su naturaleza la instalación eléctrica es un elemento potencial de riesgo en la medida, que fallas en su diseño, construcción, operación, o mantenimiento, pueden provocar situaciones de riesgo asociadas principalmente con incendio, y en su caso electrocución de seres vivientes.

Para el caso, el diseño, construcción, principalmente, y colateralmente la operación y el mantenimiento, se rigen por la norma NOM-001-SEMP-1994, relativa a las instalaciones de destinadas al suministro y uso de energía eléctrica. Asimismo, y en caso de construcción o ampliación de instalaciones eléctricas industriales, o comerciales de cierto tamaño, tendrán que estar supervisadas por una unidad verificadora registrada ante la SEMIP.

2) Energía calorífica.- Las instalaciones convencionales en este rubro generalmente se refieren a las instalaciones de gas, y a las de generación de vapor.

Instalaciones de gas.- En primer término se tienen las instalaciones de gas, que generalmente se usan para producir calor para diferentes usos. El elemento potencial de riesgo se asocia principalmente con la posibilidad de incendio en la medida, que fallas en su diseño, construcción, operación, o mantenimiento, lo puedan provocar. En su caso, puede también asociarse con intoxicación por inhalación de gases. La normatividad aplicable para estas instalaciones se encuentra contenida principalmente en las normas NOM-021/1 y 2 SCFI-1993 para recipientes de almacenamiento de gas; en las 021/5, 098, y 099 para transporte

*p+1Xde gas; en la 031 para estaciones de servicio; en la 095 para

instalaciones de aprovechamiento; y en la 096 para redes de distribuci

Generaciµn de vapor.- Se refiere fundamentalmente a calderas, en las
se asocia mas a daños humanos (quemaduras) y físicos en l in

circundantes por fugas de vapor que a explosiones. La normatividad de estas instalaciones se encuentra en el Reglamento para la Inspección de Vapor y recipientes Sujetos a Presión.

Otras energías.- Existen otras energías de alto riesgo como la energía nuclear, pero como ya se expuso en el apartado 6.1.1, no se abordan en gran detalle por el carácter complejo y especializado del tema, así como por lo restringido de su aplicación. En su observancia a la SEMIP y a la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, en cualquier manera puede consignarse que la normatividad al respecto se encuentra en el NOM-XXX-NUCL-1994/5, destacando para efectos de identificación de radiación los artículos 002, 004, 012, 013, y 024, en relación con pruebas de hermeticidad, desechos, monitores de radiación, seguridad para pacientes en tratamiento y calibración de dosímetros.

Efectos secundarios de riesgo derivados del uso de la energía.- A las emisiones de ruido, vibraciones, calor, alta luminosidad, y nieblas de trabajo derivados del uso de energía, podrán considerarse como causas de riesgo ambiental al provocar condiciones de trabajo inseguras. En situaciones de riesgo ambiental al provocar condiciones de trabajo inseguras, accidentes, se considera que deben abordarse como problemas de higiene en ambientes de trabajo.

1.1.3.4 Otras causas de riesgo

El riesgo ambiental puede también provocarse por fenómenos naturales. De estos los más comunes son los sismos y los fenómenos meteorológicos.

1) Sismo.- El colapso de estructuras e instalaciones por movimientos telúricos es también una causa de riesgo, ya que puede provocar no solo poner en peligro la integridad física de los ocupantes de un inmueble, sino que también la fuga de sustancias peligrosas con sus efectos asociados según el caso (corrosividad, explosividad, reactividad, toxicidad, radioactividad, inflamabilidad, efectos biológicos). Por tal razón es importante que las estructuras que albergan instalaciones donde se manejen sustancias peligrosas, y en general donde haya peligro de riesgo ambiental observen la normatividad correspondiente. Al respecto no existe una reglamentación federal, quedando la responsabilidad en los reglamentos de Construcciones de los Municipios. En su ausencia pueden usarse los reglamentos de otras localidades cercanas o de zonas con características físicas similares.

2) Fenómenos meteorológicos.- El daño a estructuras por tormentas, inundaciones, vientos, tormentas eléctricas, puede también provocar el colapso de las mismas, o al menos daños parciales en las instalaciones, con efectos similares a los descritos en el punto anterior. Análogamente la observancia del reglamento de construcciones correspondiente, así como el buen criterio de localización, diseño, construcción, así como

la inclusión de instalaciones de protección, puede coadyuvar a superar el problema en caso de un evento, o al menos a minimizar sus efectos.

Los ejemplos mas claros de instalaciones de protección son los sistemas contra incendio, que se encuentran normados por el reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Secretaría de trabajo y Previsión Social, asicomo en la NOM-002-STPS-1994, relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo. Para el caso de edificaciones habitacionales generalmente aplica el reglamento de construcciones correspondiente. En su ausencia pueden usarse las Normas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal

1.2 Elementos de riesgo y su identificación

La identificación de riesgos en general deberá seguir un proceso de conocimiento de la las instalaciones y medio circundante sujetas a riesgo ambiental, que se basará en la recopilación y procesamiento de información relevante, su validación y complementación en sitio, su comparación con la normatividad aplicable, y la conclusión sobre actividades, materiales, residuos, e instalaciones generadoras de riesgo. A continuación se presenta brevemente y en perspectiva la secuencia que puede seguirse para identificar elementos de riesgo.

1.2.1 Obtención de datos generales

1) Identificación de la empresa.- Se referirá al nombre, localización, giro industrial, tipo y nivel de producción, turnos de trabajo, organigrama de la empresa y responsables en las diferentes áreas, antigüedad de las instalaciones, y necesidad de un estudio de riesgo.

2) Normatividad aplicable.- Se solicitarán las licencias y permisos de funcionamiento que correspondan, ya sean municipales, estatales, o federales (Permiso de uso del suelo, licencias de construcción y de funcionamiento, registro de la empresa como generadora de residuos peligrosos, etc.).

3) Medio físico y urbano.- Se recopilará información sobre las características geológicas, edafológicas, geotécnicas, hidrológicas, climatológicas, y topográficas del sitio de la instalación y del medio circundante. Asimismo se recabará información urbanística en relación con planimetría, urbanización, usos del suelo, servicios y obras de infraestructura, y características socioeconómicas de la zona.

1.2.2 Visita preliminar y revisión documental

A la entidad en cuestión se le visitará con el fin de tener un primer acercamiento tanto con las instalaciones como con el personal que las administra. Se hará un recorrido preliminar por las mismas y se le solicitará información sobre el proceso productivo, instalaciones auxiliares, y su funcionamiento.

1) Proceso productivo.- Se solicitará el diagrama de flujo del proceso, así como un listado de sustancias, materias primas, e insumos ocupados en la producción, referidos a los puntos del diagrama de flujo donde se usan y consumen. De igual manera deberán proporcionar los desechos producidos identificándolos y cuantificándolos en el diagrama de proceso.

Se solicitará también información sobre las unidades de proceso empleadas, así como las instalaciones auxiliares de producción, seguridad, y prevención.

2) Documentos de funcionamiento.- Se solicitará también los programas de producción, los manuales de operación y mantenimiento, las memorias de labores, y las bitácoras de operación y mantenimiento. También será conveniente obtener las actas y registros de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene, y en su caso registro de incidentes y accidentes.

1.2.3 Indicadores relativos

Debido a que puede presentarse el caso de empresas que carezcan de información en mayor o menor grado, y a efecto de tener un acercamiento a los datos mencionados en el punto anterior, puede procederse de manera relativa o indirecta. En este caso se trataría de obtener información en empresas similares a la estudiada, que contaran con mayor información al respecto. A falta de esta opción, podrían consultarse bancos especializados de datos en relación con el tipo de industria en cuestión, pudiéndose además solicitar adicionalmente, datos relevantes tales como situaciones de riesgo en la rama específica, medidas de prevención, etc.

1.2.4 Inspección

Una vez revisada y asimilada la información proporcionada, es conveniente realizar una segunda visita con el fin de validar la información documental recabada, y en su caso ratificarla o rectificarla. Asimismo y donde sea posible, la visita también servirá para completar la información, y donde no lo sea, para establecer la necesidad de mediciones y muestreos en sitio, y análisis en laboratorio. Especialmente se identificarán los puntos donde por actividades, materiales, residuos, o instalaciones, estarán sujetos a riesgo ambiental.

1.2.5 Medición, muestreo y análisis

Con base en la inspección se definirá el tipo de medición, el tipo de muestreo, y los parámetros que habrán de ser analizados en laboratorio, si bien se reconoce que algunos de ellos podrían ser determinados mediante analizadores de campo. Asimismo se definirán las normas que deberán observar estos trabajos. Se preparará en consecuencia un programa previendo las necesidades de personal y equipo, así como de desplazamiento de los mismos.

1.2.6 Procesamiento de información y conclusiones

Se preparan por una parte los listados de sustancias, materiales, y residuos peligrosos, y por la otra los puntos con deficiencias de instalaciones de energía, o los puntos vulnerables de la edificación, que puedan provocar riesgo ambiental. Complementariamente se hará acopio de la normatividad aplicable a cada caso y se confrontará.

Primeramente se confrontarán los listado de actividades peligrosas donde se indican las sustancias que hacen peligrosa a la actividad, con los materiales, sustancias, y residuos encontrados en la planta productiva. En seguida se hará lo propio con los listados de residuos peligrosos, y los residuos encontrados documentalmente. Finalmente se observarán los resultados de pruebas de laboratorio practicadas a sustancias, o residuos que no aparecen en los listados y que están bajo sospecha de ser peligrosos. Lo propio se haría con los elementos de las instalaciones sujetos a algún tipo de prueba.

Los especialistas correspondientes definirán de manera cualitativa los problemas de diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas, de calderas, y de estabilidad estructural incluyendo los efectos por sismo, y fenómenos meteorológicos.

La conclusión será un listado de identificación de los puntos de riesgo ambiental encontrados en la instalación, cuyos efectos deberán ser objeto de una evaluación específica de riesgo del conjunto.



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

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO INTERNACIONAL
EN PLANEACION AMBIENTAL

1996

Módulo IV. Riesgo Ambiental

Introducción

Del 14 al 18 de octubre de 1996

ING. CARLOS MANUEL MENÉNDEZ MARTÍNEZ
PALACIO DE MINERÍA
1996



INTRODUCCIÓN

Material compilado por: Ing. Carlos Manuel Menéndez Martínez

El riesgo existe siempre que el futuro es desconocido. Debido a que los efectos adversos de los riesgos han plagado a la humanidad desde el principio del tiempo, los individuos, los grupos humanos y las sociedades han desarrollado diversos métodos para manejar los riesgos. Puesto que nadie conoce exactamente lo que sucederá en el futuro, todo el mundo es un administrador de riesgos, no por elección sino por pura necesidad. (RISK MANAGEMENT AND INSURANCE. WILLIAMS HEINS)

1 Definiciones

Algunas definiciones de los términos que se emplean al hablar de riesgo se presentan a continuación:

Riesgo. Peligro, contingencia de un daño (LAROUSSE). Contingencia o proximidad de un daño (REAL ACADEMIA).

Riesgo ambiental. Probabilidad de que se presente un daño a la salud, a los ecosistemas o a los bienes.

Contingencia. Posibilidad de que una cosa suceda o no suceda (REAL ACADEMIA).

Emergencia. Suceso, accidente que sobreviene (REAL ACADEMIA).

Urgencia. Que requiere pronta ejecución o remedio (REAL ACADEMIA).

Accidente. Suceso eventual que altera el orden regular de las cosas (REAL ACADEMIA).

Evento. Hecho imprevisto o que puede acaecer (REAL ACADEMIA).

Estudio de riesgo. Documento mediante el cual se da a conocer, a partir del análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, los riesgos que dichas obras o actividades representen para el equilibrio ecológico o 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 (REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL).

Substancia peligrosa. Todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros; también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades.

Material peligroso. Aquellas sustancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, empaques y demás componentes que conformen la carga que será transportada por las unidades.

Residuo peligroso. Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que, por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

2 Riesgos graves

LAS SIGUIENTES NOTAS HAN SIDO EXTRACTADAS FUNDAMENTALMENTE DEL MANUAL "CONTROL DE RIESGOS DE ACCIDENTES MAYORES" DE LA OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO.

En octubre de 1987 hubo que evacuar en Francia a 60,000 personas como resultado de un incendio en que estuvo involucrado nitrato de amonio. En abril de 1987 un incendio de metano causó la muerte de cuatro personas e hirió a otra en Italia. En Bulgaria una explosión de cloruro de vinilo provocó la muerte de 17 personas y 19 heridos en noviembre de 1986. En febrero de 1986 un escape de cloro que se produjo en los Estados Unidos lesionó a 76 personas.

Cabe también citar acontecimientos más desastrosos. Entre ellos, la emisión de isocianato de metilo en Bhopal, India, en 1984, que provocó más de 2,000 muertes y 200,000 lesionados. Dos semanas antes se había producido una explosión de gas en México, D.F. que ocasionó la muerte de 650 personas y lesiones a varios miles. Una explosión de gas propano en Ortuella, España, provocó asimismo 51 muertes y numerosos heridos en 1980. En 1976, 30 personas resultaron heridas y 220,000 tuvieron que ser evacuadas de varias aldeas cuando el mal funcionamiento de un proceso ocasionó un pequeño escape de dioxina en Seveso, Italia. Una explosión de ciclohexano que se produjo en Flixborough, Reino Unido, en 1974 causó la muerte de 28 personas e hirió a 89. Los daños económicos resultantes de todos estos accidentes y de muchos otros son descomunales.

Las causas que produjeron los eventos antes citados y las sustancias químicas que intervinieron en ellos fueron distintas; sin embargo todos comparten una característica común: fueron acontecimientos no controlados, constituidos por incendios, explosiones o escapes de sustancias tóxicas que ocasionaron la muerte o lesiones de un gran número de personas dentro y fuera de las instalaciones que manejaban las sustancias, y causaron amplios daños en los bienes y en el medio ambiente.

El empleo de sustancias químicas peligrosas en la industria, el comercio y en otras actividades humanas ha producido que un número creciente de personas, tanto trabajadores como ciudadanos en general, se encuentren en peligro, en cualquier momento, debido a un accidente ocasionado por esas sustancias. Por ello es necesario que el diseño y los procedimientos de uso y aprovechamiento de las sustancias peligrosas sean correctos desde el principio. Por consiguiente los proyectos que involucran el almacenamiento y uso de sustancias químicas peligrosas, antes de su construcción y puesta en servicio, deben incluir un estudio de riesgo, que tiene por finalidad: identificar y evaluar la posibilidad de un accidente

que pueda ocasionar un daño al ambiente, establecer las medidas para minimizar la probabilidad de ocurrencia de un accidente y los efectos del accidente, y proponer un plan de atención de emergencias.

3 Tipos y consecuencias de riesgos industriales graves

Los riesgos industriales graves suelen estar relacionados con la posibilidad de incendio, explosión o dispersión de sustancias químicas tóxicas, y por lo general entrañan el escape de material de un recipiente, seguido, en el caso de sustancias volátiles, de su evaporación y dispersión. Entre los accidentes relacionados con los riesgos principales cabe mencionar los siguientes:

- escape de material inflamable, mezcla del material con el aire, formación de un anube de vapor inflamable y arrastre de la nube hasta una fuente de ignición, lo que provocará un incendio o una explosión que afectará al lugar y posiblemente a zonas aledañas;
- escape de material tóxico, formación de una nube de vapor tóxica y arrastre de la nube, lo que afectará directamente al lugar y posiblemente a zonas aledañas.

En el caso de la fuga de materiales inflamables, el mayor peligro proviene del repentino escape masivo de líquidos volátiles o gases que producen una gran nube de vapor inflamable y posiblemente explosivo. Si la nube se llega a inflamar, los efectos de la combustión dependerán de múltiples factores, entre ellos la velocidad del viento y la medida en que la nube estaba diluida con aire. Esos riesgos pueden causar un gran número de víctimas e ingentes daños al lugar donde se producen y más allá de su límite. Sin embargo, incluso en accidentes graves, los efectos se suelen limitar a unos pocos cientos de metros del punto donde se producen.

La fuga repentina de grandes cantidades de materiales tóxicos puede causar muerte y lesiones graves a una distancia mucho mayor. En teoría, esa fuga podría, en ciertas circunstancias climáticas, producir concentraciones letales a varios kilómetros del punto de fuga. El número efectivo de víctimas dependería de la densidad demográfica en el camino que siguiera la nube y de la eficacia de las medidas de emergencia que se tomaran, que podrían incluir la evacuación.

Algunas instalaciones o grupos de instalaciones plantean ambos tipos de amenaza. Además, las ondas de expansión y los proyectiles de una explosión pueden afectar la integridad de otras plantas que contengan materiales inflamables y tóxicos, causando de ese modo una intensificación del desastre, que a veces se designa con la expresión de <<efecto dominó>>.

4 Explosiones

Las explosiones se caracterizan por una onda de choque que puede producir un estallido y causar daños a los edificios, romper ventanas y arrojar materiales a varios cientos de metros de distancia. Las lesiones y los daños son ocasionados primeramente por la onda de choque de la explosión. Hay personas golpeadas, o derribadas, o enterradas bajo edificios

derrumbados, o heridas por cristales volantes. Aunque los efectos de la presión excesiva pueden provocar directamente la muerte, es probable que esto sólo se produzca con las personas que trabajan muy cerca del lugar de la explosión. La historia de las explosiones industriales muestra que los efectos indirectos de los edificios que se derrumban y los cristales y escombros que vuelan por el aire causan muchas más pérdidas de vidas humanas y heridas graves.

Los efectos de la onda de choque varían según las características del material, su cantidad y el grado de restricción de la nube de vapor. Por consiguiente, las presiones máximas en una explosión varían de una ligera sobrepresión a unos cuantos cientos de kilopascales. Las lesiones directas se producen a presiones de 5 a 10 kPa (una sobrepresión mayor origina por lo general la pérdida de la vida), mientras que los edificios se derrumban y las ventanas y las puertas se rompen a presiones tan bajas como de 3 a 10 kPa. La presión de la onda de choque disminuye rápidamente con el aumento de la distancia desde la fuente de la explosión. A título de ejemplo, la explosión de un tanque que contuviera 50 toneladas de propano produciría una presión de 14 kPa a 250 metros y una presión de 5 kPa a 500 metros a partir del tanque. En el Cuadro 1 se resumen los efectos de la sobrepresión causada por una explosión sobre estructuras.

Deflagración y detonación

Las explosiones pueden producirse en forma de una deflagración o de una detonación, en función de la velocidad de combustión durante la explosión. Se produce una deflagración cuando la velocidad de combustión o la velocidad de la llama es relativamente lenta, del orden de 1 m/seg. En una detonación, en cambio, la velocidad de la llama es extremadamente elevada. El frente de la llama se desplaza como una onda de choque, con una velocidad normal de 2,000 a 3,000 m/seg. Una detonación genera mayores presiones y es mucho más destructiva que una deflagración. La presión máxima causada por una deflagración en un recipiente atmosférico cerrado gira en torno a los 70-80 kPa, mientras que una detonación puede alcanzar fácilmente una presión de 200 kPa. El hecho de que se produzca una deflagración o una detonación dependerá del material de que se trate, así como de las condiciones en que ocurre la explosión. Por lo común se acepta que una explosión en fase de vapor requiere cierto grado de limitación para que se produzca una detonación.

Explosiones de gases y de polvos

Es posible hacer una distinción entre las explosiones de gases y las de polvos tomando como base el material de que se trate. Se producen explosiones de gases, que en general son catastróficas, cuando se liberan y dispersan con el aire considerables cantidades de material inflamable para formar una nube de vapor explosivo antes de que tenga lugar la ignición. Las explosiones de polvos se producen cuando materiales sólidos inflamables se mezclan intensamente con el aire. El material sólido dispersado adopta la forma de material pulverizado con partículas de dimensiones muy pequeñas. La explosión resulta de un hecho inicial, como un incendio o una pequeña explosión, que motiva que el polvo depositado sobre las superficies pase a ser transmitido por el aire. Al mezclarse con el aire se produce una

explosión secundaria que a su vez puede originar una explosión terciaria, y así sucesivamente. En el pasado, estas series sucesivas de explosiones han provocado catástrofes y la destrucción de fábricas enteras. Puesto que los cereales, la leche en polvo y la harina son inflamables, las explosiones de polvo han sido más comunes en la industria agrícola. Sin embargo, la historia de las explosiones de polvo, particularmente las de los últimos años, ha mostrado que los efectos nocivos se limitan en general al lugar de trabajo y afectan menos a quienes se encuentran fuera de la fábrica.

Explosiones de nubes de vapor confinado o no confinado

Las explosiones en locales cerrados son las que se producen de algún tipo de contenedor, como un recipiente o una tubería. Las explosiones dentro de los edificios también corresponden a esta categoría. Las explosiones que se producen al aire libre se designan como no limitadas y originan presiones máximas de sólo unos pocos kPa. Las presiones máximas de las explosiones en lugares cerrados o limitadas suelen ser superiores y pueden llegar a cientos de kPa. En el Cuadro 2 figura una lista de algunas explosiones industriales. Todos los ejemplos dados son explosiones de nubes de vapor que, en algunos casos, produjeron detonaciones debido a que la nube de gas estaba encerrada.

5 Incendios

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor. En el Cuadro 3 se presentan los efectos de las radiaciones térmicas sobre la piel no protegida.

Los incendios se producen en la industria con más frecuencia que las explosiones y las emanaciones de sustancias tóxicas, aunque las consecuencias medidas en pérdida de vidas humanas suelen ser menos graves. Por consiguiente, podría considerarse que los incendios constituyen un menor peligro potencial que las explosiones y los escapes de sustancias tóxicas. No obstante, si se retrasa la ignición de un material inflamable que se escapa, puede constituirse una nube de vapor de material inflamable no encerrada, que puede dar lugar a una explosión.

Los incendios pueden adoptar varias formas diferentes, entre ellas los de incendios de chorro, depósitos, los producidos por relámpagos y explosiones provocadas por la ebullición de líquidos que expanden vapor. Un incendio de surtidor o chorro podría surgir cuando una larga llama estrecha procedente, por ejemplo, de una tubería de gas inflamado tiene un escape. Un incendio de depósito se produciría, por ejemplo, si una fuga de petróleo bruto de un depósito situado dentro de un muro de protección se inflamara. Un incendio repentino podría originarse si un escape de gas llegara a una fuente de combustión y se quemara rápidamente regresando a la fuente del escape. Las explosiones provocadas por la ebullición de líquidos

que expanden vapor son comúnmente mucho más graves que los demás incendios y se describen más adelante con mayor detalle.

Otro efecto letal que debe tomarse en consideración al producirse un incendio es la disminución del oxígeno en la atmósfera debido al consumo de oxígeno en el proceso de combustión. En general, este efecto se limita al entorno inmediato del lugar del incendio. Son asimismo importantes los efectos sobre la salud originados por la exposición a los humos generados por el incendio. Esos humos pueden incluir gases tóxicos, como bióxido de azufre, de la combustión de disulfuro de carbono y de óxidos nitrosos de los incendios en los que interviene el nitrato de amonio.

Explosión de un líquido en ebullición con desprendimiento de vapores en expansión

Designada algunas veces como una bola de fuego, una explosión de este tipo es una combinación de incendio y explosión con una emisión de calor radiante intenso en un intervalo relativamente breve de tiempo. Como indica la expresión, el fenómeno puede producirse dentro de un recipiente o depósito en el que se mantenga un gas licuado por encima de su punto de ebullición atmosférico. Si un recipiente a presión se rompe como resultado de un debilitamiento de su estructura, el contenido se escapa al instante como una mezcla turbulenta de líquido y gas que se expande rápidamente y se dispersa por el aire como una nube. Cuando esta nube se inflama, se produce una bola de fuego, que origina una radiación térmica de enorme intensidad en unos pocos segundos. Esta intensidad calorífica basta para causar muertes y graves quemaduras en la piel a varios cientos de metros del recipiente, según la cantidad del gas de que se trate. Este tipo de explosión puede ser causado por un impacto físico sobre un recipiente o depósito que ya esté averiado o sometido a una presión excesiva, debido por ejemplo a un accidente de tráfico con un camión cisterna o al descarrilamiento de un vagón cisterna, o también a un incendio que afecte o que se extienda a un contenedor o depósito y que debilite su estructura. Una explosión provocada por la ebullición de un líquido que expande vapor de una cisterna de 50 toneladas de propano puede ocasionar quemaduras de tercer grado a distancias de aproximadamente 200 metros y ampollas a distancias de unos 400 metros.

En el Cuadro 4 figura una lista de algunos de los principales incendios ocurridos por actividad industrial.

A veces resulta difícil hacer una distinción entre un incendio y una explosión. Muy a menudo una explosión va seguida de un incendio, y ambos fenómenos causan víctimas.

6 Escape de gases tóxicos

Existen numerosas sustancias químicas con las que es preciso actuar con particular meticulosidad para impedir que produzcan efectos nocivos en los trabajadores. La importante disciplina de la higiene en el trabajo existe para elaborar los métodos necesarios de control contra la exposición a esas sustancias químicas de ser posible durante toda la vida laboral de un trabajador industrial. Esto tiene una importancia esencial para la seguridad de los

trabajadores. Por otra parte, los efectos de las sustancias químicas tóxicas son totalmente diferentes cuando se examinan los riesgos de accidentes mayores y guardan relación con una exposición aguda durante e inmediatamente después de un accidente importante, más que con una exposición crónica de larga duración. En otras palabras, aquí se examina el almacenamiento y utilización de sustancias químicas tóxicas frecuentemente en muy grandes cantidades que, si escaparan, se dispersarían con el viento y tendrían la posibilidad potencial de matar o lesionar a personas que viven a mucho cientos de metros de la fábrica y que no pueden huir o hallar refugio.

La toxicidad de las sustancias químicas se suele determinar mediante el empleo de cuatro métodos principales, que son los siguientes: el estudio de los incidentes, los estudios epidemiológicos, los experimentos sobre animales y los ensayos con microorganismos. A pesar de su valor evidente, todos esos métodos tienen deficiencias cuyo examen queda fuera de este manual, pero que implican la necesidad de actuar con prudencia al interpretar los resultados. En la toxicidad de las sustancias químicas influyen asimismo otros factores, como la edad, el sexo, los antecedentes genéticos, el grupo étnico al que se pertenece, la nutrición, la fatiga, las enfermedades, la exposición a otras sustancias con efectos sinérgicos, y las horas y modalidades del trabajo.

Aunque los datos al respecto no son abundantes, cabe determinar la toxicidad de ciertas sustancias químicas. Por ejemplo, se sabe que el cloro resulta peligroso para la salud humana en concentraciones de 10 a 20 partes por millón (ppm) con una exposición de 30 minutos. Ese gas resulta letal en concentraciones de 100 a 150 ppm con exposiciones de 5 a 10 minutos de duración. La exposición al cloro por períodos más cortos puede ser letal en concentraciones de 1,000 ppm. En lo que se refiere a las consecuencias de un escape de cloro, se sabe que una fuga instantánea de 10 toneladas de esta sustancia química puede producir una concentración máxima de 140 ppm a una distancia de 2 km a favor del viento a partir de la fuente y de 15 ppm a una distancia de 5 km en condiciones climáticas D5 (condiciones climáticas normales de no inversión). En el Cuadro 5 figuran los efectos del cloro sobre las personas.

En el Cuadro 6 se indican algunos accidentes industriales importantes causados por escapes tóxicos de diferentes sustancias químicas, algunos de los cuales causaron víctimas. El cloro y el amoníaco figuran entre las sustancias químicas tóxicas más comúnmente utilizadas en grandes cantidades y que entrañan riesgos, y ambos tienen un historial de accidentes graves. Del isocianato de metilo y la dioxina, se deben utilizar con particular cuidado dada su mayor toxicidad, aun cuando se pueden manipular en cantidades menores.

7 Causas de los riesgos industriales graves

A continuación se presentan algunos ejemplos de deficiencias típicas que causan riesgos industriales graves:

1. **Falla de los componentes**
 - Diseño inadecuado en relación con: presión interna, fuerzas externas, corrosión, temperatura;

- Falla mecánica de los recipientes o tuberías por corrosión o impacto;
 - Falla de componentes: bombas, compresores, ventiladores, agitadores;
 - Falla en los sistemas de control (sensores de presión, controladores de nivel, medidores de flujo, ordenadores);
 - Falla en los sistemas de seguridad (válvulas de seguridad, diafragmas protectores, sistemas de alivio de presión, sistemas de neutralización, quemadores);
 - Falla de soldaduras y bridas.
2. Desviación de las condiciones normales de funcionamiento
- Falta de supervisión de los parámetros esenciales de proceso (presión, temperatura, caudal, cantidad y proporción de sustancias);
 - Falla en el suministro manual de compuestos químicos;
 - Falla en los servicios (fluido refrigerante, vapor, electricidad, aire comprimido);
 - Deficiencias en el procedimiento de arranque o paro de un equipo o sistema;
 - Formación de productos secundarios, residuos o impurezas que provoquen reacciones secundarias.
3. Errores humanos y organizativos debidos a falta de conciencia de los riesgos, insuficiente capacitación o exceso de actividades
- Error del operador (botón erróneo, válvula errónea);
 - Sistemas de seguridad desconectados por falsas alarmas;
 - Incorrecta identificación de materiales;
 - Errores de comunicación;
 - Reparación o mantenimiento incorrecto;
 - Soldadura no autorizada;
4. Interferencias externas accidentales
- Plantas vecinas;
 - Impactos mecánicos, como por caída de equipos;
 - Transporte por carretera o ferrocarril;
 - Estaciones de carga de sustancias inflamables o explosivas;
 - Tráfico aéreo.
5. Fuerzas naturales
- Viento;
 - Inundaciones;
 - Terremotos;
 - Asentamiento del terreno;
 - Heladas excepcionales;
 - Relámpagos;
 - Insolación excepcional.
6. Actos de sabotaje

8 Técnicas de identificación y evaluación de riesgos

Para tener conciencia clara de la naturaleza de los riesgos en una instalación, de los acontecimientos que causan accidentes y de las consecuencias potenciales de estos accidentes es necesario llevar a cabo un estudio de riesgo que identificará por qué se pueden presentar los accidente y cómo se pueden evitar o por lo menos atenuar. Con este fin se han establecido varios métodos de trabajo, como son:

- Análisis preliminar de riesgo
- Diagramas matriciales de interacciones
- Listas de verificación
- Análisis de los efectos de las fallas
- Estudio del riesgo y de la capacidad de funcionamiento
- Análisis secuencial del accidente (inductivo)
- Análisis secuencial de loas fallas (deductivo)
- Análisis de las consecuencias del accidente

9 Medidas de prevención

Después de examinar las causas de los accidentes principales es necesario proponer las medidas necesarias para controlar los riesgos.

En vista de que los accidentes se pueden producir como resultado de un diseño inadecuado de los componentes, se ha de tener presente en el diseño que cada componente debe resistir: las cargas estáticas y dinámicas; la presión interna y externa; la corrosión; las cargas accidentales (impactos y fuerzas naturales).

El sistema de control de los procesos debe recurrir a sistemas de control manual y automático, si es necesario con varias redundancias, a sistemas de paro automático, a dispositivos de seguridad y a sistemas de alarmas. Además el personal debe ser suficiente y estar debidamente capacitado.

Los sistemas de seguridad deben incluir: sistemas para prevenir la desviación de condiciones de funcionamiento permisibles (alivio de presión, sensores de parámetros de operación, sistemas de prevención de desbordamientos, sistemas de cierre de seguridad), sistemas que evitan el fallo de los componentes relacionados con la seguridad (componentes diversos que cumplen el mismo objetivo o sistemas redundantes), suministro seguro de servicios relacionados con la seguridad (como fuentes alternas de energía), sistemas de alarma (vigilar parámetros de proceso, detectar deficiencias de los componentes, detección de escapes, detección de humo o fuego, detección de deficiencias en los dispositivos de seguridad).

Adicionalmente se deberán establecer medidas de prevención de errores humanos y de organización (como: empleo de conexiones de diferentes dimensiones en las estaciones de carga, correcto etiquetado de materiales, dispositivos adecuados de comunicación, interconexiones que no funcionen en caso de error, capacitación del personal).

Todo lo anterior sólo puede realizarse si las funciones de mantenimiento y vigilancia se ejecutan correctamente. Por ello debe: verificarse las condiciones de funcionamiento relacionadas con la seguridad; inspeccionarse las partes de la planta relacionadas con la seguridad; vigilar los servicios relacionados con la seguridad; preparar los planes de mantenimiento y mantener la documentación que compruebe la ejecución de los trabajos programados (bitácoras).

10 Planificación de emergencias

La evaluación de los riesgos que entraña una actividad en la que se manejen sustancias peligrosas induce a que se introduzcan mejoras en la planta, en forma, por ejemplo, de salvaguardias adicionales, modificaciones de procesos, sustituciones de materiales o de procedimientos perfeccionados, hasta que se decide que el riesgo es suficientemente pequeño como para ser aceptado.

Aun así la posibilidad de un accidente sigue presente, por lo que deberá implantarse un plan de emergencia que incluya:

- evaluación de la magnitud y naturaleza de los accidentes previstos y de la probabilidad de que se produzcan;
- enlace con las autoridades exteriores, con inclusión de los servicios de emergencia;
- mecanismo de alarma y comunicación;
- personal para atención de emergencias y definición de sus deberes y responsabilidades;
- centro de control de la situación de emergencia (con teléfonos, radios, planos, información de sustancias, listas de personal);
- medidas que se han de adoptar (control y contención del accidente, cierres, evacuación, rehabilitación de funcionamiento);
- medidas de coordinación fuera de la planta.

11 Fundamentación legal de los estudios de riesgo

La necesidad de desarrollar los estudios de riesgo queda definida en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su artículo 32. En él se menciona que "En su caso, dicha manifestación deberá ir acompañada de un estudio de riesgo de la obra, de sus modificaciones o de las actividades previstas, consistente en las medidas técnicas preventivas y correctivas para mitigar los efectos adversos al equilibrio ecológico durante su ejecución, operación normal y en caso de accidente".

El Reglamento de la Ley en Materia de Impacto Ambiental no entra en detalle de lo que debe incluir un estudio de riesgo y sólo afirma que: "En el caso de obras o actividades consideradas como altamente riesgosas, además de lo dispuesto en el párrafo anterior, deberá presentarse a la Secretaría un estudio de riesgo en los términos previstos por los ordenamientos que rijan dichas actividades".

CUADRO 1
EFFECTOS DE LA SOBREPRESIÓN CAUSADA POR UNA EXPLOSIÓN SOBRE
ESTRUCTURAS

ELEMENTO DE ESTRUCTURA	ROTURA O DAÑO	SOBREPRESIÓN MÁXIMA APROXIMADA DEL LADO PRESENTE	
		psi*	kPa
			1
Cristales de ventanas	5 por ciento rotas	0.1-0.15	0.7-1
	50 por ciento rotas	0.2-0.4	1.4-3
	90 por ciento rotas	0.5-0.9	3-6
Casa	Tejas desplazadas	0.4-0.7	3-5
	Marcos de puertas y ventanas rotos	0.8-1.3	6-9
	Habitables después de la reparación, algunos daños de techos, ventanas y tejas	0.2-0.4	1.4-3
	Daños menores de la estructura, tabiques y marcos arrancados de sus sitios	0.5-0.9	3-6
	Inhabitables: caída parcial o total del techo, demolición parcial de uno o dos muros exteriores, daños importantes de los tabiques que soportan el peso	2-4	14-28
	50-75 por ciento de ladrillos exteriores destruidos o en situación peligrosa	5-12	35-80
	Demolición casi completa	11-37	80-260
Postes de telégrafos	Destruídos	10-25	70-170
Grandes árboles	Destruídos	24-55	170-380
Vagones de ferrocarril	Al límite del descarrilamiento	12-27	80-190

1 bar = 100kPa = 14.7psi

CUADRO 2
EJEMPLOS DE ESCAPES IMPORTANTES DE SUSTANCIAS TÓXICAS

SUSTANCIAS QUÍMICAS CONCENTRADAS	CONSECUENCIAS		LUGAR Y FECHA
	MUERTES	LESIONES	
Fosgeno	10	-	Poza Rica, México, 1950
Cloro	7	-	Wilsun, R. F. Alemania, 1952
Dioxina	-	-	Seveso, Italia, 1976
Amoniaco	30	25	Cartagena, Colombia, 1977
Dióxido de azufre	-	100	Baltimore, Estados Unidos, 1978
Isocianato de metilo	2,000	200,000	Bhopal, India, 1984

CUADRO 3
EFFECTOS DE LAS RADIACIONES TÉRMICAS SOBRE LA PIEL NO PROTEGIDA

NIVEL DE RADIACIÓN (kW/m ²)	PERÍODO DE DURACION, SEGUNDOS ANTES	
	Se siente el dolor	Empiezan a salir ampollas
22	2	3
18	2.5	4.3
11	5	8.5
8	8	13.5
5	16	25
2.5	40	65
Menos de 2.5	Puede ser tolerada una exposición prolongada	

**CUADRO 4
EJEMPLOS DE EXPLOSIONES INDUSTRIALES**

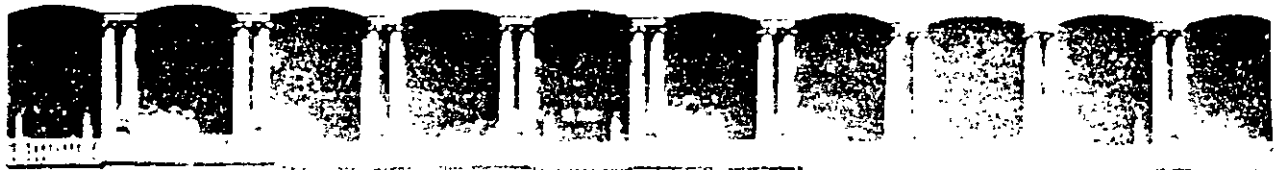
SUSTANCIAS QUÍMICAS CONCENTRADAS	CONSECUENCIAS		LUGAR Y FECHA
	MUERTES	LESIONES	
Eter dimetilico	245	3,800	Ludwigshafen, Alemania, 1948
Queroseno	32	16	Bitburg, Alemania, 1954
Isobutano	7	13	Lake Charles, Luisiana,
Residuos de petróleo	2	85	Pernis, Holanda, 1968
Propileno	-	230	East St. Louis, Estados Unidos, 1972
Propano	7	152	Decatur, Estados Unidos, 1974
Ciclohexano	28	89	Flixborough, Reino Unido, 1974
Propileno	14	107	Beek, Holanda, 1975

**CUADRO 5
EFECTOS DE LAS CONCENTRACIONES DE GAS DE CLORO (ppm)
SOBRE LAS PERSONAS
(1 ppm = 3mg/m³)**

CONCENTRACION (ppm)	DURACION	EFFECTOS
3-6		Causa una sensación de picor o quemazón, pero se tolera, sin que se produzca ningún efecto nocivo indebido durante un máximo de 1 hora
10	1 min	Tos
10-20	30 min	Peligro-irritación inmediata de la nariz, la garganta y los ojos, con tos y lagrimeo
100-150	5-10 min	Puede ser letal para las personas más vulnerables
300-400	30 min	Concentración media letal previsible del 50 por ciento de las personas sanas
1000	Breve (unos pocos instantes)	Probablemente letal

**CUADRO 6
EJEMPLOS DE INCENDIO IMPORTANTES**

SUSTANCIAS QUÍMICAS CONCENTRADAS	CONSECUENCIAS		LUGAR Y FECHA
	MUERTES	LESIONES	
Metano	136	77	Cleveland, Estados Unidos, 1944
Gas LP	18	90	Feysin, Francia, 1966
Gas natural licuado	40	-	Staten Island, Estados Unidos, 1973
Metano	52	-	Santa Cruz, México, 1978
Gas LP	650	2,500	México, D.F., México, 1984



FACULTAD
DE INGENIERIA

DE INGENIERIA
EN AMBIENTE

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO INTERNACIONAL EN PLANEACION AMBIENTAL

1996

Módulo IV. Riesgo Ambiental

Procedimientos para un "Programa de Prevención y Atención de Contingencia y Emergencia Ambiental"

Del 14 al 18 de octubre de 1996

ING. HIPÓLITO PÉREZ EUGENIO
PALACIO DE MINERIA
1996

PROCEDIMIENTOS PARA UN "PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE CONTINGENCIA Y EMERGENCIA AMBIENTAL"

PREPARADO POR: ING. HIPÓLITO PÉREZ EUGENIO.
SEPTIEMBRE DE 1996

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la actividad industrial en México, representa una serie de retos tanto técnicos como jurídico y administrativos para el establecimiento de acciones de control ambiental que dicho desarrollo plantea. Dentro de estos aspectos, particular relevancia ha tomado el manejo y la evaluación de los efectos que pudieran ocasionar los materiales y sustancias, determinadas como de alto riesgo, de conformidad con los listados publicados, en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 (**Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas**) y el (**Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas**) publicado el 4 de mayo de 1992. El alto riesgo de las sustancias y materiales quedó determinado por los siguientes criterios:

- **Las cantidades de reporte** de las sustancias y materiales, cuyo efecto por su toxicidad, inflamabilidad o explosividad, pudieran tener efectos sobre la salud o sobre la vida de las personas, sus bienes o los ecosistemas, en ese orden de prelación.

Cantidad de reporte (CR), es la cantidad arriba de la cual tendrá que reportarse la existencia de una sustancia peligrosa, de las identificadas en cualquiera de los dos Listados de Actividades Altamente Riesgosas, que se encuentren presentes en cualquier establecimiento de fabricación, distribución o venta.

- Para el caso de las **sustancias explosivas**, el **distanciamiento de seguridad** lo determina la **onda de sobrepresión de 0.5 psi** (libras sobre pulgadas cuadradas), en cuyo caso de presentarse un evento extraordinario, se tendría rompimiento de ventanas, sin ocasionar

daños irreversibles a la salud de las personas. Ondas de choque mayores a la mencionada representan la zona de riesgo o zona de exclusión donde los efectos del accidente son más severos.

- Para el caso de la **sustancias o materiales tóxicos de seguridad (zona de amortiguamiento)** estará determinada por los límites máximos de concentración **TLV8hr**, que es el valor al cual puede estar expuesto un trabajador durante una jornada de 8 horas continuas sin menoscabo de su salud. La zona de riesgo, en este caso, se define como el área donde este presente el valor de **IDLH**(Daño Inmediato a la Vida o la Salud).

El **TLV₈**, (**Valor Límite Umbral**), es el valor promedio de concentración máxima permisible para exposición en **ppm o mg/m³** de un contaminante tóxico que se considera que no tiene ningún efecto en una persona expuesta al mismo en una exposición de 8 horas.

El nivel **IDLH** (Daño Inmediato a la Vida o la Salud) es un valor establecido por el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional, (**NIOSH**), que representa el nivel máximo al que un trabajador saludable puede exponerse por 30 minutos y escapar sin sufrir efectos de salud irreversibles, o escapar sin síntomas de daños. El Instituto Nacional de Ecología adopto este valor como base de cálculo para cantidades de reporte, debido a que se consideran para tiempos de exposición de 30 minutos que junto con una distancia de 100 metros el Departamento de Transporte de los Estados Unidos considera razonables para casos de evacuación por una emergencia debida a la liberación de sustancias químicas con características de toxicidad.

Una emergencia mayor en un establecimiento es una 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.

En caso de presentarse una emergencia, existe la posibilidad de que se causen lesiones graves o la pérdida de vidas humanas, daños considerables a los bienes y una fuerte perturbación dentro y/o

fuera de la instalación. Para hacer frente con eficiencia a una situación de este tipo, normalmente hace falta la asistencia de servicios de urgencia exteriores.

Aunque la emergencia puede estar provocada por varios factores diferentes, por ejemplo fallos de la actividad, errores humanos, temblores de tierra, choques de vehículos o un sabotaje, suele manifestarse principalmente de tres maneras: un incendio, una explosión o un escape de sustancias tóxicas.

II. OBJETIVOS

En el contexto de este documento el termino "seguridad" abarca la salud humana, seguridad y protección ambiental e incluye la protección de las propiedades, en la medida que se relacionan con la prevención de, preparación para, y respuesta a los accidentes que involucran los residuos peligrosos.

Los objetivos generales de un plan de atención a emergencia son los siguientes:

- A). Localizar la emergencia y, de ser posible, eliminarla, y
- B). Reducir al mínimo los efectos del accidente sobre las personas y los bienes.

La temprana localización de la emergencia es un aspecto que reviste suma importancia en un plan de prevención y atención a emergencias ya que de este factor depende la rápida activación del programa.

La eliminación de la emergencia requerirá la pronta actuación de los operarios y del personal encargado de la situación de emergencia en la fabrica o establecimiento que habrá de utilizar, por ejemplo, equipo contra incendios, interruptores de emergencias y vaporizadores de agua.

La reducción al mínimo de los efectos del accidente puede incluir actividades de rescate, primeros

auxilios, evacuación, rehabilitación y rápida información a la población que vive en los alrededores del emplazamiento.

III. MARCO JURÍDICO E INSTITUCIONAL.

- A. **Marco jurídico:** la constitución política de los estados unidos mexicanos establece las bases sobre las que se estructura el sistema jurídico de gestión (prevención, respuesta, remediación) de los accidentes tecnológicos que involucran sustancias químicas peligrosas. Estas disposiciones se encuentran dispersas en toda la constitución y son referidas a aspectos ambientales, a determinadas actividades que puedan generar efectos negativos en el ambiente, los recursos naturales, la salud humana, y al patrimonio cultural, entre otros.
- B. **Marco institucional:** la constitución prevé y define los órganos administrativos encargados de ejercer y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales que de ella emanan; la ley orgánica de la administración pública federal establece las responsabilidades de los organismos del ejecutivo federal que, desde su particular área de competencia, regulan y actúan en las diferentes fases y aspectos de los accidentes químicos, incluyendo los relativos a la prevención y la preparación de la respuesta a emergencias.

Artículos de la constitución que enmarcan la gestión de los accidentes químicos.

Art. 4: "toda persona tiene derecho a la protección de la salud"

Art. 25: "bajo criterios de equidad social y productividad, se apoyara e impulsara a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolas a las modalidades que dicte el interés publico y al uso, en beneficio general de los recursos productivos; cuidando su conservación y el medio ambiente"

Art. 27: párrafo tercero

"...el aprovechamiento de los elementos naturales de apropiación con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza publica, cuidar su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana..."

"...y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población para preservar y restaurar el equilibrio ecológico..."

Art. 73: Fracción XXIX g)

"para expedir leyes que establezcan la coñurrencia del gobierno federal de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico".

Fracción XVI.

"... para dictar leyes sobre salubridad general de la república.

Art. 123: Fracción XIII.

“las empresas, cualquiera que sea su actividad, estarán obligadas a proporcionar a sus trabajadores capacitación o adiestramiento para el trabajo” ..

Fracción XV.

“el patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y adoptar medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las maquinas, instrumentos y materiales de trabajo.

IV. TIPO DE ACCIDENTES.

La mayor parte de los accidentes originados por sustancias consideradas como residuos peligrosos y que podrían producir un riesgo importante corresponden a alguna de las categorías siguientes:

A. Accidentes que entrañan materiales tóxicos.

- a. Escape lento o intermitente de sustancias tóxicas
- b. Escape rápido de duración limitada, riesgo de nube tóxica de dimensión limitada que se puede dispersar rápidamente.
- c. Escape masivo, debido a falla de un gran recipiente de almacenamiento o de procesamiento o a una reacción química incontrolable y falla de los sistemas de seguridad.

B. Accidentes que entrañan materiales inflamables y/o explosivos.

- a) incendios importantes sin peligro de explosión; riesgo de niveles elevados de radiación térmica y humo.

- b) incendios que amenazan a partes de la planta donde hay sustancias peligrosas; riesgo de que se extienda el incendio, explosión o escape de sustancias tóxicas.
- c) explosión con escaso aviso previo o sin aviso previo; riesgo de afectaciones por la formación de una onda de choque, desplazamiento de desechos por el aire y altos niveles de radiación térmica.

V. AMPLITUD DEL DAÑO CAUSADO POR UN ACCIDENTE

- ✓ El primer problema al que nos enfrentamos en la elaboración de un plan para la prevención y atención de emergencias es el de determinar el grado de peligrosidad que representa la realización de actividades donde se involucren los residuos peligrosos, para la salud del hombre y los ecosistemas, de donde se hace necesario identificar y cuantificar los posibles eventos generadores de un accidente mayor.

Pueden tomarse como accidentes mayores los siguientes:

- a. Cualquier liberación real o potencial de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como segura (cantidad de reporte).
- a. Cualquier fuego mayor que de lugar a elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta que exceda de 5 kw/m² por varios segundos.
- b. Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar una sobrepresión mayor de 0.5 lb/pulg².
- c. Cualquier explosión de una sustancia 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.

- d. Cualquier liberación de sustancia tóxica, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o arriba de su valor IDLH en áreas aledañas a su desprendimiento, por más de 30 minutos.

1. Identificación de riesgos:

Un aspecto importante en la preparación de un programa para la prevención de accidentes es la identificación de riesgos. Al respecto, la Legislación Mexicana ha instrumentado el Procedimiento de Evaluación de Riesgo Ambiental en donde el primer paso consiste en determinar que el responsable de la obra o actividad de que se trate o el generador de los residuos peligrosos debe elaborar un estudio de riesgo de dicha obra o actividad.

El estudio de riesgo es un documento mediante el cual el promovente da a conocer a la autoridad competente los aspectos relativos a la obra o actividad de que se trate. El documento considera , entre otros aspectos, los siguientes: un apartado con los datos de identificación del responsable de la obra y los aspectos jurídicos; un apartado donde se describe el medio natural y socioeconómico del sitio de ubicación; la descripción de las actividades que involucra la construcción y la infraestructura proyectada; un capítulo con la descripción de las sustancias involucradas, la identificación y jerarquización de riesgos y un capítulo con las conclusiones sobre la situación en materia de seguridad de la obra y las recomendaciones para mejorar sus aspectos de seguridad.

El estudio de riesgo puede ser elaborado en cualquiera de tres modalidades que maneja la autoridad ambiental: Informe Preliminar de Riesgo (IPR), Análisis de Riesgo (AR) y Análisis Detallado de Riesgo (ADR), las cuales van en orden de complejidad de acuerdo de las actividades o procesos que se van a analizar. Para la elaboración de cada modalidad se cuenta con una guía correspondiente. Es conveniente mencionar que además de las tres guías referidas de manera adicional se cuenta con una Guía Específica para la Elaboración de Estudios de Riesgo de Ductos Terrestres.

A. Informe Preliminar de Riesgo: tiene como objetivo el contar con la información suficiente para

identificar y evaluar las actividades riesgosas en cada una de las fases que comprende la obra o proyecto que, dadas sus características que 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 caso de accidente.

B. **Análisis de Riesgo:** representa el nivel donde se requiere de una información más precisa y extensa para el análisis y evaluación de obras o proyectos que se pueden catalogar como de riesgo moderado.

C. **Análisis Detallado de Riesgo:** es el nivel en el cual se requiere de toda la información detallada y con el apoyo de metodologías sofisticadas de análisis de riesgo ambiental para evaluar las posibles repercusiones que tendría una instalación de alto riesgo sobre su entorno.

Los alcances de un estudio de riesgo para ductos terrestres son equivalentes a los de un informe preliminar de riesgo.

Un apartado relevante en el desarrollo del estudio de riesgo es que se refiere a la identificación y jerarquización de riesgos. En este sentido es importante mencionar que el riesgo total que representa una instalación conjuga dos aspectos importantes:

A. El riesgo de la instalación: se deberá contar con una justificación y delimitaron del área de influencia, así como los alcances, argumentos y criterios utilizados para la delimitación del área de influencia.

Los factores físicos y geográficos que definen las características de riesgo de una zona dada, que son los siguientes:

- Climatología: trayectoria de ciclones, vientos de alta intensidad, precipitación de alta intensidad.
- Geología: características de sismicidad, tectónica, vulcanismo, mecánica de suelos.

- Topografía hidrológicas y oceanográficas: inundabilidad, erosión, cuerpos receptores/drenajes natural.

- Factores demográficos: distribución de población, grupos críticos de la población.

B. El riesgo intrínseco de la actividad. Un accidente ambiental puede originarse por alguna de las nueve causas que se presentan a continuación o por la combinación de varias de ellas, por lo cual se deberán analizar y determinar sus diferentes aspectos:

A. Problemas del sitio de ubicación: entre estos problemas destacan la exposición excesiva a riesgos naturales tales como tormentas eléctricas, huracanes, sismos, inundaciones; la exposición a riesgos severos de las plantas vecinas; deficiencias de servicios contra incendios y otras eventualidades en la localidad; clima severo con condiciones extremas de temperatura; problemas de viabilidad que impiden la adecuada atención de la emergencia.

B. Escaso espaciamiento interno y arreglo general inadecuado: congestionamiento de áreas de proceso y almacenamiento; falta de aislamiento en procesos de alta peligrosidad; falta de viabilidades internas; falta de espacio para mantenimiento y operaciones de emergencia; fuentes de ignición muy cercanas a materiales inflamables o explosivos; inadecuada clasificación de las áreas de la planta o establecimiento.

C. Estructuras fuera de especificaciones: falta de cumplimiento de los códigos y normas de construcción, instalaciones eléctricas, drenajes, etc.; Falta de elementos estructurales a prueba de fuego en zonas críticas; falta de muros de aislamiento a prueba de explosión en áreas de alto riesgo; inadecuado diseño del venteo de explosión.

D. Evaluación inadecuada de materiales: insuficiente evaluación de las características de los materiales involucrados; falta de control en la cantidad de los materiales en existencia; empaque y etiquetado impropio de los materiales; inventario incompleto o no actualizado de los materiales peligrosos.

E. Problemas del proceso químico: falta de información sobre variaciones de la presión y temperatura del proceso; reacciones laterales o subproductos peligrosos; inadecuada evaluación de las reacciones del proceso; falta de identificación de procesos sujetos a reacciones explosivas.

F. Problemas por movimiento de materiales: falta de controles para polvos peligrosos; problemas con tuberías, identificación inadecuada de productos peligrosos durante su transportación; problemas de carga y descarga en la planta o establecimiento.

G. Fallas operacionales: falta de descripciones detalladas y procedimientos de operación; programa de entrenamiento inadecuado; falta de supervisión; programas inadecuados de arranque y paro; programas de inspección y mantenimiento inadecuados; falta de planes de emergencia; inadecuado control de riesgos.

H. Fallas del equipo: errores de diseño; fallas por corrosión o erosión, fatiga de los materiales; fabricación defectuosa, inadecuados controles, excedencia por el proceso de las condiciones de diseño; programa de mantenimiento inadecuado; falta de instrumentos de seguridad en falla.

I. Falta de programas eficientes de seguridad: falta de soporte adecuado; falta de definición en la asignación de responsabilidades; plan de atención a emergencias inadecuado; insuficiente soporte material humano y contra incendios, falta de planes de emergencia; falta de coordinación entre los grupos involucrados en seguridad.

3. Metodología para la identificación de riesgos.

Para detectar los puntos críticos de riesgo se requiere utilizar procedimientos de análisis tales como listas de comprobaciones, árbol de fallas, what if...?, Hazard and operability (hazop), indice dow, indice mond, etc.

A. Listas de comprobaciones: se utilizan en instalaciones pequeñas de bajo riesgo o instalaciones con tecnología de reciente adquisición y muy conocida.

B. Arbol de fallas: es una metodología desarrollada originalmente en la industria nuclear y aeronáutica, cuya aplicación se ha extendido a la evaluación de los riesgos involucrados en las industrias de proceso.

Es un proceso de estimación basado en la ocurrencia de eventos que pueden causar daños al personal y las instalaciones de la fabrica o establecimiento, así como a la comunidad (fuera de los limites de propiedad). Parte de definiciones matemáticas de riesgo en función de su frecuencia probabilística, magnitud y costo, en términos de sus consecuencias económicas, a la salud, e incluso a los ecosistemas.

C. What if...? (que pasa si...?): Esta técnica no requiere de métodos cuantitativos especiales ni una planeación extensiva; utiliza información específica de un proceso o actividad para generar una serie de preguntas que son pertinentes durante el tiempo de vida de una instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación.

Consiste en definir tendencias, formular preguntas, desarrollar respuestas y evaluarlas, incluyendo la mas amplia gama de consecuencias posibles.

D. Hazard and operability (hazop): consiste en la identificación de eventos indeseables a través del análisis de los mecanismos operativos de cada empresa, estimando la extensión, magnitud y probabilidad de los efectos. Implica la implementación de métodos cuantitativos sofisticados, aunque puede arrojar una incertidumbre considerable. Es un concepto de seguridad de procesos para protección de personal, instalaciones y comunidades.

Se usa en instalaciones de tecnología nueva o poco conocida, aunque tiene un gran flexibilidad para poder aplicarse tanto en operaciones técnicas como administrativas.

E. Indice dow: esta técnica 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 a los procesos industriales en sectores específicos identificando materiales, procesos y propiedades termodinámicas relevantes, requiriendo un diseño preciso de la unidad industrial analizada, diagramas de flujo del proceso, información económica de costos y beneficios, formatos sistematizados de reporte.

F. Índice 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. Permite 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.

La magnitud de los riesgos identificados mediante la aplicación de cualquiera de las metodologías de análisis de riesgos antes mencionadas, se determina mediante el uso de modelos matemáticos computarizados de simulación de riesgos a partir de cuyos valores podemos predecir las posibles afectaciones por la ocurrencia de un accidente.

De esta manera puede llegar a determinarse la amplitud del daño posible que puede causar un accidente en una actividad que maneje sustancias peligrosas con propiedades intrínsecas de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, radiactividad y de acción biológica, las cuales se almacenan, transportan o procesan, en las actividades industriales, comerciales y de servicios, ya sea como materias primas, productos, subproductos o residuos.

4. MODELOS COMPUTARIZADOS DE SIMULACION DE RIESGOS

Una vez que se cuenta con la identificación de todos los riesgos más probables de ocurrencia, se jerarquizan haciendo uso de modelos matemáticos computarizados, de los cuales existe una gran diversidad en el mercado. Estos modelos toman en cuenta las propiedades fisicoquímicas de las sustancias, la cantidad de material fugado o derramado y los valores

siguientes:

Nubes Tóxicas:

IDLH (Daño Inmediato a la vida o la Salud)

TLV (Límite permisibles para jornadas de trabajo, 15 minutos, 8 horas)

Nubes Inflamables o Explosivas:

LEL (Límite Superior de Inflamabilidad/Explosividad)

UEL (Límite Inferior de Inflamabilidad/Explosividad)

De acuerdo con los resultados obtenidos de la simulación de riesgos la autoridad ambiental podrá determinar la zona de riesgo y la zona de amortiguamiento de la obra o actividad:

La zona de amortiguamiento se conoce como aquella área que queda comprendida dentro de la onda de sobrepresión de 0.5 lb/pulg^2 para el caso de la formación de nubes explosivas, o bien la zona donde se alcanzarían valores de 5 kw/m^2 para el caso de nubes inflamables; mientras que para el caso de nubes tóxicas representará el valor de TLV

La zona de riesgo es aquella en que la onda de sobrepresión es mayor de 0.5 lb/pulg^2 el valor de radiación es mayor que 5 kw/m^2 para nubes explosivas e inflamables respectivamente, o bien la zona donde se presente el valor de IDLH para el caso de nubes tóxicas.

VI. CRITERIOS GENERALES DE UN PLAN DE ATENCION A EMERGENCIAS Y CONTINGENCIAS.

El plan de prevención y atención de contingencias 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 o establecimiento sin representar ningún riesgo para el exterior, o bien puede ser de tal magnitud que pudiera rebasarlo, afectando a la población aledaña, sus bienes y los ecosistemas de la región.

Con base en lo anterior se deben de considerar dos niveles de atención: el nivel 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 criterios de referencia los posibles efectos de un accidente causado por las actividades de producción, almacenamiento,

carga, descarga, transporte, uso, procesamiento o disposición final de los residuos peligrosos

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 estos se produzcan, controlar sus efectos y evitar que adquieran proporciones de un accidente mayor.

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 emergencia. También incluye todos los aspectos relacionados con el combate y control de la contingencia, así como la mitigación de sus efectos.

La etapa de retomo/recuperación se relaciona con todos los aspectos de inspección, 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 saneamiento ambiental.

La evaluación de los accidentes debe dar origen a un informe en el que se indiquen:

- a. los riesgos que pueden conducir a los peores acontecimientos eventuales
- B. La ruta de esos acontecimientos peores
- C. El tiempo necesario para reducir la importancia de los acontecimientos
- D. La magnitud de los acontecimientos de menor importancia
- E. La probabilidad relativa de los acontecimientos
- F. Las posibles consecuencias de cada acontecimiento.

El plan de prevención y atención a emergencias es aplicable a los establecimientos (industriales comerciales y de servicio), en los que existan residuos peligrosos que puedan poner en peligro la vida o la salud del hombre o afectar los ecosistemas en su zona de influencia.

La planta o establecimiento es la responsable de elaborar el plan de emergencias considerando los niveles interno y externo. En dicho plan se deberán considerar los aspectos de prevención, mitigación y atención de la emergencia, así como los requisitos de normatividad aplicable y los relativos a información al público. El informe debe incluir toda la información que sirvió de sustento para la elaboración del estudio.

Los datos de información que deberán incluirse en los planes de emergencia son los siguientes:

I. Plan de emergencia nivel interno

Este plan debe ser concebido específicamente para el emplazamiento. En emplazamientos muy sencillos, el plan puede consistir simplemente en tener en estado de disponibilidad permanente a todo el personal y recurrir a él en casos de que se presente la emergencia.

En los emplazamientos grandes y dedicados a múltiples procesos, el plan puede resultar un documento esencial que ha de incluir los siguientes elementos:

1. Nombramiento del personal y definición de sus deberes: nombres o puestos de personas autorizadas para poner en marcha procedimientos de emergencia y persona responsable de coordinar las medidas de evacuación del establecimiento.

Es conveniente definir el nombre o puesto de la persona responsable de la coordinación con la autoridad responsable del plan de emergencia externo, quien puede llevar a cabo entre otras las siguientes actividades:

- Decidir si es necesario aplicar el plan de emergencia

nivel externo.

- Dirigir todas las operaciones fuera de la instalación.
- Dirigir el cierre de la instalación y su evacuación.
- Vigilar que las víctimas reciban atención.
- Otros.

Asimismo, resulta practico nombrar un responsable de supervisar las actividades destinadas a controlar el accidente, al cual se le asignaran las siguientes funciones:

- a. Evaluar la magnitud del accidente, con respecto a los servicios de emergencia.
- b. Iniciar los procedimientos de atención a la emergencia.
- c. Dirigir las operaciones de rescate y lucha contra incendios, de ser necesario hasta que lleguen los bomberos.
- d. Coordinar la búsqueda de las víctimas.
- e. Establecer un centro de comunicaciones con el centro de control de la situación de emergencia.
- f. Prestar asesoramiento y facilitar la información necesaria a los servicios de urgencia.
- c. Describir las medidas que deberán adoptarse para controlar la eventualidad y limitar sus consecuencias, incluyendo una descripción del equipo de seguridad y de los recursos disponibles.
- d. Las medidas para limitar los riesgos in situ para las personas, incluyendo el modo de dar la

alarma y las medidas que se espera que adopten las personas una vez que se reciba la advertencia.

2. Mecanismo de alarma y comunicación: la comunicación es un elemento fundamental para hacer frente a una situación de emergencia.

Los sistemas de alarma varían y dependen de la dimensión de los lugares de trabajo. Debe haber un número adecuado de puntos desde los que sea posible dar la alarma de modo directo, activando una señal audible, o indirecto, por medio de una señal o mensaje enviado a un emplazamiento permanentemente dotado de personal.

Se debe disponer de un sistema seguro para informar a los servicios de urgencia tan pronto como se de la alarma en el lugar. En algunos casos es aconsejable disponer de una línea directa con los bomberos.

3. Establecer un centro de control de la emergencia: este centro de control de la emergencia es el lugar desde el que se dirigen y coordinan las operaciones para hacer frente a la emergencia. En instalaciones sencillas, el centro de control puede ser una oficina designada para el caso de que se produzca una emergencia. El centro debe estar equipado para recibir y transmitir información tanto al interior como al exterior de las instalaciones.

Es recomendable que un centro de control cuente con el siguiente equipo:

_ Un número suficiente de teléfonos (externos e internos).

- Equipo de radio

- Material de oficina.

- Una lista de los empleados nominales.

- Una lista del personal esencial de atención a la emergencia.

- Un plano de la instalación que muestre: zonas de depósito de materiales peligrosos, las fuentes del equipo de seguridad, sistemas contra incendio y fuentes de agua, accesos al lugar, puntos de reunión el emplazamiento con respecto al entorno.

4. Medidas que se han de adoptar en el lugar:

- Medidas de formación del personal en las tareas asignadas y, en su caso, de coordinación con los servicios de emergencias exteriores.

- Medidas para prestar asistencia a las operaciones fuera del emplazamiento.

- Evacuación: el personal no esencial deberá evacuarse del lugar del accidente y de las zonas adyacentes. La evacuación debe dirigirse a un punto predeterminado de reunión. Los puntos de reunión deben de tomar en cuenta la dirección del viento y los cambios de dirección posibles. Deberá haber un encargado de anotar a todas las personas evacuadas y de transmitir la lista al centro de control de la emergencia.

- Rehabilitación: la situación de la emergencia continuara hasta que se hayan extinguido todos los posibles incendios y no haya riesgo de nueva inflamación o, en cuanto a los escapes de gas se refiere, cuando el escape se haya detenido y la nube de gas se haya dispersado sin peligro.

5. Simulacros de emergencia: una vez que ha quedado terminado el plan de prevención y atención de emergencias, se debe dar a conocer a todo el personal para que cada empleado sepa su función en caso de que se produjera una emergencia. Es esencial poner a prueba el plan con regularidad, porque solo por medio de esos ensayos se advertirán sus efectos.

II. Plan de emergencia nivel externo: la elaboración de este plan deberá basarse en los accidentes que puedan tener repercusiones fuera de los límites de propiedad de la negociación.

El plan detallado de nivel externo debe fundarse en los accidentes con mayor probabilidad de ocurrencia, pero también deben tomarse en consideración otros acontecimientos menos probables que podrían tener consecuencias graves. Los accidentes con consecuencias muy graves pero muy poco probables entrarán en esta categoría, aunque existen algunos accidentes que son tan improbables que no sería razonable examinarlos en detalle en el plan.

En las siguientes líneas se describirán las funciones de las diversas personas que participan en un plan de prevención y atención a emergencias en su nivel externo. Como en el caso de nivel interno, hará falta un centro de control de emergencia desde el cual se tendrá la coordinación del evento.

1. Aspectos de un plan de emergencias nivel externo

A. Organización: es necesario hacer una descripción de la organización para la prevención y atención de accidentes en la que participara la empresa como coordinadora de todas las actividades relacionadas con el nivel externo.

Se requerirá detallar la estructura del órgano de dirección, sistemas de alarma, procedimientos de aplicación, centros de control de emergencia. Nombres de los organismos e instituciones y representantes de la comunidad involucrados, convenios establecidos con empresas vecinas.

B. Comunicación y alarma: sistema de comunicación y alarma para situaciones de emergencia, incluyendo los correspondientes canales de comunicación, claves, señales y mensajes estandarizados.

Determinación del personal responsable, centro de comunicaciones, señales de llamada, red, listas de números de teléfonos.

C. Equipo de emergencia especializado: descripción de manera general el alcance y uso del equipo para su posible aplicación en el exterior de la planta.

Detalles de la disponibilidad y ubicación de los aparatos elevadores de cargas pesadas, tractores

niveladores, equipo contra incendios especificado.

D. De las empresas circunvecinas y el comité de ayuda mutua: inventario de empresas circunvecinas señalando cuales participan en un programa de ayuda mutua; los equipos y servicios con que cuentan para su posible uso en el exterior.

Indicar los procedimientos de respuesta a emergencias, incluyendo el equipo utilizado; las acciones de alarma, comunicación, control y retorno/recuperación.

E. Conocimientos especializados: detalles de los órganos, empresas y personas especializados a quienes podrá resultar necesario llamar, por ejemplo entidades o expertos con conocimientos químicos especiales, laboratorios para analizar muestras, etc.

F. Información química: detalles sobre las sustancias peligrosas y resumen de los riesgos que entrañan.

G. Información meteorológica: dispositivos para obtener detalles de las condiciones climatológicas imperantes en el momento y previsiones meteorológicas.

H. Información publica: disposiciones adoptadas para tratar con los medios de comunicación y para proporcionar información a los familiares.

I. Evaluación: disposiciones relativas a: 1) la recopilación de información sobre las causas de la emergencia y, 2) el examen de la eficiencia y la eficacia de todos los aspectos del plan de emergencias.

2. Evacuación: en numerosos casos hará falta adoptar una rápida decisión sobre la necesidad de evacuar a las personas que viven dentro de la zona a que se extiende el accidente. El examen de la conveniencia de la evacuación debe incluir los factores siguientes:

A. Si se trata de un incendio grave, pero sin riesgo de explosión probablemente bastara con

evacuar las casas que están cerca del incendio, aun cuando el riesgo por el humo puede exigir que esta decisión se revise con periodicidad.

B. Si un incendio se extiende y llega a amenazar un almacén de materiales peligrosos, podría resultar necesario evacuar a las personas que viven cerca, pero solo si hay tiempo para ello; si no se cuenta con tiempo suficiente, debe aconsejarse a las personas que permanezcan en su casa y que se pongan al abrigo del incendio. Este ultimo caso se aplica en particular si la instalación que corre peligro puede producir una bola de fuego con efecto de radiación térmica muy grave (por ejemplo, almacenamiento de gas licuado de petróleo).

C. Con respecto a los escapes o escapes potenciales de materiales tóxicos, puede resultar oportuna una evacuación limitada a favor del viento, si hay tiempo para ello. La decisión dependerá en parte del tipo de viviendas en peligro. Las viviendas tradicionales o las construcciones sólidas con ventanas cerradas ofrecen una protección considerable contra los efectos de una nube tóxica. Las casas precarias ofrecen una protección escasa o nula.

D. Deberá detallarse el procedimiento de evacuación indicando los medios de notificación a la población y el personal, transporte disponible, control de trafico, control de accesos, rutas de evacuación, centros de conten y refugio, voceros, entre la información mas relevante a considerar.

3. Coordinación de emergencia: todos los servicios de emergencia deberán ser conducidos por un coordinador el cual puede ser un funcionario de la policía o bien un funcionario superior del cuerpo de bomberos de acuerdo con las circunstancias.

Entre las funciones del coordinador se cuenta el establecer un enlace estrecho con el supervisor del establecimiento. Dependiendo de las disposiciones locales el control externo puede pasar a manos de las autoridades locales o incluso de un administrador nombrado por el gobierno central o estatal.

4. Funciones y responsabilidades de la administración de las instalaciones peligrosas: identificar y jerarquizar los peligros en sus instalaciones desde su instalación o su readecuación, para establecer medidas para evitarlos, reducirlos o minimizarlos.

Establecer un vínculo con quienes están preparando la planificación de la emergencia y proporcionar la información apropiada para elaborar los planes.

Las direcciones de las fabricas deben proporcionar asesoramiento a todas las organizaciones externas que puedan participar en el manejo de la situación de emergencia fuera de las instalaciones y que tendrán necesidad de haberse familiarizado previamente con algunos de los aspectos técnicos de las actividades, por ejemplo los servicios de urgencia, los departamentos médicos y otros.

5. Funciones de las autoridades locales: generalmente se asigna a un funcionario superior de la policía el control total de la emergencia. Entre los deberes oficiales de la policía durante una situación de emergencia, se pueden mencionar el control de la vida y los bienes y el control del tráfico. Otras funciones incluyen el control de los espectadores, la evaluación del público, la identificación de los muertos y el tratamiento de los heridos, así como la información a los familiares de las personas fallecidas o lesionadas.

El combate contra incendios se asigna a un funcionario superior del cuerpo de bomberos, aunque la mayoría de las veces también es el encargado de combatir otro tipo de accidentes como las explosiones o los escapes de sustancias tóxicas. Es aconsejable que las brigadas de bomberos estén familiarizados con aspectos tales como el emplazamiento de la actividad, los almacenes de materiales peligrosos, los puntos de abastecimiento de agua y espuma y el equipo de lucha contra incendios.

Las autoridades sanitarias tienen una función esencial que desempeñar en el combate a una emergencia: por una parte, se deberá atender las lesiones que sean provocadas por efectos de la radiación térmica en diversos grados. En cuanto a los escapes importantes de sustancias tóxicas se refiere, sus efectos variaran según la sustancia química de que se trate, por lo que es

conveniente conocer el tratamiento adecuado de las posibles lesiones.

6. Ensayos y ejercicios en la planificación de la emergencia. La experiencia acumulada en la industria de productos químicos con la planificación de emergencias muestra la necesidad y el valor de los ensayos de procedimientos de emergencia.

En esta etapa se deberá poner a prueba todas las disposiciones para la emergencia en los niveles interno y externo de manera conjunta.

Un componente esencial de cualquier ensayo es que ponga plenamente a prueba los diversos vínculos de comunicación necesarios para reunir la información requerida en una coordinación general, por ejemplo entre la fabrica o establecimiento y los servicios de emergencia y entre el centro de supervisión de la emergencia de la fabrica o establecimiento y el lugar del accidente.



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

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO INTERNACIONAL
EN PLANEACION AMBIENTAL

1996

Módulo IV. Riesgo Ambiental

**MARCO CONSTITUCIONAL, LEGAL Y
REGLAMENTARIO EN MATERIA DE RIESGO
AMBIENTAL**

Del 14 al 18 de octubre de 1996

PALACIO DE MINERÍA
1996

FUNDAMENTO CONSTITUCIONAL.

1. Artículo 4o., párrafo cuarto.

"Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución."

2. Artículo 25, párrafo sexto.

"Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente."

3. Artículo 27, párrafo tercero.

"La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana."

FUNDAMENTO CONSTITUCIONAL.

(Continuación)

3. Artículo 27, párrafo tercero (continuación).

"En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico;..."

"... y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad."

FUNDAMENTO CONSTITUCIONAL

(CONTINUACIÓN)

4. Artículo 73, fracción XVI.

El Congreso tiene facultad:

Para dictar leyes sobre nacionalidad, condición jurídica de los extranjeros, ciudadanía, naturalización, colonización, emigración e inmigración y salubridad general de la república

1a. El Consejo de Salubridad General dependerá directamente del Presidente de la República, sin intervención de ninguna Secretaría de Estado, y sus disposiciones generales serán obligatorias en el país.

2a. En caso de epidemias de carácter grave o peligro de invasión de enfermedades exóticas en el país, el Departamento de Salubridad tendrá obligación de dictar inmediatamente las medidas preventivas indispensables, a reserva de ser después sancionadas por el Presidente de la República.

3a. La autoridad sanitaria será ejecutiva y sus disposiciones serán obedecidas por las autoridades administrativas del país.

4a. Las medidas que el Consejo haya puesto en vigor en la campaña contra el alcoholismo y la venta de sustancias que envenenan al individuo o degeneran la especie humana, así como las adoptadas para prevenir y combatir la contaminación ambiental, serán después revisadas por el Congreso de la de la Unión, en los casos que le competan.

FUNDAMENTO CONSTITUCIONAL

(CONTINUACIÓN)

5. Artículo 73, fracción XXIX-G.

"Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico;"

6. Artículo 115, fracción V.

"Los Municipios, en los términos de las leyes federales y estatales relativas, estarán facultados para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal; participar en la creación y administración de sus reservas territoriales; controlar y vigilar la utilización del suelo en sus jurisdicciones territoriales; intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana; otorgar licencias y permisos para construcciones, y participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas. Para tal efecto y de conformidad a los fines señalados en el párrafo tercero del artículo 27 de esta Constitución, expedirán los reglamentos y disposiciones administrativas que fueren necesarios;"

7. Artículo 122, Apartado C, Base Primera, frac. V.

La Asamblea Legislativa, en los términos del Estatuto de Gobierno, tendrá las siguientes facultades:

inciso y) Normar la protección civil;... ..la salud y asistencia social;...

inciso j) Legislar en materia de... ..preservación del medio ambiente y protección ecológica;...

JERARQUÍA DE LAS LEYES.

Jerarquía de la leyes.I. (Art. 133 constitucional).

Son Ley Suprema de toda la Unión.

- a) La Constitución;
- b) Las leyes constitucionales, generales o reglamentarias dictadas por el Congreso de la Unión que **emanen** de la Constitución, es decir, **reglamentarias** de ella, y
- c) Los **tratados "internacionales"** que estén de **acuerdo** con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con **aprobación** del Senado.

Jerarquía de las leyes.II.

La Constitución

Las leyes generales

Los Tratados Int.

Fuero federal

Fuero estatal

- a) leyes federales ordinarias
- b) reglamentos de las leyes federales, expedidos por el Presidente, y
- c) otras.

- a) constitución local;
- b) leyes reglamentarias de la C. local;
- c) leyes locales ordinarias;
- d) reglamentos de las leyes locales,
- e) otras.

y

CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

"... **Preservación**: El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales;..."(art. 3o. frac. XXI. de la Ley).

"... **Prevención**: El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente;..." (art. 3o. frac. XXII. de la Ley).

"... **Protección**: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y prevenir y controlar su deterioro;..." (art. 3o. frac. XXIII. de la Ley).

Manifestación de impacto ambiental: documento mediante el cual se dá a conocer, con base en estudios el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. (art. 3o. frac. XVII, Ley).

Estudio de riesgo: documento que contiene los riesgos que las obras o actividades representan para el equilibrio ecológico o 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. (art. 3o. frac II. del Regl. Imp. Amb.).

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO.

En cuanto a la Autoridad Competente:

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

Art. 32 Bis. A la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca corresponde el despacho de los siguientes asuntos:

frac. XI. “ Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten los sectores público, social y privado; resolver sobre los **estudios de riesgo ambiental**, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica;...”

Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Del Instituto Nacional de Ecología.

Art. 54. “...El Instituto Nacional de Ecología tendrá las siguientes atribuciones:...”

frac. VIII. “...Formular y conducir la política general en materia de residuos peligrosos y **riesgo ambiental**, así como promover ante las autoridades competentes el establecimiento de políticas generales aplicables en materia de residuos urbanos, municipales, e industriales no peligrosos;...”

frac. XII. “Evaluar, dictaminar y resolver sobre los estudios de riesgos ambientales que presenten los responsables de la realización de actividades altamente riesgosas en establecimientos de operación, así como dictaminar los programas de contingencia ambiental;...”

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO

(CONTINUACIÓN)

Art. 59. “...La Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas tendrá las siguientes atribuciones:

frac. I. “...Elaborar, conjuntamente con las dependencias y entidades competentes de la Administración Pública Federal, los listados de actividades altamente riesgosas;...”

frac. III. “ Evaluar, dictaminar y resolver sobre los estudios de riesgo ambiental que presenten los responsables de la realización de actividades altamente riesgosas;...”

Art. 60. “...La Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental tendrá las siguientes atribuciones:

frac. IV. “...Evaluar y resolver, con el dictamen técnico que formulen las unidades administrativas competentes del Instituto, los informes preventivos y las manifestaciones de impacto ambiental que se presenten sobre la realización de obras o actividades públicas o privadas que sean de su competencia, de acuerdo con la normatividad aplicable;...”

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO (CONTINUACIÓN)

En cuanto al Sustento de contenido.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

El Riesgo Ambiental puede presentarse:

Art. 28. Por "...La realización de obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos o normas técnicas ecológicas..."
(normas oficiales mexicanas).

Art. 145. Por 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, y en estos casos, la Secretaría promoverá que en la determinación de los usos del suelo, se especifiquen las zonas en las que se permitan. (fracciones I a VI).

Art. 147. Por la existencia, de establecimientos en los que se realicen actividades consideradas altamente riesgosas. (art. 147 de la Ley).

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO (CONTINUACIÓN)

Qué contienen los Estudios de Riesgo.

Los riesgos que las obras o actividades representan para el equilibrio ecológico o el ambiente, y

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. (art. 3o. frac II. del Regl. Imp. Amb.).

Distribución de competencias.

Competencia federal: Art. 5o., fracs. II. y X.

II. "...La formulación de los criterios ecológicos generales que deberán observarse en la aplicación de los instrumentos de la política ecológica, ... para la prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo;..."

X. "... La regulación de actividades que deban considerarse altamente riesgosas, según ésta y otras leyes y sus disposiciones reglamentarias, por la magnitud o gravedad de los efectos que puedan generar en el equilibrio ecológico o el ambiente;..."

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO (CONTINUACIÓN)

Art. 8o., frac. IX.

"...Evaluar el **impacto ambiental** en las actividades a que se refieren los artículos 28 y 29 de esta Ley;..."

Art. 29. compete a la Semarnap, evaluar el impacto ambiental, en las siguientes materias:

frac. I. Obra pública federal;

fracs, II. a VII

Competencia estatal y municipal.

Art. 6o.

frac. IV. "... La regulación de las actividades que no sean consideradas **altamente riesgosas**, cuando por los efectos que puedan generar, se afecten ecosistemas o el ambiente de una entidad federativa o del municipio correspondiente;..." .

Art. 32. "...Corresponde a las entidades federativas y a los municipios evaluar el **impacto ambiental** en materias no comprendidas en el artículo 29 de este ordenamiento, ni reservadas a la Federación en ésta u otras leyes."

Art. 148. "...Las entidades federativas y los municipios regularán la realización de actividades que nosean consideradas altamente riesgosas, cuando éstas afecten al equilibrio de los ecosistemas o al ambiente de la entidad federativa en general, o del municipio correspondiente."

Competencia municipal.

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO

(CONTINUACIÓN)

Art. 149. "...corresponderá a los municipios, cuando en la realización de las actividades no consideradas altamente riesgosas se generen residuos que sean vertidos a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población o integrados a la basura; así como cuando se trate de actividades relacionadas con residuos no peligrosos generados en servicios públicos cuya regulación o manejo correspondan a los propios municipios o se relacionen con dichos servicios."

En el territorio del Distrito Federal:

Art. 9o., A) Corresponde a la Semarnap:

frac. XII "...Evaluar el **impacto ambiental** en la realización de obras o actividades públicas o privadas a que se refieren los artículos 28 y 29 de esta Ley, que pueden afectar o deteriorar significativamente el equilibrio ecológico, de conformidad con las disposiciones de esta Ley, y vigilar su observancia.

Art. 9o., B) Corresponde al Distrito Federal:

frac. XV "...Evaluar el **impacto ambiental** en la realización de obras o actividades públicas o privadas, que pueden afectar o deteriorar significativamente el equilibrio ecológico, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 28 de esta Ley, en las materias no comprendidas en el artículo 29 del presente ordenamiento y vigilar su observancia.

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO (CONTINUACIÓN)

El riesgo ambiental, en cuanto a la manifestación.

Además de reunir todos los requisitos del estudio de riesgo, deberá satisfacer los requisitos que imponga la autoridad para la ejecución de la obra o la realización de la actividad. (arts. 28, 32, 33 y 34 de la Ley).

El riesgo ambiental, en cuanto a los usos de suelo

Deberán especificarse las zonas en que puedan establecerse industrias, comercios o servicios considerados riesgosos, por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente. (art. 145 de la Ley).

El riesgo ambiental en cuanto a establecimientos que ya estén funcionando y que realicen actividades consideradas altamente riesgosas.

Deberán incorporarse los equipos y las instalaciones respectivos, con arreglo a las normas. (art. 147 de la Ley).

Elaborarán, actualizarán y someterán a la aprobación de la autoridad (Semarnap, Energía, Salud y Trabajo), los programas para la prevención de accidentes. (art. 147 de la Ley).

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO LEGAL Y REGLAMENTARIO. (CONTINUACIÓN)

En cuanto al Procedimiento.

La Constitución Política.

Art. 14. "...Nadie podrá ser privado de la vida, de la libertad o de sus propiedades, posesiones o derechos, sino mediante juicio seguido ante los tribunales previamente establecidos, en el que se cumplan las formalidades esenciales del **procedimiento** y conforme a las leyes expedidas con anterioridad al hecho."

Art. 16, párrafo primero.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 16, párrafo primero, establece que "...Nadie puede ser molestado en su persona, familia, domicilio, papeles o posesiones, sino en virtud de **mandamiento escrito de la autoridad competente, que funde y motive** la causa legal del procedimiento."

Por tanto, el acto de la administración pública, debe:

- a) adoptar la forma **escrita**;
- b) emanar o ser dictado por **autoridad competente** o con facultades para ello;
- c) contener en el propio escrito, la cita de los **artículos** de la Constitución, de las leyes o de los reglamentos que sirven de fundamento para dictar el acto.
- d) la **motivación**, o sea, el conjunto de razonamientos que, en relación a las circunstancias, hechos, pruebas, conceptos y fundamentos de derecho existentes, sustentan el acto.

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO, LEGAL Y REGLAMANETARIO (CONTINUACIÓN)

Ley Federal de Procedimiento Administrativo

Campo y materias en que se aplica.

Art. 1. "...Las disposiciones de esta Ley son de orden e interés públicos, y se aplicarán a los actos, procedimientos y resoluciones de la Administración Pública Federal centralizada, sin perjuicio de lo dispuesto en los Tratados Internacionales de los que México sea parte."

Nota: este artículo, establece excepciones o materias en las que no se aplica la Ley, pero en materia de derecho ambiental, sí se aplica.

Supletoriedad.

Art. 2. "...Esta Ley se aplicará supletoriamente a las diversas leyes administrativas reguladas por la misma. El Código Federal de Procedimientos Civiles se aplicará, a su vez, supletoriamente a esta Ley en lo conducente."

Iniciación de un trámite.(arts 42 a 56 de la Ley).

El escrito podrá presentarse en las oficinas, en las oficinas de correos, mediante mensajería o por telefax, con excepción del escrito inicial de impugnación.

COMPETENCIA, SUSTENTO Y PROCEDIMIENTO, LEGAL Y REGLAMANETARIO (CONTINUACIÓN)

Características:

- * aclaración de actos en cualquier momento.
- * adopción de medidas provicionales, si están previstas.
- * disponer la acumulación.
- * respeto del orden de presentación.
- * los incidentes no suspenden trámites, pero se resuelven antes que el principal.
- * la autoridad puede actuar de oficio en relación al acto, allegarse pruebas o solicitar informes u opiniones.
- * se admiten toda clase de pruebas, excepto la confesional de las autoridades.
- * el desahogo de pruebas en un plazo máximo de quince días.
- * formulación de alegatos
- * resolución.



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

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO INTERNACIONAL
EN PLANEACION AMBIENTAL

1996

Módulo IV. Riesgo Ambiental

MITIGACIÓN DE ACCIDENTES

Del 14 al 18 de octubre de 1996

ING. FRANCISCO MANDUJANO ORTÍZ
PALACIO DE MINERÍA
1996

MITIGACIÓN DE ACCIDENTES

1 Introducción.

Es significativo que muchos de los accidentes químicos que han ocurrido en la década pasada han involucrado la emisión y transporte de vapores tóxicos inflamables hacia áreas pobladas o ambientalmente sensibles.

En esta sección del curso se presentan una variedad de métodos y mediciones que pueden emplearse para controlar el riesgo de las emisiones de vapores peligrosos.

El diagrama que a continuación se presenta implica la descarga de un material tóxico e inflamable desde un carrotanque de ferrocarril a un sitio de almacenamiento mediante una línea de descarga que tiene una conexión flexible y un sistema de bombeo del material hacia un reactor de fase líquida. En este ejemplo se asume que la sustancia trasvasada se convierte en otra menos peligrosa la cual se purifica a través del proceso corriente abajo.

1.2.- Peligros de las Emisiones Accidentales de Vapores Tóxicos

Normalmente, la integridad del equipo de proceso y de los materiales de proceso contenidos nos son un problema en las plantas químicas. Ocasionalmente, sin embargo, como resultado del uso y del desgaste, se fugan del equipo fluidos de proceso a lo que el personal de la planta responde mediante ajustes, mantenimiento o reparación. Los incidentes mayores ocurren con menor frecuencia. En estos casos la

respuesta es realizar una acción rápida para evitar la exposición del personal y del público. Se investiga el incidente y en algunos casos se modifican tanto el equipo como los procesos conforme sea necesario para evitar una recurrencia.

Los accidentes recientes han demostrado que las fugas mayores de fluidos inflamables o tóxicos pueden en algunos casos producir el daño o la pérdida a propiedades que en algunos casos son mayores que los costos de diseño, operación y prueba de los equipos.

1.3. Tipos de Nubes de Vapor

Tanto los gases y vapores emitidos desde un equipo como los vapores resultantes de la evaporación de nieblas o líquidos derramados pueden formar nubes de vapor conteniendo diversas propiedades tales como la inflamabilidad, toxicidad, visibilidad y olor. El término "vapor" se emplea en el consenso general para cualquier sustancia en el estado gaseoso. el término "nube" indica que los vapores están esencialmente confinados en la atmósfera, no dentro de un edificio o recinto.

1.3.1 Nubes de Vapores inflamables

son aquellas que involucran vapores de un material inflamable o combustible. Para poseer un peligro de inflamabilidad, la concentración de vapor deberá encontrarse cuando menos arriba del límite inferior de inflamabilidad. (Aunque en la teoría las concentraciones arriba del límite superior de inflamación no son técnicamente inflamables, en la práctica si se les considera debido a que la turbulencia del aire puede introducir suficiente cantidad de oxígeno y hacer la mezcla inflamable).

1.3.2. Nubes de Vapores Tóxicos

Son aquellas que involucran vapores de un material con propiedades tóxicas agudas, generalmente por inhalación.

1.3.3. Nubes de Vapores Tóxico-Inflamables

Diversas sustancias como el sulfuro de hidrógeno, el cianuro de hidrógeno, el metil isocianato y la acroleína son tanto inflamables como tóxicos. Esta combinación combina el peligro pero puede permitir una oportunidad para usar métodos únicos de mitigación, tales como la ignición deliberada del material liberado.

1.3.4 Otros Tipos de Nubes de Vapor

Además de las características antes mencionadas de toxicidad por inhalación e inflamabilidad, las nubes de vapores pueden tener otras características como el olor y la visibilidad que, aunque no siempre resultan de peligro per se, estas características pueden generar quejas de las áreas circundantes y convertir el lugar de trabajo en poco o nada agradable. La deriva de nubes densas de gases sobre las carreteras ha dado como resultado muchos percances con daños asociados. Las nubes de vapores de fluoruro de hidrógeno puede dar como resultado quemaduras en la piel; la absorción de algunas sustancias a través de la piel puede dar como resultado daños sistémicos. Algunos vapores pueden producir daños a propiedades como a la pintura de algunas superficies.

1.4 Formas de Emisión de Vapores.

La emisión de un material peligroso puede crear una nube cercana a la fuente y extenderse viento abajo (o pendiente abajo, para vapores densos y velocidades de viento bajas). La fracción de la sustancia emitida que forma una nube de vapor varía de acuerdo a las propiedades de la sustancia:

- Vapor No Condensable. Si una sustancia que tiene un punto de ebullición por debajo de la temperatura ambiental se emite en forma de vapor, la nube contendrá todo el material, diluido con aire.
- Vapor Condensable. Si una sustancia que tiene un punto de ebullición arriba de la temperatura ambiente se emite como un vapor, algo del vapor puede condensar. Algo del condensado puede caer de la nube (y evaporarse después) y el remanente puede permanecer en la nube como un aerosol o niebla.
- Flujo de dos Fases. Si un líquido destellante (p.e., un líquido almacenado o procesado arriba de su punto de ebullición) o una mezcla de dos fases, líquido-vapor se emite, la nube podrá contener gotas de líquido, aerosol o niebla además del vapor.
- Líquido No Destellante. Si un líquido se emite por debajo de la temperatura de su punto de ebullición, formando un derrame en el piso, la nube contendrá los vapores emitidos por el derrame, los cuales serán solamente una pequeña fracción de el total del derrame. Puede darse la formación de un aerosol si se trata de una liberación presurizada.

1.5 Causas de la Emisión

Casi todas las emisiones de vapores son causadas por la pérdida de su contención. Sin embargo, las nubes tóxicas pueden resultar de la emisión de materiales menos tóxicos (1) por la incineración de algunas sustancias o mezclas que den como resultado la generación de productos tóxicos de la combustión como la quema de sustancias orgánicas cloradas, produciendo cloruro de hidrógeno; y (2) por la reacción química de un material derramado con agua o cualquier otra sustancia común presente como la reacción del ácido clorosulfónico con la humedad del aire para producir una niebla de ácido sulfúrico/ácido clorhídrico. Las nubes tóxicas pueden formarse también por la evaporación de líquidos de baja volatilidad durante un incendio involucrando una mezcla de sustancias tóxicas con sustancias combustibles como la quema de una mezcla de PCB/aceite (con la posible formación de dioxinas).

Diversas fallas de los sistemas pueden dar como resultado la pérdida de contención de los materiales de proceso. Algunas pueden ser:

- sobrepresurización de un proceso o recipiente de almacenamiento debido a la pérdida del control de las sustancias reaccionantes o al calor externo adicionado;
- sobrellenado de un recipiente;
- apertura de una conexión durante la operación;
- fuga mayor en las juntas de las bombas, empaquetamiento de los vástagos de las válvulas, juntas de las bridas, etc;

- flujo de vapor en exceso dentro de un venteo o sistema de dispensa de vapor;
- ruptura del tubo en un intercambiador de calor;
- fractura de un reactor causando la repentina emisión de su contenido;
- ruptura de una tubería;
- drene inadvertido de una válvula o venteo.

Las causas de estos tipos de eventos de pérdida de contención pueden dividirse generalmente en cuatro categorías (1) rutas abiertas a la atmósfera, (2) imperfecciones en o deterioro de, integridad del equipo, (3) impacto externo, (4) desviaciones de las condiciones de diseño.

1.6 Posibles Consecuencias de la Emisión de Nubes de Vapor

Las consecuencias de la emisión accidental de nubes de vapor conteniendo gran severidad en términos de peligros agudos para la salud son: emisiones tóxicas, incendio y explosiones. Las consecuencias de cualquier situación particular dependerán de un número de factores entre los que se incluye la naturaleza y extensión de la nube, la situación física y ambiental durante la emisión y la ubicación de la gente con respecto a la emisión o al incendio.

1.6.1 Efectos Tóxicos

La consecuencia de la emisión de vapores tóxicos resulta de la concentración dispersada de los vapores, la toxicidad del material, la

duración de la exposición, la vulnerabilidad de la población expuesta y de la efectividad de las medidas de protección.

La severidad de las consecuencias de la emisión de un vapor tóxico es altamente dependiente de la dispersión de los vapores antes de alcanzar a las personas. La dispersión es una función de muchas variables: distancia, velocidad y dirección del viento, altura de la emisión, turbulencia atmosférica, radiación solar, rugosidad del terreno, densidad de vapor e interacción con , por ejemplo, humedad en el aire. Como ejemplos de los métodos para mitigar los efectos de una nube de vapores tóxicos se incluye la limitación de la cantidad de vapor liberada y/o la velocidad de liberación, reduciendo la evaporación de los derrames de líquidos mediante cubiertas, favoreciendo la dispersión del vapor liberado, dotando al personal de equipo de protección adecuado, realizando evacuaciones y dotando de tratamiento médico necesario.

1.6.2 Incendios

Las nubes de sustancias inflamables pueden dar como resultado incendios, flamazos o explosiones. La intensidad del incendio dependerá de la cantidad y velocidad de la emisión, del calor de combustión y de la luminosidad de la flama. La ignición inmediata de un "puf" o de un BLEVE dará como resultado una bola de fuego cuyo tamaño dependerá de la cantidad total de vapor inflamable liberado y del calor de combustión. La ignición retrasada producirá un flamazo. Estos peligros pueden mitigarse limitando la cantidad de material emitido (cantidad, duración), limitando la velocidad de la emisión, dispersando el vapor liberado y controlando las fuentes de ignición.

1 6.3 Explosiones

La ignición retrasada de una emisión continua o instantánea puede dar como resultado la explosión de una nube de vapor (UVCE). La magnitud de la explosión es función de la masa o cantidad de vapor inflamable en la nube, la extensión de la dilución, el grado de turbulencia y confinamiento y posiblemente la naturaleza y fuerza de la fuente de ignición.

Históricamente parece haber un límite inferior para cantidades de vapor que den como resultado una explosión. Para hidrocarburos ligeros por ejemplo el límite es 4630 kilogramos. Para etileno el tamaño mínimo de la nube puede ser tan pequeña como una tonelada. Mientras se debate si el confinamiento o la turbulencia son esenciales para el desarrollo de una nube de vapor explosiva, el trabajo experimental ha demostrado que el confinamiento parcial y la presencia de obstáculos incrementa la velocidad de la flama en la nube. La velocidad de la flama es una variable importante para determinar la velocidad del proceso de combustión, el cual deberá ser lo suficientemente rápido para el desarrollo de las ondas de sobrepresión en la nube explosiva.

Las mismas medidas de mitigación que se recomiendan para el caso de incendios se recomendarían para el caso de nubes explosivas. Deberá notarse que el centro de la explosión puede estar a distancia considerable de la ubicación de la fuente si los vapores viajan viento abajo antes de la ignición.

1.7 Medidas de Mitigación

Jerárquicamente, existen cuatro medidas:

Seguridad inherente Eliminar el peligro mediante la reducción de el inventario de sustancias peligrosas a niveles no peligrosos.

Reducción de Inventarios

Eliminar almacenamiento intermedio

Generando sustancias peligrosas solo en casos necesarios.

IDLH (Concentración mas alta a la cual un obrero sano puede exponerse durante 30 minutos y salir del área sin que existan daños permanentes a su salud.)

Sustitución Química

Sustitución de sustancias químicas por otras menos peligrosas ; Hipoclorito de Sodio en vez de Cloro gaseoso para clorar agua, Urea líquida en lugar de amoniaco gaseoso.

Modificación de Procesos

Consideraciones de la Ubicación

Diseños ingenieriles. Proveen tanto integridad de la planta como integridad del proceso (químico).

Integridad Física de la Planta

Prácticas de diseño

Doble Contención

Tubería de doble Pared

Efectos Sísmicos

Carga del Viento

Subsidiencia

Materiales de Construcción

Pruebas de los materiales durante la construcción

Integridad en el Proceso

Identificación de Reactivos y Solventes

Límites de las Condiciones de Operación

Sistemas de Control de Proceso

Válvulas de alivio de Sobre Presión

Detalles de Diseño del Proceso para Control de Emergencias

Sistemas de Tratamiento de Emergencias

Lavadores Activos

Lavadores Pasivos

Chimeneas

Post Quemadores

Tanques para Retención de dos Fases

Incineradores

Absorbedores

Adsorbedores

Condensadores

Sistemas de Aborto del Proceso

Aislamiento de Emergencia para Derrame/Ruptura

Elementos de Aislamiento

Aislamiento Remoto

Inspección y Prueba de los Elementos de Aislamiento

Transferencia de Emergencia de las Sustancias

Contención de Derrames

Doble Contenedor

Encapsulamiento y Paredes

Diques

Operación de los procesos. La mejora en las operaciones de los procesos redundará en oportunidades adicionales para evitar las emisiones de nubes de vapores peligrosos.

Políticas de operación y Procedimientos

Entrenamiento para la Prevención y Control de Fugas

Auditorías e Inspecciones

Pruebas de Equipos

Programas de Mantenimiento

Modificaciones y Cambios

Métodos para Detener un Derrame

Seguridad

Acciones de emergencia. Señalización, activación de contramedidas y los planes de contingencia para emergencias son parte de un acercamiento a la mitigación.

Detección Temprana de Vapores y Alertamiento

Tipos de Sensores

De Combustión

Catalíticos

Eléctricos

Por Reacción Química

Visuales

Absorción/Dispersión

Tiempos de Respuesta

Ubicación de los Sensores

Detección por el Personal

Propiedades Odoríferas

Color o Niebla

Sistemas de Alarma

Mitigación a Traves de Contramedidas

Fugas de Líquido/Vapor

Rociadores

Cortinas de Agua

Cortinas de Vapor

Cortinas de Aire

Ignición Deliberada

Control de la Fuente de Ignición

Contra medidas de Fuga de Líquidos

Dilución

Neutralización

Cubiertas

 Líquidas

 Espumas

 Sólidas

Evitar Factores que Agraven la Evaporación

Respuesta a Emergencias

Comunicaciones en el Lugar

Equipos de Corte ante Emergencias y sus Procedimientos

Evacuación del Lugar

Hermetismo

Escape de la Nube de Vapor

Equipo de Protección Especial

Tratamiento Médico

Planes, Procedimientos, Entrenamiento y Acciones en el Lugar

Alertamiento de las Autoridades y del Público

Sistemas de Alerta

Información que debe comunicarse

constante sino que decrece con respecto al tiempo. En muchos casos, el área directamente debajo de la esfera de fuego estará sujeta a un contacto suficiente en sus primeras etapas (flamazo) para causar la ignición de los combustibles comunes. El daño estructural a objetos no combustibles puede considerarse mínimo debido a que su efecto dura unos pocos segundos.

Una liberación continua de vapor con dispersión e ignición retardada puede dar como resultado un UVCE. La información histórica muestra que, para que ocurra una explosión, la nube debe ser grande (cuando menos 4536 kg de hidrocarburo deberá liberarse), la liberación del gas deberá ser de 15 kg/s o mayor y el retraso de la ignición, mayor a 30 segundos.

CATEGORIAS DE EVENTOS PROBABILISTICOS

Categoría	Evento	Años entre fallas	Probabilidad	Definición
1	raro	100 a 320	0.01 a 0.003	no esperado que ocurra durante el tiempo de vida
2	escaso	32 a 100	0.03 a 0.01	posibilidad remota de que ocurra durante el tiempo de vida de la planta
3	probable	10 a 32	0.1 a 0.03	esperado a que ocurra una vez durante el tiempo de vida de la planta
4	posible	3 a 10	0.3 a 0.1	esperado a que ocurra más de una vez durante el tiempo de vida de la planta
5	frecuente	1 a 3	1 a 0.3	esperado que ocurra más de una vez al año durante el tiempo de vida de la planta.

35
15
7
3
0





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

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO INTERNACIONAL
EN PLANEACION AMBIENTAL

1996

Módulo IV. Riesgo Ambiental

PRESENTACIÓN DE CASOS DE ESTUDIOS

Del 14 al 18 de octubre de 1996

PALACIO DE MINERÍA
1996

TALLER DE RIESGO AMBIENTAL. PRESENTACIÓN DE CASOS ESTUDIO

Material compilado por: Ing. Guillermo Javier Rivera Salazar

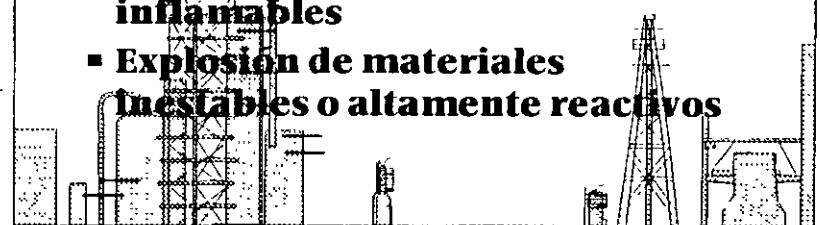
- 1 Introducción**
- 2 HAZOP o estudio del riesgo y la capacidad de funcionamiento**
- 3 Índice DOW**
- 4 Cálculo de nubes explosivas**

Riesgo asociado con el manejo y contención de sustancias peligrosas



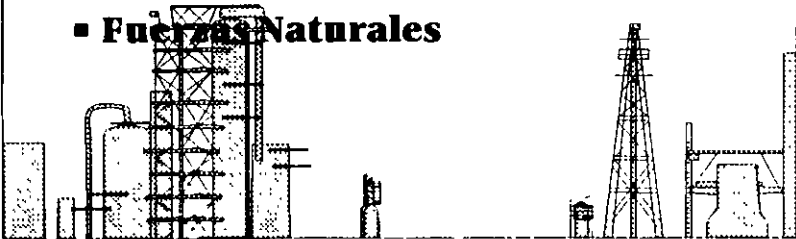
Tipos de accidentes más comunes

- Escape de gases tóxicos con formación de nube
- Fuga o derrame de materiales tóxicos
- Fuga o derrame de materiales inflamables
- Explosión de materiales inestables o altamente reactivos



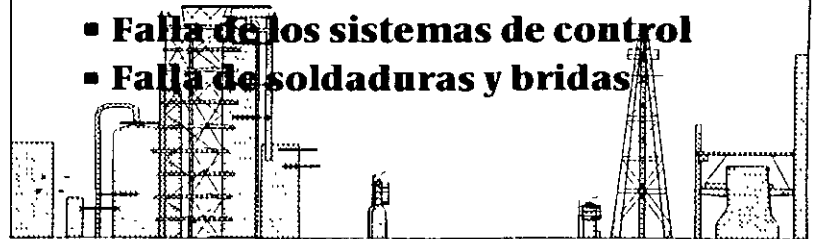
Causas de los riesgos industriales graves

- Falla de los componentes
- Desviación de las condiciones normales de funcionamiento
- Interferencias externas accidentales
- Fuerzas Naturales



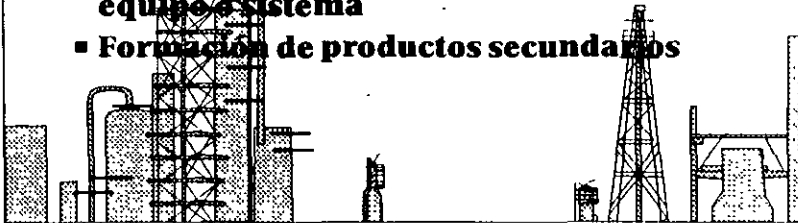
Falla de los componentes

- Diseño inadecuado
- Falla mecánica de recipientes o tuberías
- Falla de componentes, bombas, válvulas, etc
- Falla de los sistemas de control
- Falla de soldaduras y bridas



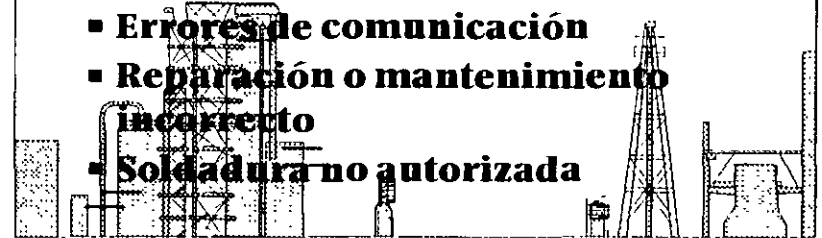
Desviación de las condiciones normales de operación

- **Falta de supervisión de los parámetros esenciales de proceso**
- **Falla en el suministro manual de compuestos químicos**
- **Falla en los servicios**
- **Deficiencias en el arranque o paro de un equipo o sistema**
- **Formación de productos secundarios**



Errores humanos y organizativos

- **Error del operario**
- **Sistemas de seguridad desconectados**
- **Incorrecta identificación de materiales**
- **Errores de comunicación**
- **Reparación o mantenimiento incorrecto**
- **Soldadura no autorizada**



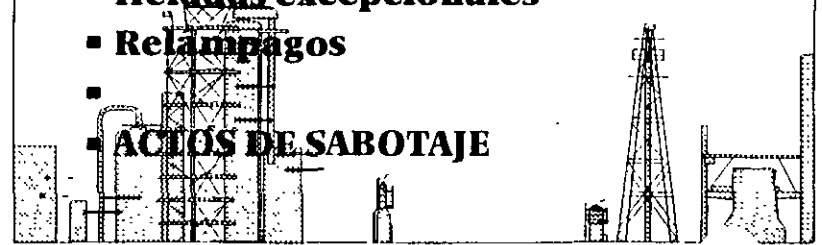
Interferencias externas accidentales

- **Plantas vecinas**
- **impactos mecánicos**
- **Transporte por carretera o ferrocarril**
- **Estaciones de carga de sustancias inflamables o explosivas**
- **Tráfico aéreo**



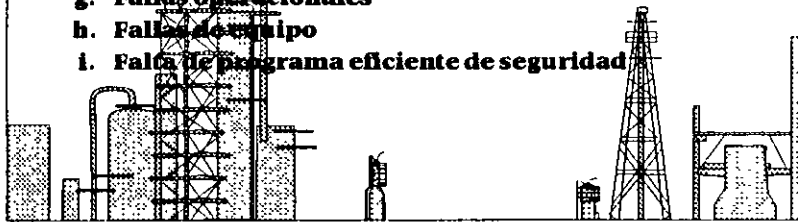
Fuerzas naturales

- **Viento**
- **Inundaciones**
- **Terremotos**
- **Asentamiento de terreno**
- **Heladas excepcionales**
- **Relámpagos**
- **ACTOS DE SABOTAJE**



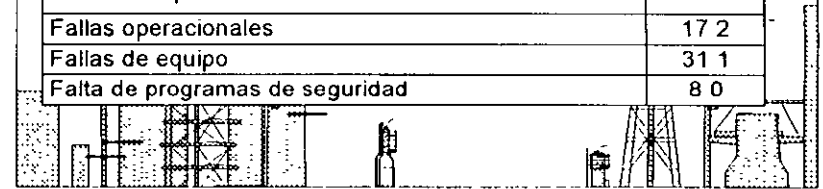
Causas del accidente ambiental en base a los factores de riesgo

- a. Problemas del sitio de ubicación de la planta
- b. Escaso espaciamiento interno y arreglo general inadecuado
- c. Estructuras fuera de especificaciones
- d. Evaluación inadecuada de los materiales
- e. Problemas del proceso químico
- f. Problemas por movimiento de materiales
- g. Fallas operacionales
- h. Fallas de equipo
- i. Falta de programa eficiente de seguridad



CAUSAS DE LOS ACCIDENTES AMBIENTALES

CAUSA	%
Problemas del sitio de ubicación	3.5
Inadecuado arreglo general	2.0
Estructuras fuera de especificaciones	3.0
Inadecuada evaluación de materiales	20.2
Problemas del proceso químico	10.6
Problemas por movimiento de materiales	4.4
Fallas operacionales	17.2
Fallas de equipo	31.1
Falta de programas de seguridad	8.0



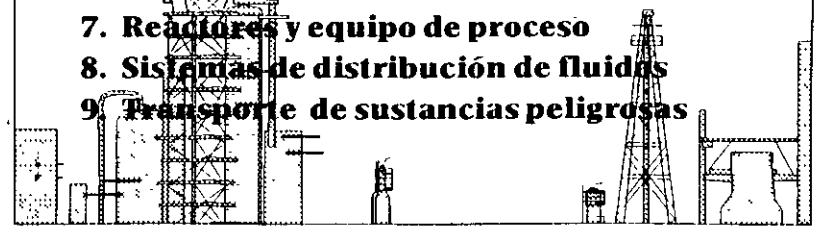
Consecuencias del accidente

- Daños y perjuicios al personal de planta
- Daños y perjuicios al personal externo
- Daños al equipo de proceso y estructuras
- Daños a los bienes de propiedad pública
- Impacto al medio ambiente
- Paro de producción
- Pérdidas de materiales
- Incremento a cuotas de seguros
- Afectación a la imagen de la empresa



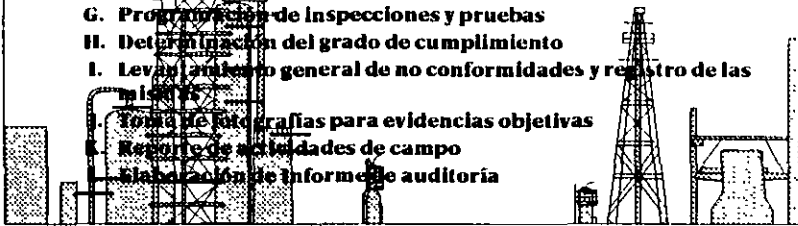
INSTALACIONES A AUDITAR EN MATERIA DE RIESGO

1. Almacenes
2. Laboratorios y Talleres
3. Tanques de almacenamiento
4. Recipientes sujetos a presión
5. Tanques y tubería bajo tierra
6. Calderas y calentadores
7. Reactores y equipo de proceso
8. Sistemas de distribución de fluidos
9. Transporte de sustancias peligrosas



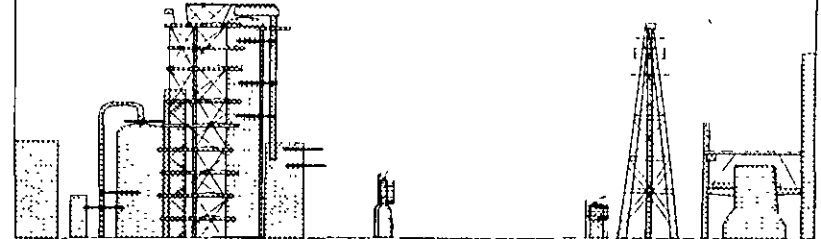
Procedimientos de ejecución

- A. Planeación de actividades
- B. Revisión de archivos y registros técnicos de diseño, construcción y operación
- C. Entrevistas adicionales con el personal de operación
- D. Revisión e inspección de áreas y procesos para verificación de condiciones de operación
- E. Detección, localización y descripción de puntos o áreas de riesgo
- F. Revisión de nuevos proyectos
- G. Programación de inspecciones y pruebas
- H. Determinación del grado de cumplimiento
- I. Levantamiento general de no conformidades y registro de las mismas
- J. Toma de fotografías para evidencias objetivas
- K. Reporte de actividades de campo
- L. Elaboración de informe de auditoría



Lista de fallas típicas en equipo de proceso

- Rupturas
- Fugas
- Taponamientos
- Falla al abrir/cerrar
- Falla para activarse/parar
- Pérdida de calor/enfriamiento
- líneas y recipientes
- Bombas, válvulas
- Válvulas
- Válvulas
- Bombas
- Intercambiadores, reactores



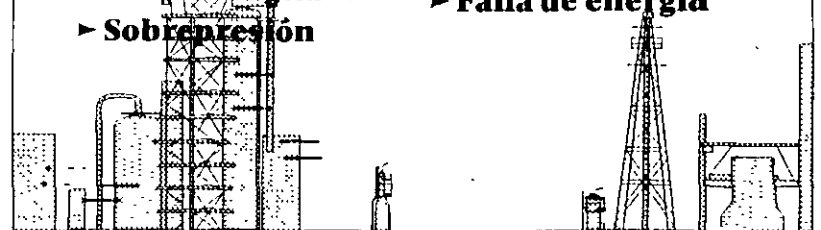
Ejemplos de fallas típicas en tuberías

- Corrosión interna
- Corrosión externa
- Erosión
- Ataque químico
- Fisura
- Impacto externo
- Vibración
- Sobrepresión
- Soldadura pobre
- Ensuciamiento
- Golpe de ariete
- Incrustación



Fallas típicas en equipo de proceso

- Fisura
- Falla de Sello
- Fuga en brida (conexiones)
- Falla del agitador
- Sobrepresión
- Válvulas
- ▶ Fuga en brida
- ▶ Fuga en empaque
- ▶ Ensuciamiento
- ▶ Daño en el vástago
- ▶ Falla de energía



Fallas típicas en equipo de proceso

■ BOMBAS

- ▶ Fuga en el sello
- ▶ Fuga en prensaestopas
- ▶ Falla en el cojinete
- ▶ Cavitación
- ▶ Falla en las juntas
- ▶ Impulsor desbalanceado
- ▶ Congelamiento
- ▶ Desbocamiento

■ COMPRESORES

- ▶ Fuga en el sello
- ▶ Sobrepresión
- ▶ Pérdida de energía
- ▶ Explosión
- ▶ Sobrevelocidad
- ▶ Sobrecalentamiento
- ▶ Congelamiento
- ▶ Desbocamiento

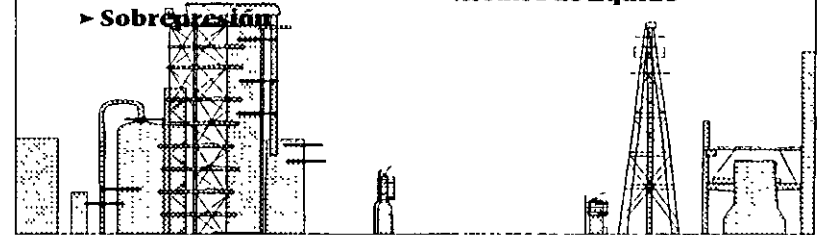
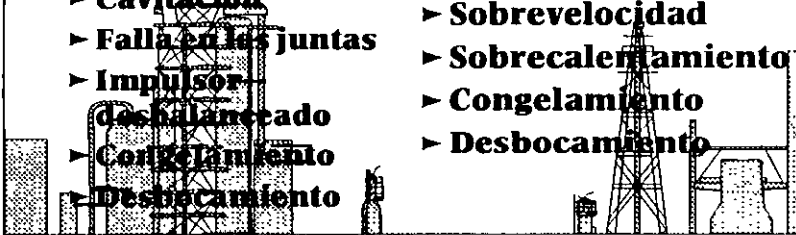
Fallas típicas en equipo de proceso

■ INTERCAMBIADORES

- ▶ Ensuciamiento
- ▶ Taponamiento
- ▶ Pérdida de medio de enfriamiento
- ▶ Pérdida de producto
- ▶ Fugas
- ▶ Sobrepresión

■ QUEMADORES

- ▶ Pérdida de flama de piloto
- ▶ Falla del encendedor
- ▶ Taponamiento
- ▶ Subdimensionado
- ▶ Arrastre de líquido



POLIMEROS ESPECIALIZADOS, S. A. de C. V.

El diagrama de flujo adjunto, representa un ejemplo típico de un reactor batch que normalmente se encuentra en una planta de procesos en una industria química.

El control de la operación del proceso recae en gran parte en el operador de la planta, debido a la experiencia adquirida en el proceso.

Sin embargo, cuando en una reacción donde se utilizan líquidos altamente inflamables, el desarrollo y control de la reacción requiere de la implementación de medidas de seguridad adicionales.

Desarrolle un HAZOP del proceso descrito líneas adelante, relativo al diagrama de flujo de proceso y determine los riesgos potenciales a efecto de definir las medidas adicionales de seguridad que se requieren para llevar a cabo la reacción de manera segura.

DESCRIPCION

La empresa Polímeros Especializados, S. A. e C. V. ha realizado exitosas pruebas a nivel laboratorio para lanzar un nuevo polímero al mercado, el polímero será utilizado en la industria automotriz para sustituir partes de acero y hacer las carrocerías más ligeras.

La demanda de este material es fuerte y debido a esto se realizó la escalación de la reacción a nivel industrial y para tal efecto se utilizará uno de los reactores Batch con que se cuenta en las instalaciones.

Este nuevo proceso es una polimerización simple que se lleva a cabo en una sola etapa a una temperatura de 25 °C utilizando como solvente HEXANO.

La polimerización es altamente exotérmica y la velocidad de la reacción depende de la temperatura, por debajo de 25 °C la velocidad de reacción es muy lenta pero arriba de 40 °C el desarrollo de la reacción se acelera y el calor desprendido se incrementará debido a la menor capacidad de enfriamiento de la chaqueta por la cual fluye agua como fluido de enfriamiento.

Las condiciones anteriores son típicas para las reacciones de polimerización lo mismo ocurre para numerosas reacciones, tal como, para las reacciones de Nitración.

ETAPAS DEL PROCESO

Paso No. 1: Carga de Hexano

- a) Abrir el venteo
- b) Cargar 2000 litros de Hexano al reactor, a través del totalizador
- c) Arrancar el agitador y fijar el "set point" de control de Temp. en 20 °C

Nota: El Hexano es un solvente altamente inflamable.

Paso No. 2: Carga de monómero.

- a) Cargar 3000 litros de monómero a través del totalizador.
- b) Asegure que la temperatura no rebase los 20 °C.

Paso No. 3: Polimerización

- a) Cargar 200 litros de catalizador (peróxido orgánico) a través del tanque de catalizador
- b) Lavar el tanque con 200 litros de Hexano
- c) Ajuste el control de temperatura a 25 °C
- d) Verificar que la temperatura en el reactor sea de 25 °C y manténgase la temperatura de reacción durante todo el ciclo (normalmente 3 horas)
- e) Muestrar el lote cada 30 minutos hasta verificar que la reacción se ha completado.
- f) Continúe hasta que la reacción termine totalmente.

Paso No. 4: Remoción de solvente

- a) Corte el suministro de agua de enfriamiento y alimente vapor a la chaqueta del reactor para destilar el hexano
- b) Termine la destilación cuando el lote alcance la temperatura de 90 °C.

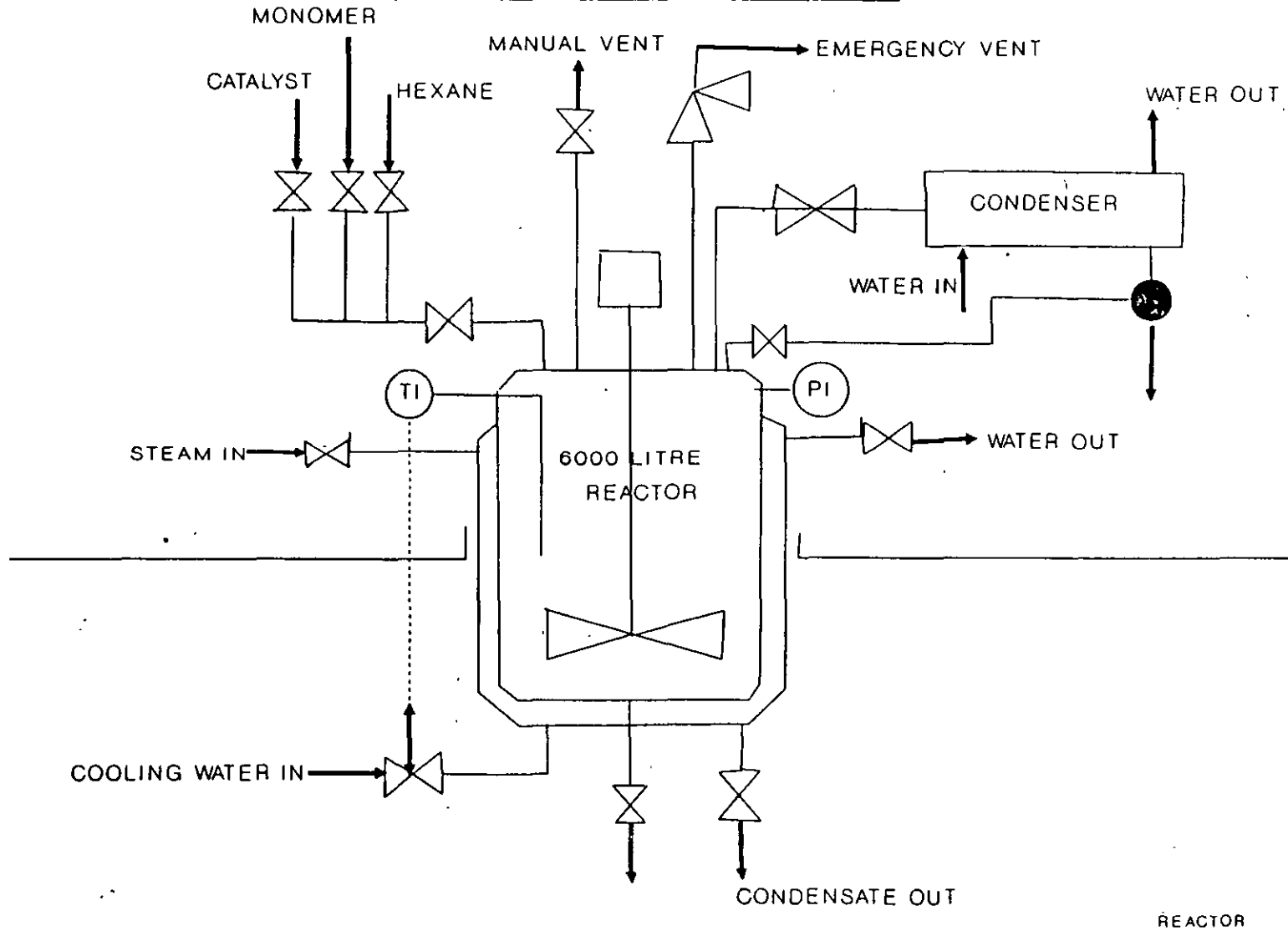
Paso No. 5: Llenado de tambores

- a) Llene los tambores de 200 litros por la válvula de purga del reactor

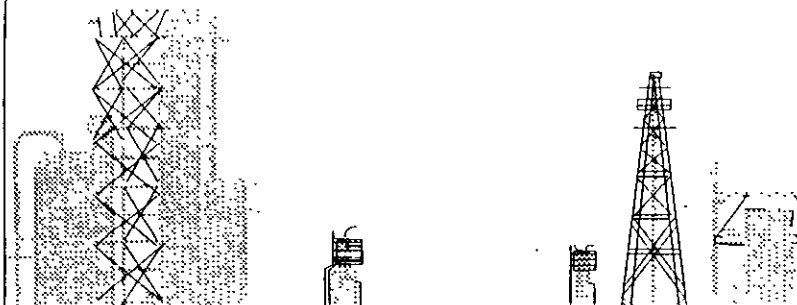
Paso No. 6: Limpieza

- a) Limpie el reactor por medio de enjuague con 2000 litros de Hexano
- b) drene el hexano y retórnelo al tanque de recuperación de Hexano.

BATCH REACTOR HAZOP

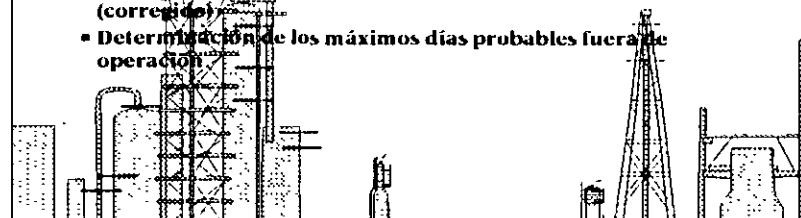


INDICE DOW PARA RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSION



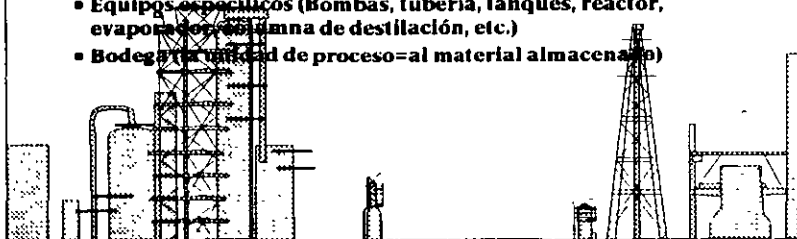
METODOLOGIA

- Selección de las Unidades de proceso
- Factor material (FM)
- Riesgos Generales de Proceso
- Riesgos Especiales de proceso
- Determinación de factor de riesgo de la unidad
- Determinación del Índice Dow de Fuego y Explosión
- Determinación del daño máximo probable a la propiedad
- Factores de corrección por medidas de control de pérdidas
- Determinación del daño máximo probable a la propiedad (correcto)
- Determinación de los máximos días probables fuera de operación



Unidades de proceso

- Unidad de alimentación
- Almacenamiento
- Pre calentamiento
- Reacción
- Adsorción
- Purificación
- Mezclado
- Destilación
- Equipos específicos (Bombas, tubería, tanques, reactor, evaporador, columna de destilación, etc.)
- Bodega (o unidad de proceso=al material almacenado)



FACTOR MATERIAL (FM)

- El FM es una medida de la intensidad de Energía liberada por un compuesto químico, mezcla o sustancia.
- Se determina considerando los riesgos de inflamabilidad y reactividad del material
- FM para:
 - Gases, Líquidos o Sólidos
 - Polvos
 - Mezcla de compuestos



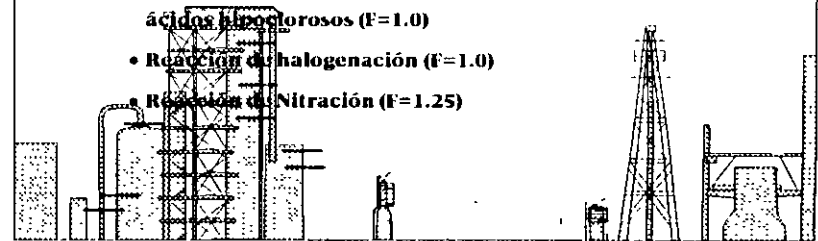
FACTOR MATERIAL (FM)

- El FM es una medida de la intensidad de Energía liberada por un compuesto químico, mezcla o sustancia.
- Se determina considerando los riesgos de inflamabilidad y reactividad del material
- FM para:
 - Gases, Líquidos o Sólidos
 - Polvos
 - Mezclas de compuestos



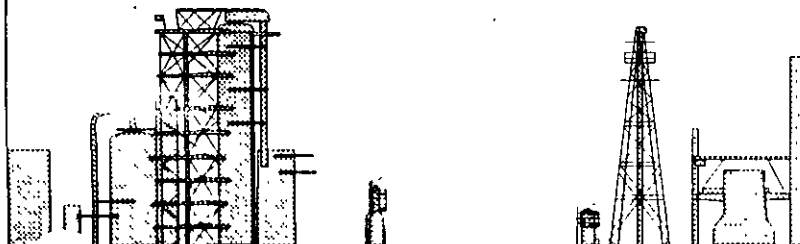
Riesgos Generales de proceso

- Reacciones exotérmicas
 - Hidrogenación, Hidrolisis, Isomerización, Sulfonación, Neutralización (F=0.50)
 - Alquilación, esterificación, oxidación, polimerización, condensación (F=0.50)
 - Oxidación con oxidantes fuertes como cloratos, HNO₃, ácidos hipoclorosos (F=1.0)
 - Reacción de halogenación (F=1.0)
 - Reacción de Nitración (F=1.25)



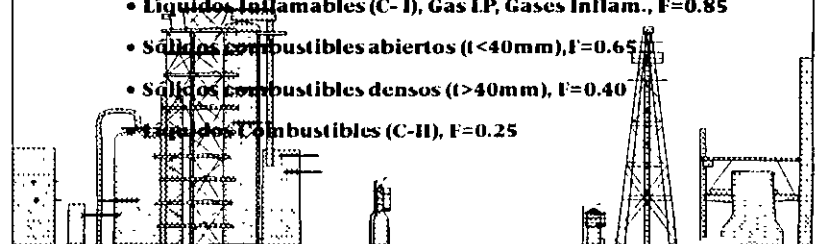
Riesgos Generales de Proceso

- Reacciones Endotérmicas
 - Todas las reacciones endotérmicas tienen un valor de F=0.20
 - Si requieren fuente externa de calor para sostener la reacción F=0.40



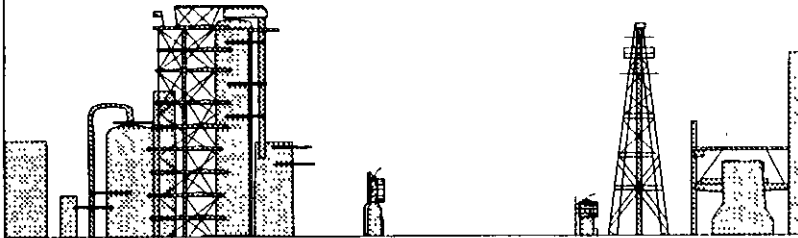
Manejo y transferencia de materiales

- Carga y descarga de líquidos inflamables o gas LP, F=0.50
- Centrifugas, reacciones Batch, mezclado en recipientes semiabiertos, F=0.50
- Bodegas y patios de almacenamiento
 - Líquidos inflamables (C-I), Gas LP, Gases Inflam., F=0.85
 - Sólidos combustibles abiertos (<40mm), F=0.65
 - Sólidos combustibles densos (>40mm), F=0.40
 - Líquidos combustibles (C-II), F=0.25



▪ **D. Unidades de Proceso Cerradas**

- Colectores o filtros de polvos explosivos, $F=0.50$
- LI calentados, $T>T_f$ y $T<T_e$, $F=0.30$
- LI o Gas LP calentados, $T>T_e$, $F=0.60$
- Cantidad $>10,000$ lb, $F=F \times 1.5$

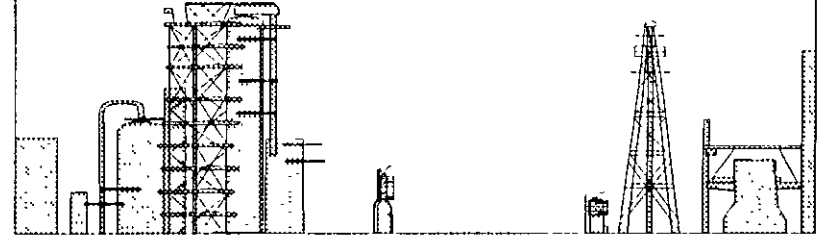


▪ **E. Acceso con Equipo de Emergencia al área de proceso**

- Acceso inadecuado, $F=0.35$

▪ **F. Drenaje**

- Líquido rodeando la unidad, $F=0.50$
- Drenaje directo a contenedor, $F=0.25$



Riesgos Especiales de Proceso

▪ **A. Temperatura de proceso**

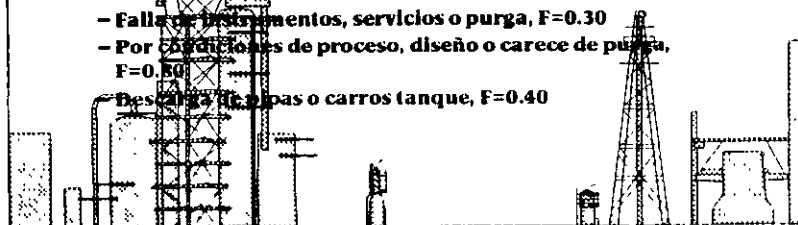
- $T=>T_f$, $F=0.30$
- $T=>T_e$, $F=0.60$
- Baja temperatura de autoignición o pirofóricos (CS₂ o Hexano), $F=0.75$

▪ **B. Baja Presión (Subatmosférica)**

- La entrada de aire puede ser condición de riesgo, $F=0.50$

▪ **C. Operación en o cerca del Rango Inflamable**

- Tanques de Almacenamiento LI (C-1), $F=0.50$
- Falla de instrumentos, servicios o purga, $F=0.30$
- Por condiciones de proceso, diseño o carece de purga, $F=0.50$
- Desplazamiento de bombas o carros tanque, $F=0.40$



▪ **E. Presión**

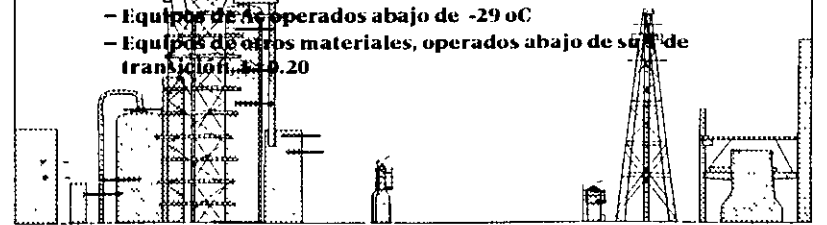
- Procesos que operan a altas presiones con dispositivos de alivio

- materiales altamente viscosos, $F=F \times 0.70$
- Gases comprimidos, $F=F \times 1.2$
- Gases licuados inflamables o $P_v > 40$ psig, $F=F \times 1.3$

▪ **F. Baja Temperatura**

- Estima posibles daños al material de construcción

- Equipos de Ac operados entre 10 y -29 oC, $F=0.30$
- Equipos de Ac operados abajo de -29 oC
- Equipos de otros materiales, operados abajo de su T_c de transición, $F=0.20$

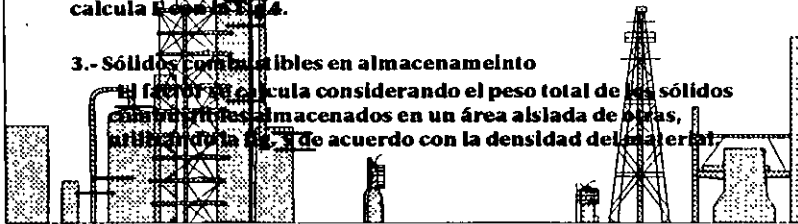


G. Cantidad de Material Inflamable

1.- LI o LC, gases licuados, o gases en varias etapas del proceso
 Se calculan los BTUx10 exp9 totales: $WxAllc$
 Con este dato y la fig 3, se determina el valor del factor

2.- líquidos o gases en almacenamiento en tambores, tanques o recipientes portátiles.
 Se calculan los BTU totales para el almacenamiento y se calcula L en la fig 4.

3.- Sólidos combustibles en almacenamiento
 El factor se calcula considerando el peso total de los sólidos almacenados en un área aislada de obras, utilizando la fig 5 de acuerdo con la densidad del material



H. Corrosión y Erosión

Se considera tanto la corrosión exterior como la interior

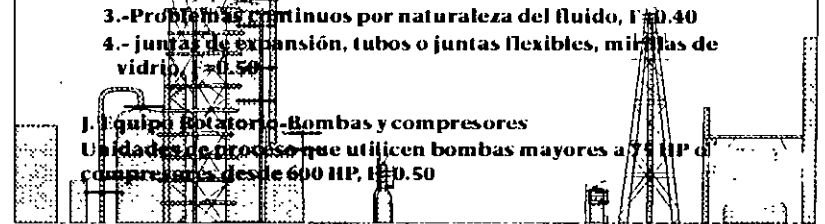
- 1.- Velocidad de corrosión (Vc) < a 0.5mm/año, $F=0.10$
- 2.- 0.5mm/año < Vc < 1.0 mm/año, $F=0.20$
- 3.- $Vc > 1.0$ mm/año, $F=0.50$

I. Fugas en juntas y empaques

- 1.- Fugas menores en Bombas y prensaestopas, $F=0.10$
- 2.- Fugas regulares bombas, compresores, $F=0.30$
- 3.- Problemas continuos por naturaleza del fluido, $F=0.40$
- 4.- juntas de expansión, tubos o juntas flexibles, mirillas de vidrio, $F=0.50$

J. Equipos Rotatorios - Bombas y compresores

Unidades de proceso que utilicen bombas mayores a 75 HP o compresores desde 600 HP, $F=0.50$

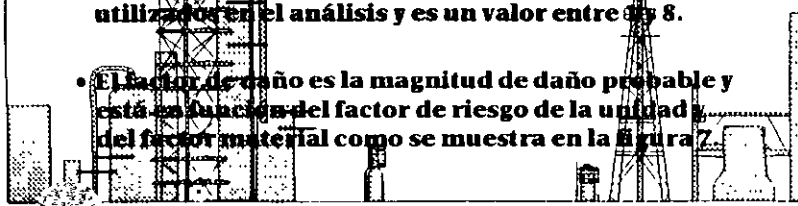


VI.- Determinación del factor de Riesgo de la Unidad, (F3)

• 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 entre 1 y 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 7.

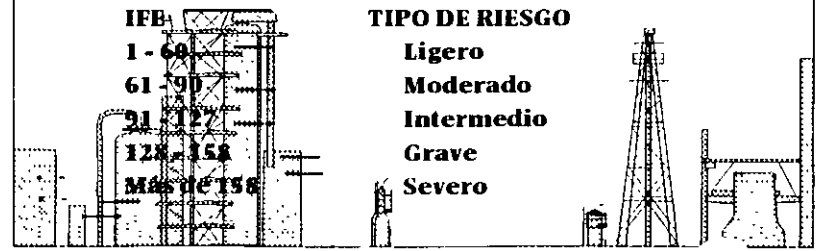


VII.- Determinación del Índice Dow de Fuego y Explosión (IFE)

El IFE es la probabilidad de daño por fuego o explosión al área, determinada por el radio de exposición y se calcula multiplicando el factor material por el factor de riesgo de la unidad.

CLASIFICACION DE RIESGO

IFE	TIPO DE RIESGO
1 - 60	Ligero
61 - 90	Moderado
91 - 120	Intermedio
121 - 150	Grave
Más de 150	Severo



VIII Determinación del Daño Máximo Probable a la Propiedad Base

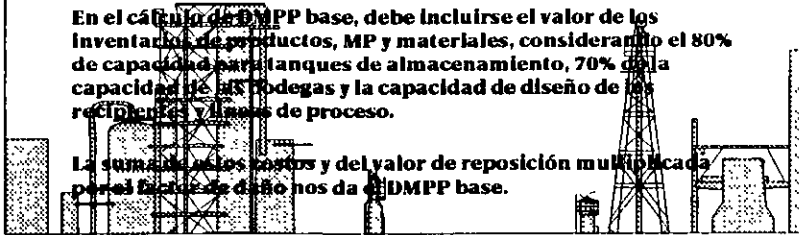
El DMPP base, se obtiene del valor de reemplazo del equipo dentro del área de exposición

Valor de reposición=Costo original x Factor de escalación

0.82, es la corrección estadística por partes no sujetas a reemplazo, tal como, preparación del lugar, cimentación, líneas subterráneas, ingeniería, etc.

En el cálculo de DMPP base, debe incluirse el valor de los inventarios de productos, MP y materiales, considerando el 80% de capacidad para tanques de almacenamiento, 70% de la capacidad de las 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 diseño nos da el DMPP base.

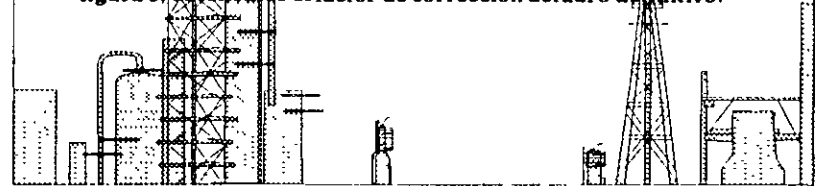


IX.- Factores de corrección por Medidas de control de pérdidas

Estos factores se utilizan para reducir el DMPP y se dividen en tres grupos.

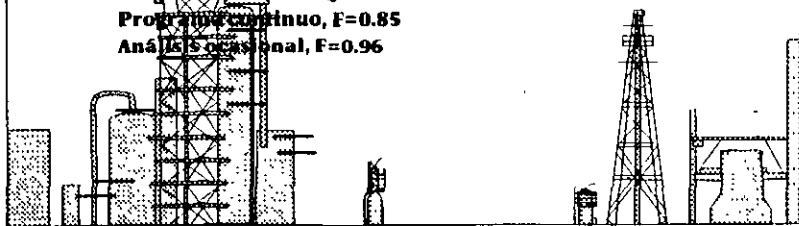
- a) C1: Referente a control de proceso
- b) C2: Aislamiento del material
- c) C3: Protección contra incendios

El producto de los factores de grupo determina el factor global ($C=C1 \times C2 \times C3$) de corrección actual o definitivo y al referirse a la figura 9, obtenemos el factor de corrección actual o definitivo.



C1: Control de Proceso

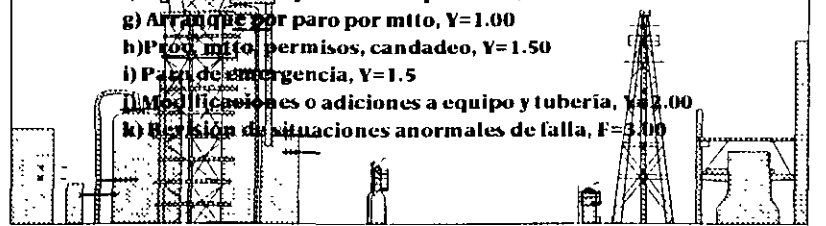
- 1.- Energía de Emergencia, Factor=0.97
- 2.- Sistema de enfriamiento (10 min), F=0.98
- 3.- Control de explosiones
 - Sistemas de supresión de explosiones, F=0.75
 - Dispositivos de alivio de presión o venteo, F=0.96
- 4.- Paro de emergencia, Sistema redundante, F=0.96
- 5.- Control por computadora, F=0.98
- 6.- Gas Inerte, F=0.90
- 7.- Análisis de Reactivos Químicos
 - Programa Continuo, F=0.85
 - Análisis ocasional, F=0.96



C1: Control de Proceso

8.- Instrucciones de operación: F=1.0 - SUM Y/100

- a) Arranque, Y=0.50
- b) Rutina de paro, Y=0.50
- c) Operación Normal, Y=0.50
- d) Cambio de Condiciones de Operación, Y=0.50
- e) Cond. de espera en corrida o recirculación, Y=0.50
- f) Cond. sobre capacidad de operación, Y=1.0
- g) Arranque por paro por mto, Y=1.00
- h) Proced. mto, permisos, candado, Y=1.50
- i) Paro de emergencia, Y=1.5
- j) Modificaciones o adiciones a equipo y tubería, Y=2.00
- k) Resolución de situaciones anormales de falla, F=3.00



C2: Aislamiento del material

1.- Válvulas de control remoto, Factor=0.94

2.- Descarga a vertederos

Interior del área de proceso, F=0.96

Exterior del área de proceso, F=0.94

Ventosas a Flair o receptor, F=0.94

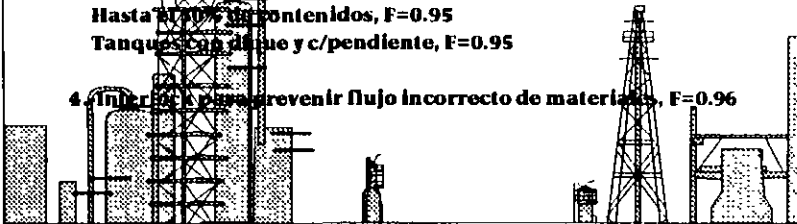
3.- Drenaje

m=2% y capacidad del 75% del contenido de proc., F=0.85

Hasta 100% de contenidos, F=0.95

Tanques con llave y c/pendiente, F=0.95

4.- Interruptores para prevenir flujo incorrecto de materiales, F=0.96



C3: Protección contra incendio

1.- Detección de fugas, Factor=0.97

2.- Acero estructural recubierto, F=0.97

3.- Tanques recubiertos, F=0.85

4.- Suministro de agua; P>=100psi, F=0.90; P<100psi, F=0.95

5.- Sistemas especiales, PQS, CO2, detectores, F=0.85

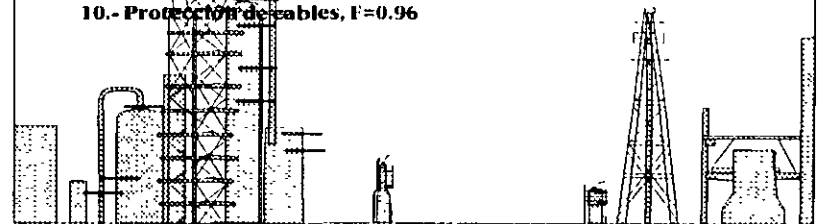
6.- Sistema de rociadores, F=0.96

7.- Cortinas de agua, F=0.97

8.- Espuma, F=0.90

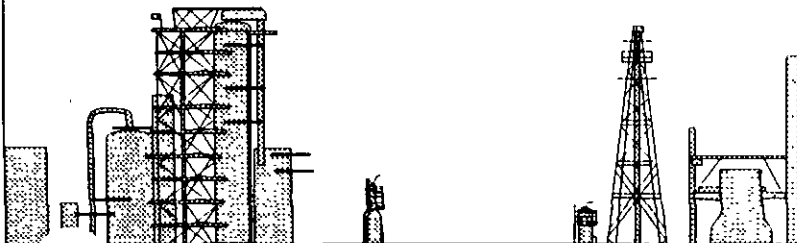
9.- Extintidores portátiles, F=0.97

10.- Protección de cables, F=0.96



X. Determinación del Daño Máximo Probable a la Propiedad Actual

El valor de corrección actual de la figura No. 9, multiplica al DMPP base, para obtener el DMPP actual o definitivo.



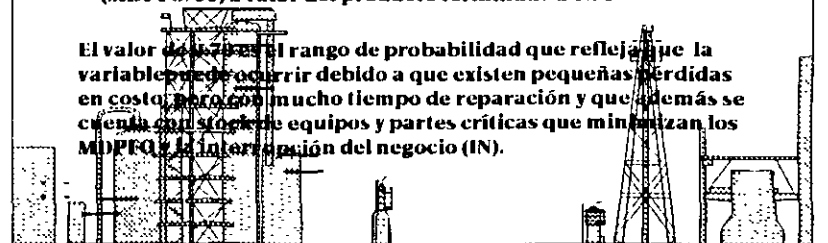
XI.- Determinación de los Máximos Días Probables Fuera de Operación

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 producción.

La interrupción de negocios es la consecuencia final y puede estimarse con la siguiente relación:

$$(\text{MDPFO}/30) \times \text{valor del producto terminado} \times 0.70$$

El valor de 30 es el rango de probabilidad que refleja que la variable puede ocurrir debido a que existen pequeñas pérdidas en costo, pero es mucho tiempo de reparación y que además se cuenta con el stock de equipos y partes críticas que minimizan los MDPFO y la interrupción del negocio (IN).



**EJEMPLO DE CALCULO PARA INDICE DOW
"SABROSITAS, S. A. de C. V."**

Sabrositas, S. A. de C. V. es una empresa del ramo alimenticio que se encuentra ubicada en la ciudad de Querétaro. El giro de la empresa es la fabricación de frituras, papas fritas, churritos, cacahuates fritos, etc.

Para la realización de sus actividades utilizan gas LPG para calentamiento de las máquinas freidoras.

Para tal efecto cuentan con dos tanques de almacenamiento de gas de 180,000 litros c/u, los tanques se encuentran ubicados en la parte posterior de la empresa. Estos tanques se llenan por medio de pipas de 45,000 litros.

Los tanques cuentan con válvulas de alivio, arrestadores de flama e indicadores de nivel. La protección contra incendio se proporciona a través de dos monitores, los cuales en caso de incendio permiten enfriar a los tanques, adicionalmente cuentan con anillos rociadores distribuidos estratégicamente a lo largo del cuerpo de cada tanque.

La empresa cuenta con brigada de emergencia la cual está capacitada para la atención de un incendio.

Así mismo cuentan con detectores y alarma para caso de incendio, (turno nocturno).

Calcular el índice DOW de fuego y explosión en el más crítico de los casos, cuando ambos tanques se encuentran llenos al 90% de capacidad y la pipa (a un 50% de su capacidad) se encuentra realizando el llenado de uno de los tanques.

El valor de los tanques, pipa e instalaciones asociadas es de \$ 1,200,000.00 pesos.

LA CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE ACUERDO AL ÍNDICE DOW, ES LA SIGUIENTE:

1-60 (LIGERO)

1-96 (MODERADO)

97-127 (INTERMEDIO)

128-158 (GRAVE)

más de 158 (SEVERO)

Considere que el gas LPG está constituido por 50% Propano y 50 % Butano

SABROSITAS, S.A. DE C.V.		
UNIDAD DE PROCESO		TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS LP, CAP. AL 90% 180,000 (INCLUYENDO PIPA)
FACTOR MATERIAL : (FM)	21	GAS LP (21)
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		FACTOR DE PENALIZACIÓN
1. Reacciones exotérmicas	0.30-1.25	
2. Reacciones endotérmicas	0.20-0.40	
3. Manejo y transferencia de materiales	0.25-0.85	
4. Unidades de proceso cerradas	0.30-0.90	
5. Acceso con equipo de emergencia al área de proceso	0.35	
6. Drenajes	0.25-0.50	
FACTOR BASE	1.00	
FACTOR RIESGOS GENERALES DEL PROCESO : (F1)	F1	
RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		
1. Temperatura de proceso		
a) Sobre punto de flama	0.30	
b).- Sobre punto de ebullición	0.60	
c)- Sobre punto de autoignición	0.75	
2. Baja Presión (subatmosférica)	0.50	
3. Operaciones en o cerca del rango inflamable		
a) Patio de tanques de almacenamiento	0.50	
b) Derrames y/o falla de purga	0.30	
c) Operación en rango inflamable	0.80	
4. Polvos explosivos	0.25-2.00	
5. Presión		
6. Baja temperatura	0.20-0.50	
7. Cantidad de material inflamable		
a) Líquidos o gases en proceso		
b) Líquidos o gases en almacenamiento		
c) Sólidos almacenados		
8. Corrosión y erosión	0.10-0.75	
9. Fugas en juntas y empaques	0.10-1.50	
10. Equipo calentado con fuego directo		
11. Intercambio de calor con aceite	0.05-1.15	
12. Equipo rotatorio bombas y compresores	0.50	
FACTOR BASE	1.00	
FACTOR DE RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO : (F2)	F2	
FACTOR DE RIESGO DE UNIDAD : F3 = (F1 X F2)	F3	
INDICE DOW : F3 X FM	IFE	

CORRECCION POR MEDIDAS DE SEGURIDAD		
1.- CONTROL DE PROCESO		
A) Energía de emergencia	0 97	
B) Enfriamiento	0 95-0.98	
C) Control de explosiones	0 75-0.96	
D) Paro de Emergencia	0.94-0 98	
E) Control por computadora	0.89-0 98	
F) Gas inerte	0 90-0.94	
G) Procedimientos de operación	0 86-0 99	
H) Revisión de reactivos Químicos	0 85-0 96	
PRODUCTO FACTORES POR CONTROL DE PROC. C1=	C1	
2.- AISLAMIENTO DE MATERIALES		
A) Válvulas de control remoto	0 94	
B) Descargas a vertederos	0 94-0.96	
C) Sistemas de drenajes	0 85-0 95	
D) Interlock	0 96	
PRODUCTO FACTORES POR AISLAM. MATLS, C2=	C2	
3.- PROTECCION CONTRA INCENDIOS		
A) Detección de fugas	0 90-0 97	
B) Acero Estructural	0 92-0 97	
C) Tanques subterráneos	0 75-0.85	
D) Suministro de agua	0.90-0.95	
E) Sistemas Especiales	0 85	
F) Sistemas de rociadores	0.60-0.96	
G) Cortinas de agua	0 95-0 97	
H) Espuma	0.87-0 98	
I) Extinguidores	0.92-0 97	
J) Protección a líneas eléctricas	0 90-0 96	
PRODUCTO FACTORES POR PROT. INCENDIO, C3=	C3	
PRODUCTO FACTORES DE SEGURIDAD C1XC2XC3=C	C	
FACTOR DE SEGURIDAD DEFINITIVO, (FIG-9), Cc=	Cc	
SUMARIO DE ANALISIS DE RIESGO		
A1: INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (IFE)		
A2: RADIO DE EXPOSICION		
A3. VALOR DEL AREA DE EXPOSICION, \$		
B) FACTOR DE DAÑO		
FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD		
C) DMPP BASE (A3 X B)		
D) FACTOR DE SEGURIDAD DEFINITIVO		
E) DMPP CORREGIDO (C XD), \$		
F) MDPFO, Dias		
FACTOR MATERIAL		

GUIA DE CALCULO DE POTENCIAL DE DAÑO DE NUBES EXPLOSIVAS

SUPOSICIONES

1. La fuga es instantánea
2. El material fugado se vaporiza instantáneamente y la nube se forma inmediatamente
3. La nube adquiere una forma cilíndrica cuya altura es el eje vertical
4. La nube tiene una composición uniforme y su concentración esta entre los límites de explosividad
5. Se tomará el calor de combustión de la TNT (2000 btu/lb) para convertir el AHc del material a su equivalente en TNT
6. La Temperatura ambiente es constante 70F (21.1 C)

Factores que determinan la formación de nubes explosivas

1. Gases en Estado Líquido por enfriamiento
2. Gases en Estado Líquido por efecto de alta presión
3. Gases sujetos a presiones de 500 psi o mayores
4. Líquidos inflamables o combustibles a una temperatura mayor a su punto de ebullición y mantenidos en estado líquido por efecto de presión

METODO DE CALCULO

- A. Determinación de la fuga probable
 - Daño Máximo Probable (DM)
 - Daño Catástrófico Probable (DC)
- B. Cálculo del peso del material en el sistema
- C. Cálculo de la cantidad vaporizada
- D. Cálculo de la magnitud de la nube
- E. Cálculo de la energía desprendida
- F. Cálculo del diámetro de las ondas expansivas
- G. Determinación del daño

A. Determinación de la fuga probable

1. DAÑO MAXIMO PROBABLE (DM)

- ▶ a) El tamaño de la fuga estará determinada por el contenido del mayor recipiente o serie de recipientes de proceso conectados entre sí, sin estar aislados uno del otro.
- ▶ b) La existencia de fuentes de ignición en las cercanías de una posible fuga no se considerará como limitante de la formación de una nube.

A. Determinación de la fuga probable

▶ 2. DAÑO CATASTROFICO PROBABLE (DC)

- ▶ a) El tamaño de la fuga estará determinada por el contenido del mayor recipiente o serie de recipientes de proceso conectados entre sí, sin estar aislados uno del otro.
- ▶ b) Destrucción o daño grave a tanques mayores de almacenamiento como formadores de nubes explosivas
- ▶ c) Fugas en tuberías de gran capacidad, suponiendo que la tubería es dañada seriamente y que el material fugará por 30 min
- ▶ d) La existencia de fuentes de ignición en las cercanías de una posible fuga no se considerará como limitante de la formación de una nube.
- ▶ e) Se tomarán en cuenta gases o líquidos usados como combustibles

B. Cálculo del peso del material en el sistema

1.- GASES

Gas a $P > 500$ psig

$$W_g = 0.002785 M V_g$$

W_g = Peso del gas descargado, lb

M = Peso molecular del gas

V_g = Volumen del gas corregido a condiciones normales (273oK, 1 atm), ft³.

Debe tomarse en cuenta el factor de compresibilidad del gas.

B. Cálculo del peso del material en el sistema

LIQUIDOS

Si el material en el sistema se encuentra en estado líquido se usará:

$$W_L = 8.35 \times \text{Dens.} \times V_L$$

W_L = Peso del líquido fugado

Dens = Densidad del material a la temperatura del proceso T_1 , (g/ml)

V_L = Volumen del líquido contenido

C. Cálculo de la cantidad vaporizada

1 Para líquidos o gases licuados con punto de ebullición menor a 70 F (21.1 C), se supone que el 100 % se vaporizará, por lo que:

$$W_G = W_G \quad \text{y} \quad W_L = W_L$$

C. Cálculo de la cantidad vaporizada

2. Para líquidos con punto de ebullición menor a 70 F (21.1C), la cantidad vaporizada será:

$$W = (W_L \times C_p \times (T_1 - T_2)) / AH_v$$

Donde: W=Peso del material vaporizado, (Kg)
 Cp=Capacidad calorífica promedio, (cal/g-°C)
 T1=Temperatura del líquido en el proceso, (°C)
 T2=Punto de ebullición, (°C)
 AHv=Calor de vaporización a T2, (cal/g)

D. Cálculo de la magnitud de la nube

Se considera únicamente para gases o vapores más pesados que el aire

$$D = 22.19 \times \text{SQRT} (W/h \times MV)$$

D=Diámetro de la nube, ft, h =Altura de la nube, ft
 M=peso Molecular, V=(LEL + UEL)/2 x 100

Si se considera la altura standard de la nube como 10 pies, se tiene:

$$D = 7.017 \times \text{SQRT} (W/MV)$$

E. Cálculo de la energía desprendida

La energía desprendida estará expresada por su equivalente en TNT y estará dada por:

$$W_e = (W \times AH_c \times f) / (4 \times 10^6)$$

W=Peso de TNT que produce una fuerza equivalente a la explosividad de la nube, (Ton TNT)
 AHc=Calor de combustión del material (Btu/lb)
 f=factor de explosividad

El factor de explosividad de materiales varía de 0.02 < f < 0.10,

Para el cálculo de DM se usará: f=0.02,
 Para el cálculo de DC se tomará: f=0.10

F. Cálculo del diámetro de las ondas expansivas

Las ondas expansivas producto de una explosión varían de 0.5 a 30 psi.

Las ondas de mayor presión estarán en una circunferencia cerca del centro de la nube expansiva, las de menor presión estarán más alejadas.

La determinación de diámetros de estas circunferencias de ondas expansivas se lleva a cabo por medio de la fig. No. 1.

Se determinarán los diámetros para los valores de We obtenidos tanto para DM como para DC.

G. Determinación del daño

Para determinar la extensión del daño producido por una nube explosiva se usan las tablas I y II, basadas en los efectos de las diversas presiones de onda expansiva, aunque a estos, deberán adicionarse los posibles incendios y/o explosiones subsecuentes.

Este riesgo es importante ya que dentro de la circunferencia de la onda expansiva de 5 psi existe la certeza de destrucción de tuberías y si existe riesgo de incendio por esta causa, puede considerarse un daño total (desastre) dentro de esta circunferencia.

ANALISIS DE NUBES EXPLOSIVAS

Caso No. 1:

En el área de productos químicos de la empresa Polímeros especializados, S. A. de C. V., se tienen cuatro reactores en serie. El volumen de cada reactor es de 12,000 galones.

En este proceso se realiza una reacción en serie donde se tiene como materia prima el CICLOHEXANO (líquido).

La empresa inicio operaciones en la ciudad de México en 1950 por lo que a la fecha se encuentra rodeada por una zona habitacional (ubicada en Iztapalapa). La distancia tomando como centro el área de proceso hacia otras instalaciones es la siguiente:

a) Oficinas	50 m
b) Cuarto de control	10 m
c) Edificio de mantenimiento	30m
d) Torres de enfriamiento	150 m
e) Cuarto de fuerza (servicios)	200 m
e) Zona habitacional	500 m

La estructura del edificio de reacción es de columnas, pisos y traveses de concreto

El 24 de Diciembre de 1995 faltó al trabajo el operador del 3er turno, por lo que el operador del segundo turno continuó con la operación del proceso. A las 4 de la mañana debido al cansancio, se quedó dormido, y en ese momento ocurrió una falla en el control de nivel de uno de los reactores. Al hacerse la transferencia de ciclohexano no cerró la válvula de flujo, por lo que ocurrió el rebosamiento del tanque y derrame del material. Para empeorar las cosas el líquido cayó sobre uno de los motores de las bombas de transferencia, el cual no era a prueba de explosión, ni estaba aterrizado.

¿Tuvo consecuencias la dormitada?

- Calcular el daño máximo probable
- Calcular el daño catastrófico probable
- Calcular la extensión del daño para cada uno de los anteriores, para: 1, 2, 3, 5, 7 y 10 psi

- d) ¿Que instalaciones resultarían afectadas dentro del predio?
 e) ¿habría afectación hacia la población vecina?

La temperatura de operación del proceso en los cuatro reactores es de 121 °C.

Datos:

Material		Ciclohexano	
Peso Molecular	PM	84.16	
Presión del sistema	P	250 psig	
Presión de vapor a T1	Pv		psi
Temperatura del proceso	T1	121	°C
Punto de ebullición a 1 atm	T2	80.8	°C
Densidad	ρ	0.675	g/ml
Capacidad calorífica promedio	Cp	0.527	cal/g-°C
Factor de compresibilidad	C		
Volumen en condiciones normales (gases)	Vg		ft ³
Volumen en proceso (líquidos)	VL	40,000	gal
Calor de vaporización líquido a T2	ΔH_v	85	cal/g
Límite inferior de explosividad	LEL	1.3	%
Límite superior de explosividad	UEL	8.0	%
Altura de la nube	h		ft
Calor de combustión	ΔH_c	18,846	BTU/lb

Caso No 2:

En el cuarto de fuerza de la misma empresa utilizan como medio de calentamiento de los reactores de polimerización secundarios, un reboiler que tiene como fluido térmico DIFIL (Dowtherm A).

Evaluar los daños (mismos incisos que para el caso 1) en caso de fuga y explosión del DIFIL.

Los datos son los siguientes:

Material		Dowtherm A	
Peso Molecular	PM	165.76	
Presión del sistema	P		
Presión de vapor a T1	Pv		psi
Temperatura del proceso	T1	350	°C
Punto de ebullición a 1 atm	T2	257	°C
Densidad	ρ	0.75	g/ml
Capacidad calorífica promedio	Cp	0.550	cal/g-°C
Factor de compresibilidad	C		
Volumen en condiciones normales (gases)	Vg		ft ³
Volumen en proceso (líquidos)	VL	2500	gal
Calor de vaporización líquido a T2	ΔH_v	68.9	cal/g
Límite inferior de explosividad	LEL	0.65	%
Límite superior de explosividad	UEL	3.7	%
Altura de la nube	h		ft
Calor de combustión	ΔH_c	14,000	BTU/lb

TABLA I

EFFECTOS DE NUBES EXPLOSIVAS EN REFINERIAS.

1. Cuartos de control: construcción de concreto y estructura de fierro.
onda expansiva 0.5 psi - rotura de ventanas.
 1.0 psi - deformación de la estructura
 1.5 psi - derrumbe del techo
 3.5 psi - derrumbe de muros de concreto
 10.0 psi - derrumbe de estructura de fierro

2. Torre rectangular: estructura de concreto.
 5.5 psi - fractura de la estructura de concreto
 7.0 psi - derrumbe de la estructura y la torre

3. Torre de vacío octagonal: estructura de concreto.
 7.0 psi - fractura de la estructura
 7.5 psi - ruptura de anclaje de la torre y caída de ella

4. Torre fraccionadora: montada sobre pedestal de concreto.
 4.5 psi - aflojamiento de tuercas de anclaje
 7.0 psi - caída de la torre

5. Torre de regeneración: estructura de acero.
 5.0 psi - deformación de la columna
 7.0 psi - caída de la torre

6. Torre de regeneración: estructura de concreto.
 8.5 psi - fractura de la estructura
 16.0 psi - derrumbe de la estructura y la torre

7. Reactor rectangular de cracking catalítico: estructura de concreto.
 8.0 psi - fractura de la estructura
 12.0 psi - derrumbe de la estructura y la torre.

8. Desisobutanizadores: montado sobre pedestal y zapatas.
9.5 psi - caída del reactor
9. Unidad de recuperación de vapor: con estructura rectangular de acero.
6.0 psi - derrumbe de la estructura
10. Horno de tubos fijos.
1.5 psi - desplazamiento ligero de su posición original
6.0 psi - caída de chimenea
6.5 psi - derrumbe del horno
11. Edificio de mantenimiento.
0.3 psi - caída de techo de asbesto corrugado
3.0 psi - deformación de la estructura
5.0 psi - derrumbe de muros de tabique, deformación seria de la estructura
6.0 psi - derrumbe de la estructura
12. Torre de enfriamiento de agua.
0.3 psi - caída de lumberras de asbesto corrugado
3.5 psi - derrumbe de la torre
13. Tuberías: soportadas por estructura de acero
3.5 psi - deformación de la estructura
6.0 psi - derrumbe de la estructura y rompimiento de la tubería
14. Tuberías: soportadas por estructura de concreto.
3.5 psi - fracturas en la estructura
5.0 psi - derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas.
15. Tanques de almacenamiento: techo cónico y techo flotante.
1.5 psi - levantamiento de tanques vacíos
3.5 a 6.5 psi - levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.
16. Tanques de almacenamiento esféricos.
7.0 psi - deformación de la estructura en tanques llenos
7.5 psi - deformación de estructura en tanques vacíos
9.0 psi - derrumbe de tanques llenos
9.5 psi - derrumbe de tanques vacíos

TABLA II EFECTOS DESTRUCTIVOS DE LA SOBREPRESION EN COMPONENTES VULNERABLES DE PLANTAS

EQUIPO	SOBREPRESION Psi																										
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	12	14	16	18	20	20	
CUARTO DE CONTROL (Techo metálico)	a	a	d				g																				
CUARTO DE CONTROL (Techo concreto)	a	a	a	d			g																				
TORRE DE ENFRIAMIENTO	b		f				h																				
TANQUE: TECHO CONICO		d				h																					
CUBO DE INSTRUMENTOS			e			l	m																				
CALENTADOR A FUEGO				s																							
REACTOR QUIMICO			a				f																				
FILTRO			h					f														v					t
REGENERADOR						l																					
TANQUE: TECHO FLOTANTE						k																					d
REACTOR CRACKING																											t
SOPORTES DE TUBERIA																											
SERVICIOS (Medidor de Gas)																											
TRANSFORMADOR ELECTRICO																											
MOTOR ELECTRICO																											v
BLOWER																											
COLUMNA FRACCIONADORA																											
RECIPIENTE HORIZONTAL A PRESION																											
REGULADOR DE GAS																											
COLUMNA DE EXTRACCION																											
TURBINA DE VAPOR																											v
CAMBIADOR DE CALOR																											
TANQUE (Esfera)																											
RECIPIENTE VERTICAL A PRESION																											
BOMBA																											

a) Rotura de ventanas y medidores

b) Falla de mamparas de 0.3 a 0.5 psi
c) Conectores dañados por colapso del techo
d) Colapso del techo
e) Instrumentos dañados

f) Partes internas dañadas

g) Ladrillos rotos

h) Daño por proyección de partículas
i) El equipo se mueve y la tubería se rompe
j) Falla de abrazadera y soporte
k) El equipo se levanta (50%
l) Líneas de fuerza dañadas

m) Controles dañados

n) Falla de paredes de concreto
o) Marcos colapsados
p) Marcos deformados
q) Carcazas y cajas dañadas
r) Marcos rotos

s) tubería rota

t) Unidad destruída
u) Equipo levantado (90°
v) Unidad se mueve de sus c

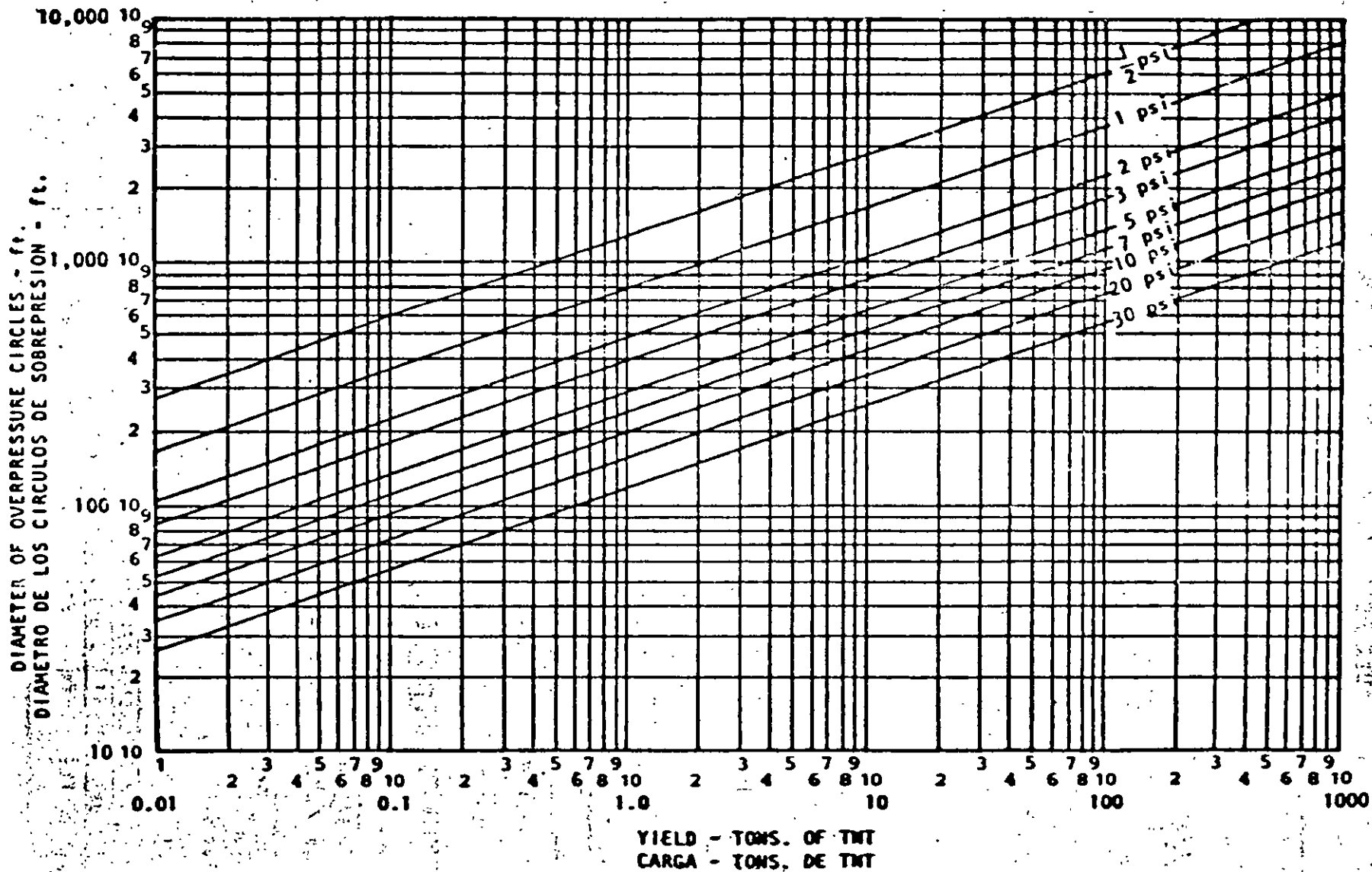


FIG. 1 DIAMETER OF OVERPRESSURE CIRCLES FOR VARIOUS EXPLOSIVE YIELDS
DIAMETRO DE LOS CIRCULOS DE SOBREPRESION



**MANUAL DE ANALISIS DE SEGURIDAD EN PROCESOS
GUÍA DE CALCULO DE NUBES EXPLOSIVAS**

DPS-017

PLANTA:				AREA/DEPTO:							
EQUIPO INVOLUCRADO:											
MATERIAL:											
CAPACIDAD CALORIFICA				PESO MOLECULAR		M					
TEMP.	Cp	TEMP.	Cp	PRESION DEL SISTEMA		p	psi.				
Ta (T ₁)				PRESION DE VAPOR A T ₁		p.v.	psi.				
				TEMPERATURA DEL PROCESO.		T ₁	°C.				
				PUNTO DE EBULLICION A 1 ATM.		T ₂	°C.				
			Tn (T ₂)	DENSIDAD A T ₁		e	g/ml.				
$C_p = \sqrt[n]{C_{pa} \times C_{pb} \times \dots \times C_{pn}}$				FACTOR DE COMPRESIBILIDAD		C					
				(GASES) VOLUMEN EN COND. NORMALES		VG	ft ³				
Cp	Cal / g - °C			(LIQUIDOS) VOLUMEN EN PROCESO		VL	gal.				
				CALOR DE VAPORIZACION LIQUIDO A T ₂		ΔHv	Cal/g.				
				LIMITE INFERIOR DE EXPLOSIVIDAD		LEL	%				
				LIMITE SUPERIOR DE EXPLOSIVIDAD		UEL	%				
				ALTURA DE LA NUBE		h	(10)ft.				
				CALOR DE COMBUSTION		ΔHc	Btu/lb.				
1.- CALCULO DEL PESO DE MATERIAL EN EL SISTEMA											
A) GASES				WG = 0.002785 MVG.		WG	lb.				
B) LIQUIDOS				WL = 8.35 e VL.		WL	lb.				
SI T ₂ < 21.1 °C.				W = WG = WL		W	lb.				
SI T ₂ > 21.1 °C.				W = WL $\frac{C_p (T_1 - T_2)}{\Delta H_v}$							
2.- CALCULO DE LA MAGNITUD DE LA NUBE											
FRACCION DEL MATERIAL EN LA NUBE v = $\frac{LEL (\%) + UEL (\%)}{2 \times 100 \%}$						v					
DIAMETRO DE LA NUBE						Dc	ft.				
Dc = 7.017 $\sqrt{\frac{W}{H_v}}$; SI h > 10 ft. Dc = 22.19 $\sqrt{\frac{W}{H_v}}$						(Dc)	(m)				
3.- CALCULO DEL DAÑO PROBABLE											
A) DAÑO MAXIMO PROBABLE (DMP)				B) DAÑO CATASTROFICO PROBABLE (DCP)							
ENERGIA DESPRENDIDA		Ton. TNT		ENERGIA DESPRENDIDA		Ton. TNT					
We = $\frac{W \Delta H_c}{2 \times 10^6}$		We ₁		We = $\frac{W \Delta H_c}{4 \times 10^6}$		We ₂					
ONDAS EXPANSIVAS - EXTENSION DEL DAÑO						ONDAS EXPANSIVAS - EXTENSION DEL DAÑO					
10 psi	7 psi	5 psi	3 psi	2 psi	1 psi	10 psi	7 psi	5 psi	3 psi	2 psi	1 psi
ft	ft	ft	ft	ft	ft	ft	ft	ft	ft	ft	ft
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
FORMULO: NOMBRE Y FIRMA.-						FECHA:					

"ALIMENTOS PROCESADOS, S.A. DE C.V."

DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE RIESGO EN LAS INSTALACIONES ASOCIADOS CON EL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Los puntos de riesgo detectados durante la revisión de las instalaciones fueron :

- 1.- ÁREA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CLORO.
- 2.- ÁREA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS LP CON CAPACIDAD AL 90 % DE 180,000 l, INCLUYENDO SU SISTEMA DE TUBERÍA.
- 3.- SISTEMA DE TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE GAS NATURAL, INCLUYENDO LAS DE EQUIPO DE COMBUSTIÓN.
- 4.- ÁREA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS LP CON CAPACIDAD DE 500 l Y 2,200 l.
- 5.- ÁREA DE CUARTO DE MAQUINAS, DEBIDO A LA PRESENCIA DE DOS TANQUES BAJO TIERRA PARA ALMACENAR DIESEL CON CAPACIDAD CADA UNO DE 12 m³ Y UN TANQUE ATMOSFÉRICO CILÍNDRICO HORIZONTAL CON CAPACIDAD DE 460 l.

Los puntos de riesgo se detectaron por medio de la técnica "¿ What if ?" (¿ Qué pasaría si ?), y tomando en cuenta que en las áreas mencionadas se manejan sustancias inflamables, explosivas o tóxicas.

La técnica "¿ What if ?" (Qué pasaría si ?) fue empleada para identificar los puntos de riesgo, ya que es un método de análisis de riesgo general y puede aplicarse tanto a secciones de un proceso como a toda una unidad.

Con este método se supone que ocurre una falla sin considerar que fué lo que la causó.

1.- ÁREA DEL TANQUE PORTÁTIL DE ALMACENAMIENTO DE CLORO.

Desviación :

a) ¿Qué pasaría si hay una fuga en el tanque de almacenamiento de Cloro y/o en su tubería?

Consecuencia :

a) Posible formación de una nube tóxica.

2 - ÁREA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS LP CON CAPACIDAD AL 90 % DE 180,000 l.

Desviación :

a) ¿Qué pasaría si hay una fuga en el tanque de almacenamiento de gas LP y/o en su tubería?

Consecuencia :

a) Posible formación de una nube explosiva.

3.- SISTEMA DE TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE GAS NATURAL, INCLUYENDO LAS DE EQUIPO DE COMBUSTIÓN.

Desviación :

a) ¿Qué pasaría si hay una fuga en el sistema de tubería de conducción de gas natural y/o cercana de equipos de combustión?

Consecuencia :

a) Posible incendio y explosión por formación de una nube explosiva.

4.- ÁREA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS LP CON CAPACIDAD DE 500 l Y 2,200 l.

Desviación :

a) ¿Qué pasaría si hay una fuga en el tanque de almacenamiento de gas LP y/o en su tubería?

Consecuencia :

a) Posible formación de una nube explosiva.

5.- ÁREA DE CUARTO DE MAQUINAS, DEBIDO A LA PRESENCIA DE DOS TANQUES BAJO TIERRA PARA ALMACENAR DIESEL CON CAPACIDAD CADA UNO DE 12 m³ Y UN TANQUE ATMOSFÉRICO CILÍNDRICO HORIZONTAL CON CAPACIDAD DE 460 l.

Desviación :

a) ¿Qué pasaría si hay una fuga en el tanque de almacenamiento de diesel atmosférico o desprendimiento de vapores del material?

Consecuencia :

a) Posible incendio y explosión en el tanque por posibles fuentes de ignición.

Para la jerarquización de los riesgos encontrados se empleó el Índice Dow (Para riesgos por fuego y explosión) y el Índice Mond (Para riesgos por toxicidad).

A continuación se presentan los resultados obtenidos al realizar la jerarquización de los riesgos encontrados en las áreas más críticas :

ÁREA DE RIESGO	TÉCNICA PARA EVALUACIÓN	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
AREA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CLORO.	Índice Mond	Muy Alta
ÁREA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS LP CON CAPACIDAD AL 90 % DE 180,000 l.	Índice Dow	Severo
SISTEMA DE TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE GAS NATURAL, INCLUYENDO LAS DE EQUIPO DE COMBUSTIÓN.	Índice Dow	Intermedio

Se consideraron para el cálculo de riesgo, las condiciones más extremas, como las siguientes :

- 1.- Todo el Gas LP almacenado causa el fuego y explosión.
- 2.- Fuga de gas natural y falla en válvulas de cierre automático de flujo en equipos de combustión.
- 3.- Todo el Gas Cloro causa la nube tóxica.

A continuación se indica la secuencia de cálculo del Índice Dow e Índice Mond para las áreas seleccionadas.

ÍNDICE DOW PARA RIESGOS POR FUEGO Y EXPLOSIÓN.

ALIMENTOS PROCESADOS, S.A. DE C.V.		
UNIDAD DE PROCESO	SISTEMA DE TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN DE GAS NATURAL DESDE LA CASETA LOS A LOS DIFERENTES EQUIPOS DE COMBUSTIÓN	TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS LP, CAP. AL 30% 180,000 (INCLUYENDO SU SISTEMA DE TUBERÍA)
FACTOR MATERIAL : (FM)	GAS NATURAL (21)	GAS LP (21)
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	FACTOR DE PENALIZACIÓN	FACTOR DE PENALIZACIÓN
1. Reacciones exotérmicas	0.00	0.00
2. Reacciones endotérmicas	0.00	0.00
3. Manejo y transferencia de materiales	0.00	1.35
4. Unidades de proceso cerradas	0.00	0.00
5. Acceso con equipo de emergencia al área de proceso	0.35	0.00
6. Drenajes	0.00	0.00
FACTOR BASE	1.00	1.00
FACTOR RIESGOS GENERALES DEL PROCESO : (F1)	1.35	2.35
RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		
1. Temperatura de proceso	0.60	0.60
2. Baja Presión	0.00	0.00
3. Operaciones en o cerca del rango inflamable	0.30	0.70
4. Polvos explosivos	0.00	0.00
5. Presión	0.30	0.44
6. Baja temperatura	0.00	0.00
7. Cantidad de material inflamable	0.00	0.90
8. Corrosión y erosión	0.10	0.10
9. Fugas en juntas y empaques	0.40	0.00
10. Equipo calentado con fuego directo	1.00	0.00
11. Intercambio de calor con aceite	0.00	0.00
12. Equipo rotatorio bombas y compresores	0.00	0.00
FACTOR BASE	1.00	1.00
FACTOR DE RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO : (F2)	3.70	3.74
FACTOR DE RIESGO DE UNIDAD : F3 = (F1 X F2)	4.9950	8.786
ÍNDICE DOW : F3 X FM	106	185
TIPO DE RIESGO	INTERMEDIO	SEVERO
GRADO DE EXPOSICIÓN	88 m	158 m

LA CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE ACUERDO AL ÍNDICE DOW, ES DE LA SIGUIENTE MANERA :

1-60 (LIGERO)

1-96 (MODERADO)

97-127 (INTERMEDIO)

128-158 (GRAVE)

más de 158 (SEVERO)

ÍNDICE MOND PARA RIESGOS TOXICIDAD.

ALIMENTOS PROCESADOS, S.A. DE C.V.	
UNIDAD DE PROCESO	TANQUES PORTÁTIL DE ALMACENAMIENTO DE GAS CLORO
RIESGOS POR TOXICIDAD (T)	FACTOR DE PENALIZACIÓN
1. Valores TLV	100
2. Forma del material	50
3. Riesgos por exposición corta	150
4. Absorción por la piel	0
5. Factores físicos	0
RIESGOS POR TOXICIDAD : (T)	300
RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)	FACTOR DE PENALIZACIÓN
1.- Material oxidante	20
RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL : (M)	20
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)	FACTOR DE PENALIZACIÓN
1.- Transferencia de materiales	25
2.- Contenedores portátiles	25
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO : (P)	50
RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (S)	FACTOR DE PENALIZACIÓN
1.- Riesgos de corrosión y erosión	60
2.- Procesos que usen oxidantes muy fuertes	125
RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO : (S)	185
ÍNDICE DE TOXICIDAD DE LA UNIDAD	10.63
$U = (T/100) \times (1 + (M+P+S)/100)$	
TIPO DE RIESGO	MUY ALTO

LAS CATEGORÍAS ASIGNADAS A LOS VALORES DEL ÍNDICE UNITARIO DE TOXICIDAD "U" son :

0-1 (LIGERO)

1-3 (BAJO)

3-6 (MODERADO)

6-10 (ALTO)

Arriba de 10 (MUY ALTO)

INDICE DOW PARA FUEGO Y EXPLOSION

COMPLEJO Y/O PLANTA	DEPARTAMENTO	UNIDAD O SECCION DE PROCESO	FECHA
MATERIALES Y PROCESO			
MATERIALES			
CATALIZADORES		SOLVENTES	
FACTOR MATERIAL (TABLA 1)		MATERIAL CLAVE	
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		VALOR	
BASE DEL FACTOR	1.00	1.-PATIO DE TANQUES DE ALMTO. (0.50)	VALOR
A) REACCION EXOTERMICA (0.30 a 0.25)		2.-DERRAMES Y FALLA DE PURGA (0.30)	
B) REACCION ENDOTERMICA (0.20 a 0.40)		3.-OPERACION EN RANGO INFLAMABLE(0.80)	
C) MANEJO DE MATERIALES (0.25 a 0.85)		D) POLVOS EXPLOSIVOS (0.25 a 2.00)	
D) UNIDAD CERRADA DE PROCESO (0.30 a 0.90)		E) PRESION	
E) ACCESO A EQUIPO DE EMERGENCIA (0.35)		F) BAJA TEMPERATURA (0.20 a 0.50)	
F) DRENAJES (0.25 a 0.50)		G) CANTIDAD DE MATERIAL	
SUMA DE FACTORES POR R.E.P.	$F_1 =$	1.-LIQUIDOS O GASES EN PROCESO	
2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		2.-LIQUIDOS O GASES EN ALMACENAMIENTO	
BASE DEL FACTOR	1.00	3.-SOLIDOS ALMACENADOS	
A) TEMPERATURA DE PROCESO(USE SOLO UNA):		H) CORROSION Y EROSION (0.10 a 0.75)	
1.-SOBRE PUNTO DE FLAMA (0.30)		I) FUGAS-JUNTAS Y EMPAQUES (0.10 a 1.50)	
2.-SOBRE PUNTO DE EBULLICION (0.60)		J) EQUIPO CALENTADO CON FUEGO DIRECTO	
3.-SOBRE PUNTO DE AUTOIGNICION (0.75)		K) INTERCAMBIO CON ACEITE CALIENTE (0.15 a 1.15)	
B) BAJA PRESION (SUBATMOSFERICA) (0.50)		L) EQUIPO ROTATORIO (0.50)	
C) OPERACION CERCA O EN RANGO INFLAMABLE:		SUMA DE FACTORES POR R.E.P.	$F_2 =$
FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD $F_1 \times F_2 = F_3$	$F_3 =$	INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION $FM = F_3 \times IFE$	$IFE =$
CORRECCION DE LOS MEDIOS DE SEGURIDAD			
1.- CONTROL DE PROCESO		D) INTERLOCK (0.96)	
A) ENERGIA DE EMERGENCIA (0.97)		PRODUCTO DE FACTORES POR A.M.	$C_2 =$
B) ENFRIAMIENTO (0.95 a 0.98)		3.- PROTECCION CONTRA INCENDIOS	
C) CONTROL DE EXPLOSIONES (0.75 a 0.96)		A) DETECCION DE FUGAS (0.90 a 0.97)	
D) PARO DE EMERGENCIA (0.94 a 0.98)		B) ACERO ESTRUCTURAL (0.92 a 0.97)	
E) CONTROL POR COMPUTADORA (0.89 a 0.98)		C) TANQUES SUBTERRANEOS (0.75 a 0.85)	
F) GAS INERTE (0.90 a 0.94)		D) SUMINISTRO DE AGUA (0.90 a 0.95)	
G) PROCEDIMIENTOS DE OPERACION (0.86 a 0.99)		E) SISTEMAS ESPECIALES (0.85)	
H) REVISION DE REACTIVOS QUIMICOS (0.85 a 0.96)		F) SISTEMAS DE ROCIADORES (0.60 a 0.96)	
PRODUCTO DE FACTORES POR C.P.	$C_1 =$	G) CORTINAS DE AGUA (0.95 a 0.97)	
2.- AISLAMIENTO DE MATERIALES		H) ESPUMA (0.87 a 0.98)	
A) VALVULAS DE CONTROL REMOTO (0.94)		I) EXTINGUIDORES (0.92 a 0.97)	
B) DESCARGAS A VERTEDEROS (0.94 a 0.96)		J) PROYECCION A LINEAS ELECTRICAS (0.90 a 0.96)	
C) SISTEMAS DE DRENAJES (0.85 a 0.95)		PRODUCTO DE FACTORES POR P.C.I.	$C_3 =$
PRODUCTO DE FACTORES DE SEGURIDAD $C_1 \times C_2 \times C_3 = C$		FACTOR DE SEGURIDAD DEFINITIVO (FIGURA N° 9)	$C =$
SUMARIO DE ANALISIS DE RIESGOS			
A1) IFE		C) D M P P BASE (A1-B)	\$MM US DLLS CY
A2) RADIO DE EXPOSICION	$m \text{ o } ft$	D) FACTOR DE SEGURIDAD DEFINITIVO	
A3) VALOR DEL AREA DE EXPOSICION	\$MM US DLLS CY	E) D M P P CORREGIDO (C=D)	\$MM US DLLS
B) FACTOR DE DAÑO		F) M D P P O	DIAS
FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD		FACTOR MATERIAL	

MANUAL DE ANALISIS DE SEGURIDAD EN PROCESOS - ASP
INDICE MOND PARA FUEGO, EXPLOSION Y TOXICIDAD

COMPLEJO Y/O PLANTA	DEPARTAMENTO	UNIDAD Y SECCION	FECHA
---------------------	--------------	------------------	-------

MATERIALES Y PROCESO

MATERIALES:

CATALIZADORES:

SOLVENTES:

SUB-PRODUCTOS Y PROCTOS.
INTERMEDIOS:

PRODUCTOS:

REACCIONES:

1.- FACTOR MATERIAL "B"
MATERIAL O COMBINACION: FACTOR DETERMINADO POR (SUBRAYE): COMBUSTION, DESCOMPOSICION, REACCION, PRESION DE EXPLOSION.

FORMULA

DANDO UN FACTOR MATERIAL "B" =

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL	M	FACTOR			FACTOR	
		SUGERIDO	USADO		SUGERIDO	USADO
A) OXIDANTES		0 A 20		L) OXIDANTES MUY FUERTES		0 A 300
B) REACCION PELIGROSA CON AGUA		0 A 30		M) SENSIBILIDAD A LA IGNICION		0 A 75
C) MEZCLADO Y DISPERSION	m	-50 A 60		N) RIESGOS ELECTROSTATICOS		0 A 200
D) COMBUSTION ESPONTANEA		30 A 250		TEMPERATURA DE PROCESO °K	-t	
E) POLIMERIZACION ESPONTANEA		27 A 75		SUMA DE FACTORES R.E.P.		S =
F) SENSIBILIDAD A LA IGNICION		-75 A 150		5.- RIESGOS POR CANTIDAD	Q	
G) DESCOMPOSICION EXPLOSIVA		125		VOLUMEN (m ³) =		
H) DETONACION GASEOSA		150		DENSIDAD (TONELADAS)	-k	
I) FASE CONDENSADA		200 A 1500		FACTOR ASIGNADO	Q=	1 A 1000
J) OTROS		0 A 150		6.- RIESGOS POR LAY OUT	L	
SUMA DE FACTORES R.E.M.		M =		ALTURA DE LA UNIDAD (m) =	-H	
3.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	P			AREA DE TRABAJO (m ²)	-H	
A) MANEJO Y CAMBIOS FISICOS		10 A 60		A) DISEÑO ESTRUCTURAL		0 A 200
B) REACCION UNICA CONTINUA		25 A 50		B) EFECTO DOMINO		0 A 250
C) REACCION UNICA BATCH		10 A 60		C) SUBTERRANEAS		0 A 150
D) MULTIRREACCIONES		0 A 75		D) DRENAJE SUPERFICIAL		0 A 100
E) TRANSFERENCIA DE MATERIAL		0 A 75		E) OTROS		0 A 250
F) CONTENEDORES PORTATILES		10 A 100		SUMA DE FACTORES R.L.A.		L =
SUMA DE FACTORES R.G.P.		P =		7.- RIESGOS DE TOXICIDAD	T	
4.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	S			A) T L V		0 A 300
A) BAJA PRESION		0 A 100		B) FORMA DEL MATERIAL		25 A 200
B) ALTA PRESION	p =	0 A 150		C) EXPOSICION CORTA		100 A 150
C) BAJA TEMPERATURA	1) AC. AL CARBON (-10° A 0°C)	15		D) ABSORCION POR PIEL		0 A 300
	2) AC. AL CARBON ABAJO -10°C	50 A 100		E) FACTORES FISICOS		0 A 300
	3) OTROS MATERIALES	0 A 100		SUMA DE FACTORES R.T.		T =
D) ALTA TEMPERATURA	1) INFLAMABILIDAD	0 A 40		8.- SUMARIO DE VALORES DE FACTORES		
	2) MATERIALES CONSTRUCCION	0 A 25		F M	B =	TON. K =
E) CORROSION Y EROSION		0 A 150		R E M	M =	R C Q =
F) FUGAS EN JUNTAS Y EMPAQUES		0 A 60			-n =	ALTURA H =
G) VIBRACION		0 A 50		R G P	P =	AREA N =
H) CONTROL DIFICIL DE PROCESO O REACCION		20 A 300		R E P	S =	R L O L =
I) OPERACION RANGO INFLAMABLE		0 A 150		PRESION	P =	R T T =
J) RIESGO DE EXPLOSION MAYOR AL PROMEDIO		40 A 100		T °K	L =	
K) POLVOS O NIEBLAS RIESGOSAS		30 A 70				

9.- CALCULO DE INDICES	VALOR NUMERICO	CATEGORIA
D.- INDICE GENERAL DE RIESGO, $D = B \left(1 + \frac{H}{100}\right) \left(1 + \frac{F}{100}\right) \left(1 + \frac{1000}{100} \cdot \frac{Y}{1000}\right)$		
F.- CARGA DE FUEGO, $F = \frac{BK}{N} 20200 \frac{BTU}{ft^2}$		
V.- INDICE DE TOXICIDAD DE LA UNIDAD, $U = \frac{Y}{100} \left(1 + \frac{M+P+S}{100}\right)$		
C.- INDICE DE TOXICIDAD MAYOR, $C = QU$		
E.- INDICE DE EXPLOSION, $E = 1 + \frac{M+P+S}{100}$		
A.- INDICE DE EXPLOSION AEREA, $A = B \left(1 + \frac{M}{100}\right) \left(\frac{C}{100}\right) \left(\frac{1+P}{100}\right)$		
R.- INDICE TOTAL MOND, $R = D \left(1 + \sqrt{PUEX/1000}\right)$		

10.- FACTORES DE CORRECCION POR MEDIDAS DE SEGURIDAD		VALOR	VALOR
K_1 .- CONTROL DE RIESGOS EN CONTENEDORES			
A) RECIPIENTES A PRESION		PRODUCTO DE FACTORES A.S.	$K_3 =$
B) TANQUES VERTICALES ATMOSFERICOS		K_4 .- PROTECCION CONTRA INCENDIO	
C) TUBERIA	1.- DISEÑO POR TENSION	A) PROTECCION A ESTRUCTURAS	
	2.- JUNTAS Y EMPAQUES	B) BARRERAS CONTRA INCENDIO	
D) CONTENEDORES ADICIONALES		C) PROTECCION A EQUIPOS	
E) DETECCION Y RESPUESTA A FURAS		PRODUCTO DE FACTORES P.C.I.	$K_5 =$
F) DESECHO DE MATERIAL FUNDIDO		K_6 .- AISLAMIENTO DE MATERIALES	
PRODUCTO DE FACTORES C.R.C.	$K_1 =$	A) SISTEMAS DE VALVULAS	
K_2 .- CONTROL DE PROCESO		B) VENTILACION	
A) SISTEMA DE ALARMAS		PRODUCTO DE FACTORES A.M.	$K_7 =$
B) ENERGIA DE EMERGENCIA		K_8 .- COMBATE DE INCENDIOS	
C) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		A) ALARMA DE EMERGENCIA	
D) SISTEMA DE GAS INERTE		D) EXTINGUIDORES PORTATILES	
E) ACTIVIDADES DE ANALISIS DE RIESGOS		C) SUMINISTRO DE AGUA CONTRA INCENDIO	
F) SISTEMAS DE PARO		D) SISTEMAS DE ROCIADORES O MONITORES	
G) CONTROL POR COMPUTADORA		E) ESPUMA Y GAS INERTE	
H) PROTECCION CONTRA EXPLOSION O REACCION PELIGROSA		F) BRIGADA	
I) INSTRUCCIONES DE OPERACION		G) APOYO EXTERNO Y/O INTERNO	
J) SUPERVISION DE PLANTA		H) VENTILACION DE MOND	
PRODUCTO DE FACTORES C.P.	$K_2 =$	PRODUCTO DE FACTORES C.I.	$K_8 =$
K_3 .- ACTITUD DE SEGURIDAD		11.- SUMARIO DE FACTORES DE SEGURIDAD	
A) INVOLUCRAMIENTO DE LA GERENCIA		C.R.C. $K_1 =$	P.C.I. $K_5 =$
B) ENTRENAMIENTO EN SEGURIDAD		C.P. $K_2 =$	A.M. $K_7 =$
C) PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO		A.S. $K_3 =$	C.I. $K_6 =$

12.- CALCULO DE INDICES FINALES	VALOR NUMERICO	CATEGORIA
F , CARGA DE FUEGO, $F = F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$		
E , INDICE DE EXPLOSION, $E = E \cdot K_4 \cdot K_5$		
A , INDICE DE EXPLOSION AEREA, $A = A \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$		
R , INDICE TOTAL MOND, $R = R \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$		

13.- COMENTARIOS ADICIONALES