

**"Documento original en mal estado"**

# **control de riesgos de accidentes mayores**

---

## **manual práctico**

Los incendios, las explosiones y la liberación de gases tóxicos pueden causar la muerte o lesiones a trabajadores y otras personas, y afectar desfavorablemente el medio ambiente en general. Desastres que se conocen con nombres propios como «Basilea», «Bhopal», «Flixborough», «México D.F.» y «Seveso» han dado origen a la expresión «riesgos de accidentes mayores». Con posterioridad, la prevención y el control de los riesgos de accidentes mayores han pasado a ser una cuestión de debate público en todas las partes del mundo. El presente manual es precisamente una respuesta a esta cuestión apremiante.

Debido al aumento de la producción, el almacenamiento y el uso de sustancias peligrosas, es necesario contar con un enfoque bien determinado y sistemático para evitar catástrofes. Por tanto, en este manual se abordan los aspectos de la seguridad del emplazamiento,

la planificación, el diseño, la construcción y el funcionamiento de plantas. Asimismo, se explica la manera de identificar las instalaciones que presentan riesgos de accidentes y se describen todos los componentes de un sistema de control de riesgos de accidentes mayores. Por otra parte, se suministra amplia información acerca de la planificación para casos de emergencia, tanto en el lugar en que podrían producirse, como en las zonas circundantes.

Este libro será de interés para todos los países que están considerando por primera vez el establecimiento de un sistema de control de accidentes mayores, como también para los países en que ya se han tomado en cuenta ciertos aspectos de dicho sistema. El manual resultará indispensable para los cuerpos de inspección de fábricas, las direcciones de instalaciones con riesgos industriales graves, los sindicatos, las autoridades locales y los servicios de emergencias.

# Otras publicaciones de la OIT

## La inspección del trabajo / Manual de educación obrera

Los sistemas de inspección del trabajo difieren en gran medida según los países, sin embargo, en su organización, funciones generales y relaciones con otros sectores administrativos o con empleadores y trabajadores todos ellos presentan rasgos comunes que han sido puestos de manifiesto por las normas internacionales del trabajo. Así pues, en este manual se ha tratado de reunir en forma tan clara y concisa como fuera posible las nociones fundamentales acerca de la inspección del trabajo y su cometido de protección de los trabajadores.

Al igual que otras obras de la misma serie, ésta ha sido concebida tanto para la lectura individual como para servir de base a cursos. Al final de cada capítulo se proponen temas con los que los lectores establezcan nexos con los problemas que podrían utilizarse para iniciar los debates en los cursos. En esta época de profundas transformaciones tecnológicas podría contribuir a la reflexión sobre las funciones y servicios de inspección y su posible evolución, a la utilidad particular para quienes han asumido el movimiento obrero y se interesan en el control del trabajo.

ISBN 92-2-305359-5

## Seguridad, salud y condiciones de trabajo en la tecnología a los países en desarrollo. Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT

En la actualidad se efectúa una incesante transferencia de maquinaria, productos y procedimientos – desde los países en desarrollo. Al respecto, existe un límite a esta transferencia al conocimiento de la tecnología y de extenderlo a los efectos que dicha tecnología produce en la seguridad, la salud y las condiciones de trabajo de los trabajadores. Así pues, este repertorio está destinado a todos aquellos que tienen la responsabilidad de velar por la prevención de riesgos en la transferencia de tecnología, y en particular a quienes toman las disposiciones en este campo. Por tanto, se presentan recomendaciones prácticas sobre la concepción, utilización de medios o de procedimientos técnicos de tecnología importada, a fin de eliminar los riesgos de la seguridad y la salud, así como sobre la adopción del marco jurídico, administrativo y de formación. En el repertorio se incluye una lista de verificación de seguridad y salud.

ISBN 92-2-306122-9

## Protección de los trabajadores contra las radiaciones (radiaciones ionizantes) Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT

Debido a la frecuencia cada vez mayor con que se utilizan fuentes radiactivas en lugares de trabajo, la protección de los trabajadores contra la exposición a radiaciones ionizantes ha adquirido una creciente importancia. Este repertorio constituye una guía práctica en cuya aplicación deberán tomarse en cuenta las condiciones locales. Su publicación está destinada principalmente a autoridades y servicios oficiales, empleadores y trabajadores interesados, organismos especializados en protección radiológica, empresas y comités de seguridad e higiene, así como a todos los interesados en el tema.

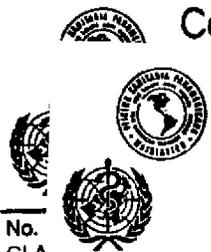
Los temas considerados abarcan: clasificación de los trabajos, limitación de la exposición (normales como anormales) y se incluye un glosario de los términos.

15 francos suizos

Repertorio de

comprende como una de las medidas naturales en que se lleva a cabo, preparado como una guía que no ayuda para elaborar planes de las medidas generales en determinadas situaciones de personas y de carga de trabajo, fortificación de éstas, la utilización de carbón inflamable, el polvo de explosivos y la pega de técnicas locales aplicar en cada caso estas

20 francos suizos


**Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO) BIBLIOTECA**

<b>No. DE CLASIFICACION</b>	<u>018282</u>
<b>AUTOR</b>	<u>T/55.3/OFI/1990</u>
<b>Oficina Internacional del Trabajo. Control de riesgos de accidentes mayores: ...</b>	
<b>Ej. 2</b>	
<b>FECHA DE DEVOLUCION</b>	<b>NOMBRE Y FIRMA</b>
<u>22-05-95</u>	<u>DEVUELTO</u> <i>[Firma]</i>

018282

# Prefacio

Los incendios, las explosiones y la liberación de gases tóxicos pueden causar la muerte o lesiones a trabajadores y otros ciudadanos, provocar la evacuación de comunidades enteras y afectar desfavorablemente al medio ambiente en general. Desastres que se conocen con nombres propios como «Basilea», «Bhopal», «Flixborough», «México D.F.» y «Seveso» han dado origen a las expresiones «riesgos mayores» y «control de riesgos de accidentes mayores»; la prevención y la lucha contra los riesgos principales han pasado posteriormente a ser una cuestión apremiante en todas las partes del mundo. El presente manual sobre el control de riesgos de accidentes mayores es una respuesta al debate público acerca de cómo prevenir los accidentes más graves. Su preparación la recomendó una reunión *ad hoc* tripartita de consultores especiales convocada por la Oficina Internacional del Trabajo en 1985, después del grave accidente de Bhopal.

Las posibilidades potenciales de que se produzca un accidente importante debido al aumento de la producción, el almacenamiento y el empleo de sustancias peligrosas implican la necesidad de un enfoque bien determinado y sistemático, si se quieren evitar grandes catástrofes. Por tanto, el presente manual está concebido para abordar los aspectos de la seguridad del emplazamiento, la planificación, el diseño, la construcción y el funcionamiento de las plantas. Se explica la manera de determinar las instalaciones que presentan mayores riesgos y se describen todos los componentes de un sistema de control de los riesgos de accidentes mayores. Debido a los potenciales efectos adversos de los accidentes graves en los trabajadores y en la comunidad, se proporciona amplia información sobre la planificación para casos de emergencia, tanto en el lugar donde se producen como en las zonas circundantes.

La aplicación diaria de las prácticas de seguridad e higiene forma parte del funcionamiento normal de las fábricas y, en consecuencia, no está incluida en el presente manual. Tampoco se tienen en cuenta los riesgos relacionados con las actividades de la industria nacional y con el transporte nacional e internacional de mercancías peligrosas, dado que la ordenación y la regulación legislativa de esas actividades suelen tratarse por separado.

El manual tiene por objeto ayudar a todos los países que están examinando la conveniencia de establecer un sistema de control de los principales riesgos. El sistema descrito es aplicable en los países donde ciertos aspectos de la prevención y lucha contra los riesgos principales ya se tienen en cuenta y en los países que tengan intención de establecer por primera vez un programa para controlar los riesgos más graves. En particular, este manual resultará indispensable para los cuerpos de inspección de las fábricas, las direcciones de las instalaciones que presentan mayores riesgos, los sindicatos y las autoridades locales, así como la policía, los servicios de bomberos y los puestos de socorro.

Este libro es el resultado de un trabajo de la OIT en colaboración con varios expertos. La Oficina desea expresar su agradecimiento a los siguientes consultores: ingeniero D. Hesel, TÜV Rheinland, República Federal de Alemania; Sr. C. A. W. A. Husman, Dirección General de Trabajo, Ministerio de Asuntos Sociales y Empleo, Países Bajos; y Sr. A. F. Ellis, Reino Unido, en su calidad de experto de la OIT en la esfera de la prevención de los riesgos principales.

G. R. Kliesch,

*Director  
Departamento de Condiciones y Medio Ambiente  
de Trabajo*

Copyright © Organización Internacional del Trabajo 1990

Las publicaciones de la Oficina Internacional del Trabajo gozan de la protección de los derechos de propiedad intelectual en virtud del protocolo 2 anexo a la Convención Universal sobre Derecho de Autor. No obstante, ciertos extractos breves de estas publicaciones pueden reproducirse sin autorización, a condición de que se mencione la fuente. Para obtener los derechos de reproducción o de traducción hay que formular las correspondientes solicitudes al Servicio de Publicaciones (Derechos de autor y licencias), Oficina Internacional del Trabajo, CH-1211 Ginebra 22, Suiza, solicitudes que serán bien acogidas.

---

ISBN 92-2-306432-5

Primera edición 1990

Título de la edición original en inglés:

*Major hazard control: A practical manual* (ISBN 92-2-106432-8), Ginebra, 1988.

Los derechos de autor de los documentos HS/6 28, HS/6 30 y HS/6 34 de las páginas 131-257 pertenecen a la Corona Británica. Traducido y publicado con la autorización del Controller of Her Britannic Majesty's Stationery Office.

HS/6 28, HS/6 30, HS/6 34 on pages 131-257 are British Crown copyright. Translated and published by permission of the Controller of Her Britannic Majesty's Stationery Office.

---

Las denominaciones empleadas, en concordancia con la práctica seguida en las Naciones Unidas, y la forma en que aparecen presentados los datos en las publicaciones de la OIT no implican juicio alguno por parte de la Oficina Internacional del Trabajo sobre la condición jurídica de ninguno de los países, zonas o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La responsabilidad de las opiniones expresadas en los artículos, estudios y otras colaboraciones firmados incumbe exclusivamente a sus autores, y su publicación no significa que la OIT las sancione.

Las referencias a firmas o a procesos o productos comerciales no implican aprobación alguna por la Oficina Internacional del Trabajo, y el hecho de que no se mencionen firmas o procesos o productos comerciales no implica desaprobación alguna.

La OIT no asume ninguna responsabilidad por el uso que pueda hacerse del contenido de este manual.

Las publicaciones de la OIT pueden obtenerse en las principales librerías o en oficinas locales de la OIT en muchos países o pidiéndolas a: Publicaciones de la OIT, Oficina Internacional del Trabajo, CH-1211 Ginebra 22, Suiza, que también puede enviar a quienes lo soliciten un catálogo o una lista de nuevas publicaciones.

---

# **control de riesgos de accidentes mayores**

---

## **manual práctico**

Contribución de la OIT al  
Programa Internacional PNUMA/OIT/OMS de  
Seguridad en las Sustancias Químicas (IPCS)

## **Alcance del estudio**

En el presente manual se señalan y examinan los diversos componentes de control de los riesgos de accidentes mayores. El manual está concebido particularmente para los países que examinan la conveniencia de establecer medidas de control por primera vez. Sin embargo, podrá resultar útil para muchos otros países en donde se realizan trabajos que entrañan un grave riesgo y en los que ya se está aplicando en cierta medida un sistema de prevención y lucha contra los riesgos principales, aunque no esté todavía constituido por el conjunto completo de medidas que forman actualmente parte de la legislación promulgada por la Comisión de las Comunidades Europeas.

En el manual se reconoce que el establecimiento de un control de los riesgos suele ser resultado de distintos métodos graduales y se indican las prioridades para lograr progresos de conformidad con esta política

Esas prioridades requerirán la participación de las autoridades estatales y de los cuerpos de inspección de las fábricas, tanto centrales como locales, las direcciones de las explotaciones y los sindicatos, además de las diversas organizaciones que pueden estar relacionadas con los planes de emergencia, tales como la policía, los servicios de bomberos, los hospitales, etc.

# Índice

## **Prefacio** v

## **Alcance del estudio** vii

### **1. Introducción** 1

- 1.1 Riesgos industriales graves 1
- 1.2 Tipos y consecuencias de riesgos industriales graves 1
  - 1.2.1 Explosiones 2
    - 1.2.1.1 Deflagración y detonación 2
    - 1.2.1.2 Explosiones de gases y de polvos 3
    - 1.2.1.3 Explosiones de nubes de vapor confinado o no confinado 3
  - 1.2.2 Incendios 3
    - 1.2.2.1 Explosión de un líquido en ebullición con desprendimiento de vapores en expansión 4
  - 1.2.3 Escape de gases tóxicos 4
- 1.3 Componentes de un sistema de control de riesgos de accidentes mayores 5
- 1.4 Exclusiones 6

### **2. Determinación de las instalaciones que implican riesgos de accidentes mayores** 7

- 2.1 Propósito y procedimientos de determinación 7
- 2.2 Instalaciones que implican un riesgo de accidente mayor con arreglo a la Directiva de la CEE 7
- 2.3 Campo de actuación con respecto a las prioridades 8
- 2.4 Instalaciones que presentan los riesgos mayores típicos 9

### **3. El papel de la dirección** 11

- 3.1 Evaluación de los riesgos 12
  - 3.1.1 Métodos de evaluación del riesgo 12
    - 3.1.1.1 Análisis preliminar del riesgo (APR) 12
    - 3.1.1.2 Estudio del riesgo y de la capacidad de funcionamiento (RYCF) 13
    - 3.1.1.3 Otros métodos de evaluación 15
    - 3.1.1.4 Análisis de las consecuencias de los accidentes 15
  - 3.2 Causas de los riesgos industriales graves 15
    - 3.2.1 Fallos de los componentes 15
    - 3.2.2 Desviaciones de las condiciones normales de funcionamiento 16
    - 3.2.3 Errores humanos y organizativos 16
    - 3.2.4 Interferencias externas accidentales 16
    - 3.2.5 Fuerzas naturales 17
    - 3.2.6 Actos de sabotaje u otros actos que causan daños 17
    - 3.2.7 Deficiencias adicionales 17
  - 3.3 Funcionamiento seguro de las instalaciones que presentan alto riesgo 17
    - 3.3.1 Diseños de los componentes de la planta 17
    - 3.3.2 Funcionamiento y control 17
    - 3.3.3 Sistemas de seguridad 19
      - 3.3.3.1 Sistemas para prevenir la desviación de condiciones de funcionamiento permisibles 19

- 3.3.3.2 Sistemas que evitan el fallo de los componentes relacionados con la seguridad 19
- 3.3.3.3 Servicios 19
- 3.3.3.4 Sistemas de alarma 19
- 3.3.3.5 Medidas de protección técnicas 19
- 3.3.3.6 Medidas de mitigación 20
- 3.3.3.7 Prevención de los errores humanos y de organización 20
- 3.3.4 Mantenimiento y vigilancia 20
- 3.3.5 Inspección y reparación 20
- 3.3.6 Capacitación 20
- 3.4 Mitigación de las consecuencias 21
- 3.5 Presentación de informes a las autoridades 21
  - 3.5.1 Finalidad de la presentación de informes 21
  - 3.5.2 Contenido de los informes que se han de presentar a las autoridades 22
    - 3.5.2.1 Identificación 22
    - 3.5.2.2 El informe sobre seguridad 22
    - 3.5.2.3 Comunicación de los accidentes 24
  - 3.5.3 Actualización de los informes 25

### **4. Función de las autoridades** 27

- 4.1 Establecimiento de un inventario de las instalaciones que presentan alto riesgo 27
- 4.2 Recepción y examen de los informes sobre seguridad 27
- 4.3 Mitigación de las consecuencias 27
- 4.4 Otras funciones 27
  - 4.4.1 Fijación del emplazamiento 27
  - 4.4.2 Introducción de un programa de inspección 28

### **5. Papel de los trabajadores y de las organizaciones de trabajadores** 29

- 5.1 Papel de los trabajadores 29
- 5.2 Papel de las organizaciones de trabajadores 29

### **6. Planificación de emergencia** 31

- 6.1 Introducción 31
  - 6.1.1 Definición 31
  - 6.1.2 Alcance 31
  - 6.1.3 Objetivos 31
  - 6.1.4 Determinación y evaluación de los riesgos 31
- 6.2 Planificación de emergencia *in situ* 33
  - 6.2.1 Formulación del plan y de los servicios de emergencia 33
  - 6.2.2 Mecanismo de alarma y comunicación 34
  - 6.2.3 Nombramiento del personal y definición de sus deberes 34
  - 6.2.4 Centros de control de la emergencia 35
  - 6.2.5 Medidas que se han de adoptar en el lugar 36
  - 6.2.6 Planificación de los procedimientos de cierre 37
  - 6.2.7 Ensayo de los procedimientos de emergencia 37
  - 6.2.8 Evaluación y actualización del plan 37
- 6.3 Planificación de emergencia fuera del emplazamiento 37

- 6.3.1 Introducción 37
- 6.3.2 Aspectos que se han de incluir en un plan de emergencia para fuera del emplazamiento 38
- 6.3.3 Función del coordinador de la emergencia 39
- 6.3.4 Función de los directores de fábricas que entrañan alto riesgo 39
- 6.3.5 Función de las autoridades locales 39
- 6.3.6 Función de la policía 40
- 6.3.7 Función de las autoridades encargadas de la lucha contra incendios 40
- 6.3.8 Función de las autoridades sanitarias 40
- 6.3.9 Función de las autoridades estatales de seguridad 40
- 6.4 Ensayos y ejercicios en la planificación de emergencia fuera del emplazamiento 41

**7. Aplicación de los sistemas de control de riesgos de accidentes mayores 43**

- 7.1 Introducción 43
- 7.2 Determinación de riesgos de accidentes mayores 43
- 7.3 Establecimiento de prioridades 43
  - 7.3.1 Creación de un grupo de expertos 43
  - 7.3.2 Planificación de emergencia en el lugar 44
  - 7.3.3 Planificación de emergencia fuera del lugar 44
  - 7.3.4 Fijación del emplazamiento 45
  - 7.3.5 Capacitación de los inspectores de fábrica 45
  - 7.3.6 Preparación de listas de verificación 46
  - 7.3.7 Inspección de las instalaciones por los inspectores de fábrica 46
  - 7.3.8 Inspección de los lugares de trabajo por especialistas 47
  - 7.3.9 Evaluación de los riesgos principales 47
  - 7.3.10 Medidas derivadas de la evaluación 48
  - 7.3.11 Información al público 48

**8. Requisitos previos de un sistema de control de riesgos de accidentes mayores 49**

- 8.1 Necesidades de personal 49
- 8.2 Equipo 49
- 8.3 Fuentes de información 49

**Bibliografía 51**

**Apéndices**

- 1 Lista de sustancias peligrosas y cantidades límites (extraída del anexo III de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas (82/501/CEE)) 53
- 2 a) Ejemplo de un método rápido de clasificación de las unidades/elementos de la planta 59

- b) Cifras relativas a los riesgos de accidentes y factores materiales derivados de los datos de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios de los Estados Unidos (NFPA) 69
- 3 Guía de los estudios de riesgos de accidente derivados del mal funcionamiento 75
- 4 Método de calcular las consecuencias 121
- 5 a) El almacenamiento de GLP en instalaciones fijas 131
  - b) Asesoramiento en materia de seguridad relativo a las instalaciones de cloro a granel 175
  - c) Almacenamiento de amoníaco anhidro bajo presión en el Reino Unido 227
- 6 Ejemplo de un informe sobre seguridad 259
- 7 Ejemplo de formulario para comunicar accidentes (extraído del anexo VI de la Directiva de la CE (82/501 CEE)) 297
- 8. Uso de la tierra cerca de fábricas que entrañan riesgos de accidentes mayores 301

**Figuras**

- 1. El papel de la dirección en los sistemas de control de riesgos de accidentes mayores 11
- 2. Ejemplo de un diagrama de fabricación 14
- 3. Esquema del funcionamiento de los dispositivos de seguridad 18

**Cuadros**

- 1. Ejemplos de explosiones industriales 3
- 2. Ejemplos de incendios importantes 4
- 3. Ejemplos de escapes importantes de sustancias tóxicas 5
- 4. Criterios de la Directiva de la CEE con respecto a las instalaciones que presentan riesgos de accidentes mayores 8
- 5. Sustancias químicas que se utilizan prioritariamente para determinar las instalaciones con riesgos de accidentes mayores 8
- 6. Métodos de trabajo relacionados con la evaluación del riesgo de accidente 12
- 7. Análisis preliminar del riesgo de accidente en una planta de almacenamiento de gas licuado de petróleo 13
- 8. Efectos de la sobrepresión causada por una explosión sobre estructuras 32
- 9. Efectos de las radiaciones térmicas sobre la piel no protegida 33
- 10. Efectos de las concentraciones de gas de cloro sobre las personas 33

## Lista de abreviaturas

### Lista de abreviaturas

APR	= análisis preliminar del riesgo
BTV	= unidad calorífica británica
CMA	= concentración máxima admisible
ELEEV	= explosión de líquido en ebullición que expande vapor
GLP	= gas licuado de petróleo
GNL	= gas natural licuado
HSE	= ( <i>Health and Safety Executive</i> ) (Junta ejecutiva de seguridad e higiene, del Reino Unido)
IyE	= índice de incendio y explosión
Kcal	= kilocaloría
NFPA	= ( <i>National Fire Protection Association</i> ) (Asociación Nacional de Protección contra Incendios, de los E.U.A.)
psi	= libras por pulgada cuadrada
psig	= libras manométricas por pulgada cuadrada
ppm	= partes por millón
PTFE	= politetrafluoretileno (teflón)
REP	= riesgos especiales del proceso
RGP	= riesgos generales del proceso
RYCF	= (estudio sobre el) riesgo y la capacidad de funcionamiento
T	= índice de toxicidad
te	= equivalente en toneladas métricas

# 1. Introducción

El rápido aumento del empleo de sustancias químicas peligrosas en la industria y el comercio ha producido un considerable incremento del número de personas, tanto trabajadores como ciudadanos en general, cuya vida podría estar en peligro en cualquier momento debido a un accidente ocasionado por esas sustancias. El rápido ritmo de avance de la tecnología moderna da menos posibilidades de aprender por medio de pruebas sucesivas, lo que hace cada día más necesario que el diseño y los procedimientos de explotación sean correctos desde el principio. Sin embargo, en la industria química las salvaguardias no se limitan a los talleres de la fábrica. La preocupación pública por las múltiples lesiones y muertes que causan accidentes espectaculares como una gran explosión invariablemente dan origen a peticiones de una mayor prevención y regulación en los planos nacional e internacional. Por consiguiente, en particular con respecto a proyectos que entrañan el almacenamiento y uso de sustancias químicas peligrosas, conviene abordar el problema de la seguridad en el lugar mismo y fuera del lugar al decidir qué medidas de seguridad se han de aplicar.

En el presente capítulo se examinan la definición de los riesgos industriales graves, sus tipos y consecuencias y los componentes de sus sistemas de control. Se mencionan asimismo los tipos de actividades industriales que han quedado excluidos del alcance de este manual.

## 1.1. Riesgos industriales graves

En octubre de 1987 hubo que evacuar en Francia a 60 000 personas como resultado de un incendio que se extendió a nitrato amónico. 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. Una explosión de productos pirotécnicos mató a 11 personas e hirió a ocho en Filipinas en el mes de abril de 1986. En febrero de 1986 un escape de cloro que se produjo en los Estados Unidos lesionó a 76 personas. Estos casos son sólo una muestra de accidentes conocidos en fechas recientes.

Cabe también citar acontecimientos más desastrosos. Entre ellos, la emisión de la sustancia química isocianato de metilo en Bhopal, India, en 1984, que provocó más de 2 000 muertes y 200 000 heridos. Dos semanas antes se había producido una explosión de gas natural en México, D.F. que ocasionó la muerte de 650 personas y heridas 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 la sustancia química 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.

Aunque estos casos pueden haber sido distintos por la forma en que se produjeron y las sustancias químicas que intervinieron en ellos, 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 la fábrica, causaron amplios daños en los bienes y el medio ambiente, o produjeron ambos efectos. El almacenamiento y la utilización de sustancias químicas inflamables, explosivos o tóxicas que pueden causar esos desastres se suelen designar como riesgos de accidentes mayores. Por tanto, este riesgo potencial depende del carácter inherente de la sustancia química y de la cantidad acumulada en el lugar.

En estos últimos años se han consagrado muchos esfuerzos a la elaboración de una legislación para regular los riesgos principales. La más destacada es la de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), que en 1982 promulgó una Directiva sobre los principales riesgos de accidente de ciertas actividades industriales. Según la definición de esa Directiva, la expresión «accidente principal» significa «un acontecimiento, como una emisión importante, un incendio o una explosión, resultante de hechos no controlados en el curso de una actividad industrial, que provoca un peligro grave para el hombre, inmediato o aplazado, dentro o fuera del establecimiento, y para el medio ambiente, y que entraña una o más sustancias peligrosas».

## 1.2. 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 una nube 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 pobladas;
- 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 pobladas.

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 (Comisión de Higiene y Seguridad del Reino Unido, 1976) 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 sus fronteras. 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 muertes 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, pero el número efectivo de víctimas dependerá de la densidad demográfica en el camino que sigue la nube y de la eficacia de las medidas de emergencia que se tomen, 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 a 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». Esta situación puede existir cuando se produce una agrupación de establecimientos industriales debido a la atracción de la energía, el agua o un conjunto de trabajadores adecuados. Esa agrupación puede facilitar la transferencia de suministros y productos de un lugar a

otro. En realidad, no es infrecuente que existan tres o más instalaciones separadas, pero contiguas, que constituyen un conjunto de riesgos de explosión y tóxicos a lo largo de la orilla de un río, en un estuario o cerca de bloques de viviendas.

La fuga de materiales inflamables o tóxicos a la atmósfera puede, por tanto, provocar una explosión, un incendio o la formación de una nube tóxica, fenómenos que se examinan con más detalle a continuación.

### 1.2.1. 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 kilopascuales (kPa). 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.

#### 1.2.1.1. 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.

### 1.2.1.2. 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.

### 1.2.1.3. Explosiones de nubes de vapor confinado o no confinado

Las explosiones en locales cerrados son las que se producen dentro de algún tipo de contenedor, como un recipiente o una tubería. Las explosiones dentro de los

**Cuadro 1. Ejemplos de explosiones industriales**

Sustancias químicas concernidas	Consecuencias		Lugar y fecha
	Muertes	Lesiones	
Eterdimetilico	245	3 800	Ludwigshafen, República Federal de Alemania, 1948
Queroseno	32	16	Bitburg, República Federal de Alemania, 1954
Isobutano	7	13	Lake Charles, Luisiana, Estados Unidos, 1967
Residuos del petróleo	2	85	Pernis, Países Bajos, 1968
Propileno	–	230	East St. Louis, Illinois, Estados Unidos, 1972
Propano	7	152	Decatur, Illinois, Estados Unidos, 1974
Ciclohexano	28	89	Flixborough, Reino Unido, 1974
Propileno	14	107	Beek, Países Bajos, 1975

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 1 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.

### 1.2.2. 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/m<sup>2</sup> durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m<sup>2</sup> durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

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. Este caso se ha examinado en la subsección 1.2.1.

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 dióxido de azufre, de la combustión de disulfuro de carbono y de óxidos nitrosos de los incendios en los que interviene el nitrato amónico

### 1.2.2.1. 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 está 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 2 figura una lista de algunos de los principales incendios

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.

**Cuadro 2. Ejemplos de incendios importantes**

Sustancias químicas concernidas	Consecuencias		Lugar y fecha
	Muertes	Lesiones	
Metano	136	77	Cleveland, Ohio, Estados Unidos, 1944
GLP <sup>1</sup> (ELEVE <sup>2</sup> )	18	90	Feyzin, Francia, 1966
GNL <sup>3</sup>	40	—	Staten Island, Nueva York, Estados Unidos, 1973
Metano	52	—	Santa Cruz, México, 1978
GLP <sup>1</sup> (ELEVE <sup>2</sup> )	650	2 500	México, D.F., México, 1988

<sup>1</sup> Gas licuado de petróleo    <sup>2</sup> Explosión de líquido en ebullición con desprendimiento de vapores en expansión    <sup>3</sup> Gas natural licuado

### 1.2.3. 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, el presente manual examina el almacenamiento y utilización de sustancias químicas tóxicas, frecuentemente en muy grandes cantidades que, si escapasen, se dispersarían con el viento y tendrían la posibilidad potencial de matar o lesionar a personas que viven a muchos 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 del alcance 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 3 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 mismo modo, otras sustancias químicas, como el isocianato de metilo y la dioxina, se deben utilizar con

particular cuidado dada su mayor toxicidad, aun cuando se pueden manipular en cantidades menores. Por este motivo, varias de estas sustancias químicas muy tóxicas se han incluido en la llamada «Directiva de Seveso» de la CE (véase el apéndice 1).

**Cuadro 3. Ejemplos de escapes importantes de sustancias tóxicas**

Sustancias químicas concernidas	Consecuencias		Lugar y fecha
	Muertes	Lesiones	
Fosgeno	10		– Poza Rica, México, 1950
Cloro	7		– Wüsum, República Federal de Alemania, 1952
Dioxina/TCDD	–		– Seveso, Italia, 1976
Amoníaco	30	25	Cartagena, Colombia, 1977
Dioxido de azufre	–	100	Baltimore, Maryland, Estados Unidos, 1978
Acido sulfhídrico	8	29	Chicago, Illinois, Estados Unidos, 1978
Isocianato de metilo	2 000	200 000	Bhopal, India, 1984

### 1.3. Componentes de un sistema de control de riesgos de accidentes mayores

En la sección 1.2 se han descrito los diversos accidentes principales que pueden producirse y que han inducido al establecimiento del concepto de un «riesgo de accidente mayor», como una actividad industrial que requiere otras medidas de control de las aplicadas en las actividades industriales normales para proteger a los trabajadores y a las personas que viven y trabajan fuera de la fábrica de que se trate. Esas medidas forman un conjunto integrado – un sistema de control contra los riesgos de accidentes mayores – que tiene por objeto no sólo prevenir los accidentes, sino también, y ello es sumamente importante, mitigar las consecuencias de cualquier accidente que pueda producirse.

Debido a la complejidad de las actividades industriales de que se trata, el control de riesgos de accidentes mayores tiene que basarse sobre un método sistemático.

Los componentes esenciales de este sistema son los siguientes:

- a) *Determinación de las instalaciones sujetas a riesgos de accidentes mayores.* Es preciso determinar las instalaciones que, según la definición, pueden corresponder a los criterios establecidos para la

clasificación de las instalaciones que implican riesgos mayores. Las autoridades estatales y la dirección de las empresas deben instituir la determinación de las instalaciones que implican un alto riesgo sobre una base prioritaria. Esa determinación se puede realizar de acuerdo con las orientaciones indicadas en el capítulo 2, en el que también figura una lista de las 20 sustancias a que se debe dar prioridad a este respecto.

- b) *Información acerca de la instalación* Una vez que se han señalado las instalaciones que representan mayores riesgos, es necesario reunir información adicional acerca de su diseño y funcionamiento. Además, esa información debe describir también todos los demás riesgos específicos de la instalación. Debido a la probable complejidad de la instalación, la información debe acopiarse y ordenarse sistemáticamente y ser accesible a todas las partes interesadas de la industria, tales como las direcciones de empresas y los trabajadores, y de fuera de la industria, como los órganos estatales que pueden necesitarla por concesión de licencias e inspección. Para efectuar una descripción completa de los riesgos, tal vez resulte imprescindible realizar estudios sobre seguridad y evaluaciones de los riesgos con el fin de descubrir posibles fallas en los procedimientos y de establecer prioridades durante el proceso de evaluación de los riesgos. Cabe utilizar métodos rápidos de clasificación para elegir las dependencias que pueden requerir una evaluación más a fondo. En la sección 3.5 y en el apéndice 6 se describe el contenido de un estudio de ese tipo en forma de un informe sobre seguridad. En el apéndice 2 se presenta un ejemplo de un método rápido para clasificar las dependencias según sus riesgos.
- c) *Medidas que se han de adoptar en relación con la actividad industrial.* Además de preparar un informe, la dirección de una empresa tiene la responsabilidad primordial de hacer funcionar y mantener una fábrica segura. Por tanto, se requiere una política correcta de seguridad. Las inspecciones técnicas, las actividades de mantenimiento, la modificación de la planta, la capacitación y la selección del personal adecuado se deben llevar a cabo según procedimientos bien fundados. A la preparación del informe sobre seguridad se debe añadir la investigación de los accidentes y la presentación de informes al respecto a las autoridades. Se han de tener en cuenta la

experiencia adquirida en los accidentes que se han producido o han estado a punto de producirse. Para más detalles con respecto a la función de la dirección de las fábricas, conviene remitirse a las secciones 3.1 a 3.5.

- d) *Medidas adoptadas por las autoridades públicas.* La evaluación de los riesgos a los efectos de la concesión de licencias, cuando proceda, la inspección y el cumplimiento de la legislación incumben a las autoridades públicas encargadas de controlar los riesgos de accidentes mayores. La planificación del uso de la tierra puede reducir en forma considerable las posibilidades de un desastre y probablemente está sometida al control del Estado. La capacitación de los inspectores de fábrica, con inclusión de los inspectores químicos, es asimismo una función pública importante. En el capítulo 4 se dan más explicaciones sobre la función de las autoridades.
- e) *Planificación para los casos de emergencia.* Todos los elementos anteriores se concentran en la prevención de un accidente grave. La planificación para los casos de emergencia tiene por objeto reducir las consecuencias de los accidentes principales y parte del supuesto de que no puede garantizarse la seguridad absoluta. Al establecer una planificación de emergencia, se ha de hacer una distinción entre la planificación en el lugar y fuera del lugar. Un plan bien estructurado y claro debe basarse sobre un informe de seguridad correctamente preparado y que se puede emplear con rapidez y eficacia cuando se produce un accidente importante. En el capítulo 6 se dan más detalles sobre la planificación de emergencia.

#### 1.4. Exclusiones

Aunque algunas partes pueden resultar aplicables a un campo más amplio de actividades industriales, el presente manual se ocupa del control de los riesgos industriales graves, tal como se describen en la sección 1.1. Se excluyen las medidas necesarias para el transporte de sustancias químicas peligrosas, puesto que su regulación y ordenación son totalmente diferentes de las aplicables en lugares estáticos.

Igualmente se excluyen del alcance de este manual los riesgos nucleares y los que tienen un carácter estrictamente militar, dada la probabilidad de que ambos estén sometidos a un sistema de control global propio

## 2. Determinación de las instalaciones que implican riesgos de accidentes mayores

Cualquier sistema de control de riesgos de accidentes mayores ha de establecer prioridades, que pueden lógicamente diferir de un país a otro. Es siempre probable que los recursos sean limitados tanto en los diversos organismos públicos como en la industria y, en consecuencia, se debe prestar particular atención a que las medidas de control de los riesgos se orienten hacia los sectores prioritarios.

Es obviamente impropio examinar todos los posibles procesos industriales que podrían dar origen a lesiones o muertes y designarlos como riesgos de accidentes mayores. La lista definitiva resultaría enorme y difícil de manejar en cualquier país (desarrollado o en desarrollo).

Suele ser necesario definir los riesgos principales por medio de una lista de sustancias peligrosas con las cantidades conexas que pueden originar el accidente, de modo que las instalaciones industriales que entren en el campo de la definición, como fábricas o talleres sujetos a riesgos graves, sean reconocidas como las que requieren una atención prioritaria, es decir, las que presentan el peligro potencial de causar un accidente muy grave que es probable afecte a seres humanos de dentro y fuera del lugar donde sucede.

### 2.1. Propósito y procedimientos de determinación

La determinación de los riesgos de accidentes mayores es el punto de partida de cualquier sistema de control y, una vez que se han indicado, se establece el programa para aplicar los diversos componentes del sistema. Este proceso mostrará qué materiales peligrosos se encuentran más comúnmente en cantidades que representan un riesgo importante y que requieren, en consecuencia, una atención prioritaria del grupo de expertos (subsección 7.3.1). Cuando se solicitan licencias en relación con nuevos riesgos importantes, las autoridades (la inspección de las fábricas) necesitarán quizás una información adicional suficiente (sección 3.5) para examinar de manera adecuada la solicitud. Se puede dar comienzo al examen de los demás componentes descritos en capítulos posteriores (por ejemplo, la planificación de emergencia).

Aun cuando la definición de una sustancia/cantidad que presenta un riesgo importante es probablemente el método utilizado para definir este tipo de riesgo en la mayoría de los países, si no en todos, la determinación de las explotaciones a partir de esta definición dependerá

de las circunstancias locales y se examina en la sección 7.2. El método más comúnmente elegido consiste en imponer a la dirección de las explotaciones que presentan un riesgo importante la obligación legal de notificar a las autoridades sus actividades; sin embargo, existen otras soluciones, basadas por ejemplo sobre registros de los inspectores de fábricas, que pueden resultar apropiadas.

La definición de un riesgo importante con respecto a cualquier país puede verse modificada a medida que se acumulan experiencia y conocimientos técnicos sobre los riesgos actuales y sobre nuevos riesgos, así como sobre el historial de los accidentes principales ocurridos desde que se estableció la definición de la sustancia/cantidad.

### 2.2. Instalaciones que implican un riesgo de accidente mayor con arreglo a la Directiva de la CEE

Como resultado de varios incidentes acaecidos en la industria química en Europa en los últimos dos decenios, en varios países de Europa occidental se ha promulgado una legislación específica, relativa a las actividades que entrañan un riesgo importante. Una característica esencial de esa legislación es la obligación del empleador de una instalación industrial que implica un riesgo importante, con respecto a presentar información acerca de la actividad y sus riesgos basada sobre resultados de estudios sistemáticos de seguridad. Después del accidente de 1976 en Seveso, Italia, los reglamentos sobre los riesgos de accidentes mayores en los diversos países de la Comunidad se agruparon o integraron en una Directiva de la CEE. Esa Directiva, relativa a los riesgos de accidentes graves de ciertas actividades industriales, está en vigor desde 1984 y se designa a menudo con el nombre de Directiva de Seveso.

A los efectos de determinación de las instalaciones que presentan riesgos importantes, la Directiva de la CEE utiliza ciertos criterios. Esos criterios se fundan en las propiedades tóxicas, inflamables y explosivas de las sustancias químicas, tal como se describe en el cuadro 4.

Para la selección de actividades industriales concretas que implican peligros importantes, se facilita una lista de sustancias y de los umbrales límite. Esta lista figura en el apéndice 1. La Directiva define una actividad industrial como el conjunto de todas las instalaciones situadas entre sí a una distancia de 500 metros como máximo y que pertenecen a la misma fábrica o planta.

**Cuadro 4. Criterios de la Directiva de la CEE con respecto a las instalaciones que presentan riesgos de accidentes mayores**

*Sustancias tóxicas (muy tóxicas y tóxicas):*

Sustancias que muestran los valores de toxicidad aguda que se indican a continuación y que tienen propiedades físicas y químicas capaces de ocasionar riesgos importantes de accidentes:

	DL50 (oral), en la rata mg/kg	DL50 (cutánea), en la rata o el conejo mg/kg	CL50 por inhalación (4 horas), en la rata mg/l
1.	DL50 < 5	DL < 1	CL50 < 0,10
2.	5 < DL50 < 25	10 < DL50 < 50	0,1 < CL50 < 0,5
3.	25 < DL50 < 200	50 < DL50 < 400	0,5 < CL50 < 2

*Sustancias inflamables:*

1. Gases inflamables: sustancias que en estado gaseoso a una presión normal y mezcladas con el aire se hacen inflamables y cuyo punto de ebullición a una presión normal es de 20 °C o inferior.
2. Líquidos altamente inflamables: sustancias que tienen una temperatura de inflamabilidad inferior a los 21 °C y cuyo punto de ebullición a una presión normal es superior a 20 °C.
3. Líquidos inflamables: sustancias que tienen una temperatura de inflamabilidad inferior a los 55 °C y que conservan el estado líquido bajo presión, y en las que unas condiciones particulares de elaboración, como una presión elevada y una temperatura elevada, pueden crear riesgos de accidentes graves.

*Sustancias explosivas:*

Sustancias que pueden hacer explosión por efecto de una llama o que son más sensibles a choques o fricciones que el dinitrobenzeno.

Cuando la cantidad presente de las sustancias excede el umbral límite que figura en la lista, la actividad se considera como una instalación que entraña un riesgo importante. La lista de sustancias consta de 180 sustancias químicas, mientras que los umbrales límite varían entre 1 kg para sustancias extremadamente tóxicas hasta 50 000 toneladas para líquidos muy inflamables. Se proporciona asimismo una lista separada de unas pocas sustancias que requieren un almacenamiento aislado.

Además de los gases, líquidos y explosivos inflamables, la lista contiene sustancias químicas como el amoníaco, el cloro, el anhídrido sulfúrico y el acrilonitrilo.

**2.3. Campo de actuación con respecto a las prioridades**

Para que un sistema de control de riesgos alcance sus objetivos, es preciso que se pueda aplicar. Con el fin de facilitar la aplicación del sistema y de inducir a las autoridades y a los empresarios a aplicarlo, debe estar orientado por prioridades, concentrando su atención en las instalaciones con más riesgos.

El establecimiento de prioridades se puede efectuar recurriendo a diversos métodos y técnicas. Una manera de hacerlo consiste en concentrarse en menos sustancias químicas de las que actualmente figuran en la definición de la CEE. Por tanto, la lista de sustancias químicas que figuran en el apéndice 1 puede acortarse con el fin de dar preeminencia a los lugares donde existen las sustancias químicas más peligrosas. En el cuadro 5 figura una lista de las prioridades que se sugieren.

A partir de las sustancias químicas recogidas en el cuadro 5 a título de orientación, se puede establecer una lista de instalaciones. Si la lista sigue siendo demasiado larga para que las autoridades puedan ocuparse de todas las instalaciones, cabe establecer nuevas prioridades por medio de la fijación de nuevos umbrales de cantidad. El establecimiento de prioridades puede utilizarse también dentro de la fábrica para poner al descubierto las partes que presentan mayores riesgos de accidentes recurriendo a métodos de clasificación rápida, por ejemplo.

**Cuadro 5. Sustancias químicas que se utilizan prioritariamente para determinar las instalaciones con riesgos de accidentes mayores**

Nombre de la sustancia	Cantidad (>)	Número de serie de la lista de la CEE
<i>Sustancias inflamables en general:</i>		
Gases inflamables	200 t	124
Líquidos altamente inflamables	50 000 t	125
<i>Sustancias inflamables específicas:</i>		
Hidrógeno	50 t	24
Oxido de etileno	50 t	25
<i>Explosivos específicos:</i>		
Nitrato amónico	2 500 t	146 b
Nitroglicerina	10 t	132
Trinitrotolueno	50 t	145
<i>Sustancias tóxicas específicas:</i>		
Acrilonitrilo	200 t	18
Amoníaco	500 t	22
Cloro	25 t	16
Dióxido de azufre	250 t	148
Acido sulfhídrico	50 t	17
Cianuro de hidrógeno	20 t	19
Disulfuro de carbono	200 t	20
Fluoruro de hidrógeno	50 t	94
Cloruro de hidrógeno	250 t	149
Trióxido de azufre	75 t	180
<i>Sustancias muy tóxicas específicas:</i>		
Isocianato de metilo	150 kg	36
Fosgeno	750 kg	15

Esos métodos se basan sobre un breve estudio de la actividad industrial en conjunto o en parte. De esta forma se establecen factores numéricos que se incorporan al cálculo de un «índice de seguridad» que sirve de indicación de la magnitud del riesgo. Este método se describe en el apéndice 2. A veces resulta arduo y su interpretación debe realizarse con gran meticulosidad.

#### **2.4. Instalaciones que presentan los riesgos mayores típicos**

Dada la diversidad y complejidad de la industria en general, no es posible circunscribir las instalaciones que presentan los riesgos principales a ciertos sectores de actividad industrial. Sin embargo, la experiencia indica

que las instalaciones con mayores riesgos están por lo común relacionadas con las actividades siguientes.

- a) fábricas de productos petroquímicos y refinerías;
- b) fábricas de productos químicos y plantas de producción de productos químicos,
- c) almacenamiento y terminales de gas licuado de petróleo,
- d) almacenes y centros de distribución de productos químicos;
- e) grandes almacenes de fertilizantes,
- f) fábricas de explosivos, y
- g) fábricas en que se utiliza cloro en grandes cantidades.