

El riesgo de desastre químico como cuestión de salud pública *Risk of chemical disaster as a public health concern*

Castro Delgado R., Arcos González P.
Departamento de Medicina (UIED). Universidad de Oviedo

Resumen

Esta revisión trata de mostrar al personal sanitario, especialmente al que pueda estar involucrados en la planificación y/o respuesta ante un accidente químico, una visión general de los accidentes industriales mayores. Se muestran algunos datos de las principales catástrofes industriales de la historia y de accidentes ocurridos en nuestro entorno que podrían haber evolucionado a un accidente mayor. Se hace además una revisión de la legislación española y europea sobre el tema y se resumen las principales consecuencias de las explosiones, fenómenos de tipo térmico y fuga de sustancias peligrosas. También se sintetizan los principales pasos a seguir para realizar un correcto análisis de riesgos en una determinada área geográfica. Por último se muestra la estructura general de los Planes de Emergencia del Sector Químico y las funciones de los distintos grupos que participan en él, incluidas las principales funciones del grupo sanitario.

Palabras clave: Desastre químico. Planificación en desastres. Evaluación de riesgo. Sustancias peligrosas. Legislación

Abstract

This revision is aimed at providing health care personnel, particularly those involved in planning and/or responding to a chemical accident, with an overview of the subject of major industrial accidents. A brief presentation is made of some data concerning the main industrial disasters in the past in addition to some accidents happened in our area that could have evolved into a major accident. A review is also provided of Spanish and European laws regarding this matter, in addition to summarizing the main consequences of explosions, phenomena of a thermal type and leakage of hazardous substances. A summary is also given of the main steps to be taken for a correct risk analysis in a given geographical area. Finally the overall organization of the Chemical Industry Emergency Plans and the functions of the different groups taking part therein, including main functions of the medical team, is provided.

.Key words: Chemical disaster. Disaster planning. Risk evaluation. Hazardous substances. Legislation.

Introducción

A la hora de tratar el tema de las emergencias y catástrofes, no podemos dejar de hablar del riesgo que suponen las instalaciones industriales, cada vez más frecuentes debido al importante desarrollo tecnológico de los últimos tiempos.

Prácticamente todos los objetos de uso cotidiano dependen en mayor o menor medida de la industria química, por lo que renunciar a ella es algo incluso difícil de imaginar. Es más, cada año salen al mercado gran cantidad de productos químicos nuevos^{1, 2}, algunos de los cuales precisan para su elaboración sustancias peligrosas³ que, lógicamente, han de ser transportadas, almacenadas y manipuladas en las plantas

industriales. Todos estos procesos suponen un riesgo con potencial catastrófico^{4,5,6}. El riesgo existe, y ya que éste no puede ser eliminado del todo, lo que hay que hacer en primer lugar es reducirlo mediante un correcto diseño de las plantas industriales y aplicando las medidas de seguridad correspondientes en cada paso del proceso industrial⁷. Aún así, el riesgo nunca va a ser cero, por lo que será necesario conocerlo a fondo en cada caso concreto para así tratar de planificar la actuación de todas las personas implicadas en el caso de que se produzca una catástrofe industrial.

Cuando el riesgo es muy elevado o está poco controlado puede producirse un accidente mayor, que es "... cualquier suceso tal como una emisión, fuga, vertido, incendio o explosión, que sea consecuencia de un desarrollo incontrolado de una actividad industrial, que suponga una situación de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, inmediata o diferida, para las personas, el medio ambiente o los bienes, bien sea en el interior o en el exterior de las instalaciones,..."⁸.

La expresión de estas dos labores de prevenir y planificar son los correspondientes estudios de seguridad industriales⁹ y los planes de emergencia, tanto internos como externos¹⁰. Ahora bien, hay que tener en cuenta que por muy bien diseñada que esté una planta química, por muy exhaustivo que sea el análisis de los riesgos y por muy bien coordinado que esté un plan de emergencias, siempre va a haber, y así nos lo demuestra la historia, accidentes químicos de una envergadura considerable⁷. En la Tabla 1 podemos ver algunos datos de estos accidentes mayores que por desgracia han hecho historia, si bien es importante recordar que aunque sí son todos los que están, no están, ni mucho menos, todos los que son.

Tradicionalmente los accidentes de Bhopal y Seveso son los más nombrados en la literatura universal debido al importante número de víctimas y evacuados^{7, 11}, aunque no es necesario irnos tan lejos en el lugar ni en el tiempo para comprobar cómo en el último año en nuestro país también se han producido situaciones peligrosas e incluso accidentes que han podido desembocar en una catástrofe¹². Algunos de estos accidentes quedan resumidos en la Tabla 2.

El campo de la seguridad industrial, el riesgo químico y la planificación ante emergencias es un campo amplísimo y multidisciplinar¹³, por lo que en esta revisión se esbozará una visión general del tema, para que luego cada profesional implicado en la respuesta ante una catástrofe industrial (fuerzas de seguridad, bomberos, conductores de ambulancias, personal sanitario, etcétera) pueda profundizar más en su campo concreto.

A lo largo de esta revisión veremos las principales normas legislativas españolas y europeas, los conceptos básicos relacionados con el análisis de riesgo químico en un área industrial así como las consecuencias que puede tener un accidente mayor industrial y la estructura básica de los planes de emergencia, haciendo especial hincapié en las funciones del grupo sanitario. El objetivo es ofrecer al personal

sanitario que pueda tener que participar en la respuesta ante una catástrofe industrial una visión general del tema, ya que consideramos que si bien su principal función va a ser la asistencia sanitaria a los accidentados, también debería de tener un pequeño conocimiento de otros campos que intervienen para así mejorar el funcionamiento del equipo¹⁴.

Marco legal

España posee una legislación propia (nacional y/o autonómica), si bien es importante recordar la pertenencia de España a la Unión Europea, lo que implica que algunas de las normas legislativas españolas sean adaptaciones de la legislación europea.

Aunque existen normas específicas a aplicar en caso de los accidentes mayores en las industrias químicas^{8, 15}, la organización de los recursos ante una emergencia de cualquier tipo se basa en el Sistema Nacional de Protección Civil¹⁶, cuya primera referencia en la legislación española es la Ley 2/1985 de 21 de Enero sobre Protección Civil. En la Tabla 3 se señalan las principales normas legislativas con respecto a la planificación ante emergencias en la industria química. No tendría sentido en un contexto como es el de esta revisión, cuyo objetivo es ofrecer al lector una visión global, comentar otras normativas, aunque sí es recomendable para todas las personas que trabajen en el campo de la planificación o respuesta ante emergencias o catástrofes que las conozcan, ya que en ellas están explicados muchos de los conceptos básicos relacionados con este tema.

Principales riesgos industriales

Para poder planificar de una manera correcta la actuación ante un desastre industrial, es necesario conocer qué tipo de accidentes pueden ocurrir en cada industria presente en el área a planificar. El primer paso será, como detallaremos más adelante, realizar un exhaustivo análisis de riesgos^{7, 17}.

Por regla general, y según lo establecido en las directrices básicas para la elaboración y homologación de los planes especiales del sector químico¹⁰, los accidentes mayores en las industrias químicas pueden producir tres tipos de fenómenos: a) de tipo mecánico, como ondas de presión y proyectiles, ambos relacionados con las explosiones; b) de tipo térmico, como incendios y radiaciones térmicas; y c) de tipo químico, como fuga o vertido incontrolado de sustancias tóxicas o contaminantes.

Vamos a ver brevemente las consecuencias para las personas e instalaciones que encierra cada uno de estos fenómenos; es lo que se llama el estudio de la vulnerabilidad de personas e instalaciones⁷. Aunque en la práctica el estudio de la vulnerabilidad es la última etapa del análisis de riesgos, ya que es necesario conocer

primero que tipos de accidentes pueden ocurrir en la zona objeto de estudio para luego saber cómo puede ser aceptado el entorno (personas, medioambiental e instalaciones), en este caso, y por motivos pedagógicos, vamos a estudiar primero la vulnerabilidad, es decir, cómo afectan los fenómenos físicos producidos tras un accidente (temperatura, ondas de presión,...) a las personas e instalaciones.

Para cuantificar la vulnerabilidad de las personas, nos referimos al número de afectados con cierto nivel de daño, y para cuantificar la vulnerabilidad de las instalaciones nos referimos a daños físicos o pérdidas económicas⁷.

Vulnerabilidad a las explosiones

En una explosión se produce una gran cantidad de energía en un espacio de tiempo muy corto. Estaría fuera de lugar el tratar de hacer una explicación exhaustiva de la física de las explosiones, si bien sí es interesante conocer al menos las dos principales clases de explosiones que hay⁷:

- explosión física, en la que la energía necesaria para que se produzca procede de un fenómeno físico. El caso típico es la liberación súbita de la energía presente en un gas comprimido. Es necesario que la sustancia se encuentre en un recipiente hermético.
- explosión química, en la que la energía procede de una reacción química y no es necesario que esté confinada.

Las consecuencias inmediatas de una explosión son, por un lado, la generación de ondas de presión que crean compresiones y expansiones alternativas del aire, y por otro lado la formación de objetos acelerados que actúan como proyectiles¹⁰. A veces las explosiones pueden ir acompañadas de fenómenos de tipo térmico según sus características (por ejemplo las explosiones físicas pueden originarse por un incendio, y una explosión química puede afectar a un almacenamiento de un gas inflamable), si bien la vulnerabilidad a las radiaciones térmicas la veremos más adelante.

Los daños producidos por una explosión pueden ser:

a) Producidos directamente por las ondas de presión:

- sobre las instalaciones, según la sobrepresión que se origine, puede ocasionar desde rotura de cristales hasta destrucción de edificios. Además se formarán fragmentos acelerados que actuarán como proyectiles.

- sobre las personas, las ondas de presión van a afectar principalmente a los órganos que contienen aire en su interior, como los pulmones, el estómago o en oído medio

entre otros. Así, el daño variará desde una ruptura timpánica hasta la muerte por hemorragia pulmonar. También puede producir el desplazamiento de los afectados, proyectándolos contra otros objetos fijos o móviles, produciéndose de esta manera traumatismos múltiples.

b) Producidos por los proyectiles. Éstos se pueden originar directamente en el foco de la explosión o bien al actuar las ondas de presión sobre las instalaciones y edificios. Según el tamaño, peso, forma, velocidad y punto de impacto el daño producido por un proyectil sobre una persona va a ser desde banal hasta poder producir la muerte instantánea.

Así pues, de las lesiones producidas sobre las personas podemos distinguir¹⁰: lesión primaria (producida directamente por la onda de presión), lesión secundaria (producida por los proyectiles generados) y lesión terciaria (producida por el desplazamiento de los afectados, golpeándose así contra otros objetos).

Debido a que la sobrepresión a la que se produce la caída parcial de techos y paredes es menor que la necesaria para producir la ruptura traumática del tímpano, e incluso mucho menor que la necesaria para producir una hemorragia pulmonar, la vulnerabilidad de las personas va a ser mucho mayor en el interior de los edificios que en el exterior⁷. En la Figura 1 podemos ver resumidos cuáles son los principales efectos de las explosiones.

Vulnerabilidad a los fenómenos de tipo térmico

Tanto las personas como las instalaciones van a sufrir las consecuencias del fuego y de las radiaciones térmicas cuando reciban calor a una velocidad mayor de la que lo disipen. En el punto de origen del calor la transmisión de éste va a ser por conducción, convección y radiación, pero a medida que nos alejamos del foco va a ser principalmente por radiación. El estudio del fuego es un campo complejo, y en la industria se pueden dar distintos tipos de fuegos (incendios de líquido en charco, dardos de fuego, BLEVES (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion),...), pero en este caso vamos a ver exclusivamente los efectos de las radiaciones térmicas.

a) Vulnerabilidad de las personas. Va a variar fuertemente en función de las circunstancias, el tipo de fuego, las protecciones personales, etc. Así, por ejemplo, en un incendio tipo flash la posibilidad de que las personas huyan es mínima, ya que se produce de una manera instantánea. Al final de este apartado veremos algunos de los factores que influyen en la vulnerabilidad. El principal efecto de los fenómenos de tipo térmico sobre las personas será la producción de quemaduras de distinta consideración según sus características, y en ciertos casos puede ser necesario el traslado a un centro especial de quemados.

b) Vulnerabilidad de las instalaciones. Las radiaciones térmicas van a tener un efecto sobre las instalaciones, debilitando las estructuras de éstas (principalmente por acción directa de la llama), pudiendo provocar derrumbamientos, por lo que aumentarían así los daños sobre las personas. El tipo de material también puede favorecer la expansión de las llamas. Además, y como ya hemos visto anteriormente, el calor puede debilitar tanques que almacenen productos inflamables a presión, disminuyendo su resistencia y provocando una explosión, que en este caso sería de tipo físico, con el consiguiente daño que ésta va a producir en otras instalaciones y en las personas⁷. En el caso de derrumbe de instalaciones como efecto del calor el patrón lesional en las personas será el de politraumatizados¹⁸.

El hecho de que un accidente localizado pueda provocar otros accidentes en instalaciones contiguas se denomina "efecto dominó"⁹, el cual es muy importante tener en cuenta a la hora de planificar la actuación ante un accidente mayor en una zona industrial.

Vulnerabilidad ante fugas de sustancias peligrosas

Son consideradas sustancias peligrosas aquellas que son explosivas, comburentes, extremadamente inflamables, fácilmente inflamables, inflamables, muy tóxicas, tóxicas, nocivas, corrosivas, irritantes, sensibilizantes, carcinogénicas, mutagénicas, tóxicas para la reproducción y las peligrosas para el medio ambiente^{3,8,10}. La fuga de sustancias peligrosas, y más concretamente aquellas que puedan afectar a la salud humana por su carácter tóxico, es una de las mayores preocupaciones entre la población residente próxima a industrias químicas¹⁹, si bien esta preocupación no está del todo justificada porque, como ya se ha comentado en más de una ocasión, aunque el riesgo existe, éste es, por ejemplo, menor que el que asumimos por el simple hecho de realizar ciertos trabajos⁷.

La fuga de sustancias tóxicas es un tipo de accidente industrial que tiene unas peculiaridades que lo distinguen de otros tipos de accidentes. Por un lado, tiene mayor probabilidad de afectar a la población en el exterior de las instalaciones, ya que es un tipo de peligro que se propaga a partir del foco de emisión; y por otro, es necesario un tiempo de latencia para que la sustancia se propague y afecte a la población, por lo que las decisiones que se tomen en ese periodo de tiempo serán determinantes a la hora de paliar los posibles efectos de la fuga. Así, la Autoridad Competente deberá decidir en cada caso entre un eventual confinamiento o una evacuación de la población según las circunstancias del accidente¹⁰.

En el caso de una fuga de sustancias tóxicas hay una serie de datos que son decisivos a la hora de definir las acciones a tomar²⁰. Muchos de estos datos ya se pueden conocer de antemano²¹ si en la zona se ha realizado un correcto análisis de los riesgos

y se ha elaborado el correspondiente Plan de Emergencias. Algunos de estos datos son:

1- Características físico-químicas y toxicológicas de la sustancia¹. Es una información importantísima que ya podemos conocer incluso antes de que ocurra el accidente, realizando un inventario exhaustivo de las sustancias tóxicas existentes en un determinado área²². Esto nos permitirá clasificarlas por su grado de toxicidad, cantidad almacenada y condiciones de almacenamiento evaluando el riesgo de provocar un accidente mayor. Así los equipos de primera intervención podrán tener preparados los equipos de protección adecuados y el personal sanitario de la zona conocerá los signos y síntomas de la intoxicación así como las posibles complicaciones y el tratamiento. En definitiva, la intervención se realizará de una manera más rápida, efectiva y segura.

2- Cantidad de la sustancia emitida, dato que deberá de ser aportado por los responsables de la empresa.

3- Demografía y principales vías de comunicación de la zona. Este es otro dato que también podemos conocer a priori y que nos servirá para conocer la población afectada y organizar, si así se considera necesario, una eventual evacuación de la población de una manera ordenada y rápida. Lógicamente, en este caso habrá sido necesario realizar previamente una campaña de información a la población.

4- Recursos existentes en la zona, tanto materiales como personales. Es importante conocer la localización y operatividad de los parques de bomberos, ambulancias, fuerzas de seguridad y personal sanitario que pueda ser movilizado para que su actuación sea lo más rápida posible.

5- Condiciones meteorológicas. Las condiciones meteorológicas existentes en la zona de la fuga pueden hacer que ésta pase desapercibida para la población o que cause una auténtica catástrofe. Todos los factores meteorológicos (nubosidad, proximidad al mar, gradiente de temperaturas en la atmósfera,...) van a influir en la dispersión de la nube tóxica, pero uno de los más importantes va a ser el viento. Su dirección determinará el desplazamiento del tóxico, y a más velocidad éste irá más rápido, pero también se disipará más en el aire y disminuirá su concentración⁷.

Aunque realmente lo que más nos interesa sean los datos meteorológicos en el momento del accidente y horas posteriores, es necesario recoger durante un periodo de tiempo suficiente parámetros atmosféricos de la zona a estudiar para así realizar un correcto análisis de riesgos y estimación de consecuencias ante una hipotética emisión tóxica con una fiabilidad estadística suficientemente alta.

Actualmente existen programas informáticos con modelos de dispersión de una nube tóxica sobre un área determinada en función de la cantidad de sustancia emitida, su

concentración y de las condiciones atmosféricas. Estos programas son de gran utilidad para valorar en tiempo real la posible evolución de una nube tóxica y tomar las decisiones adecuadas de cara a mitigar sus consecuencias. A su vez estos mismos programas también son capaces de simular distintas explosiones, delimitando ya de antemano, en la fase de planificación, las zonas de seguridad.

Los efectos que la fuga de una sustancia peligrosa va a tener sobre la población van a variar mucho de unas condiciones a otras²³. Estos efectos pueden ser agudos o crónicos, si bien, en este caso nos referiremos a los agudos ya que muchas de las actuaciones que se lleven a cabo por los equipos de primera intervención van a depender de ellos, y sin restar importancia a los efectos crónicos sobre las personas¹¹ ni a los efectos sobre el medio ambiente, ya que en el primer caso se requerirá un seguimiento por parte de las autoridades sanitarias y en el segundo, en última instancia, también se verá afectada la salud de la población²⁴. Además pueden no detectarse efectos agudos pero sí crónicos^{11, 25}.

Los efectos agudos que se produzcan sobre la población van a depender de la interrelación de una serie de factores entre los que podríamos destacar las características tóxicas de la sustancia, la cantidad emitida, la concentración en el aire, las condiciones atmosféricas, la duración de la exposición, el estado de salud y la susceptibilidad a la sustancia de las personas expuestas.

El último punto de los citados anteriormente es algo que muchas veces pasa desapercibido pero que tiene una gran importancia. Así por ejemplo si se produce una fuga de un gas irritante en una zona donde en la población expuesta tiene una prevalencia alta de patología respiratoria, las consecuencias pueden ser mayores de las teóricamente esperadas debido a que la susceptibilidad de la población será mayor.

Según las características tóxicas de las sustancias, los efectos se van a manifestar de una forma u otra sobre^{1, 26}:

- Sistema nervioso central: Algunas sustancias y preparados tóxicos pueden producir depresión del mismo, produciéndose dolores de cabeza, mareos, confusión y a veces coma por una parada cardiorrespiratoria. Otros pueden ser estimulantes del sistema nervioso y pueden producir agitación, delirios y convulsiones.
- Aparato respiratorio: Principalmente los gases irritantes producen desde simples molestias respiratorias como puede ser tos o sensación de falta de aire, hasta el fallecimiento por edema de pulmón.
- Aparato cardiovascular: Principalmente arritmias o hipotensión, a veces debido a los efectos producidos sobre otros aparatos o sistemas.

- Riñón: Puede ser afectado por gran cantidad de tóxicos, ya que una vez que éstos pasan a la sangre, muchos de ellos son eliminados por él, pudiéndose producir insuficiencia renal.

- Piel y ojos: también se van a ver afectados por los tóxicos, aunque en el caso de los gases los efectos serán mayores en el caso de estos últimos, pudiéndose producir desde simples molestias oculares con picor y enrojecimiento, hasta quemaduras corneales.

- Aparato gastrointestinal: Náuseas, vómitos, dolor abdominal, diarrea, etc.

Como podemos ver los efectos sobre la salud de la población van a abarcar un amplio rango de signos y síntomas; signos y síntomas que deben de ser conocidos de antemano por el personal sanitario de la zona mediante el conocimiento de las sustancias peligrosas existentes, así como de su localización, para que en el caso de que se produzca una emergencia se puedan determinar con rapidez y eficacia las acciones a tomar, así como un diagnóstico y tratamiento precoz de los afectados. El conocimiento por parte del personal sanitario de las sustancias tóxicas servirá además para realizar una detección y un tratamiento precoz de las posibles secuelas que pueda haber tras una exposición aguda al tóxico²⁷.

Por muy exhaustiva que sea la planificación y el análisis de las consecuencias, probablemente ante un accidente los efectos finales de éste sean mayores o menores de los esperados. Esto se debe a que existen factores que modifican la vulnerabilidad como pueden ser la época del año (en invierno estamos más protegidos), la hora del accidente (determina la cantidad de trabajadores presentes en la factoría o el que la población esté durmiendo), la probabilidad de que ocurra un efecto dominó, etc.

Análisis de riesgos

Los conceptos básicos a la hora de realizar el análisis de riesgos son⁷:

- riesgo, es la posibilidad de sufrir un daño, ya sea éste hacia instalaciones, personas o medio ambiente. Así, de una manera matemática, se puede expresar el riesgo como el producto de la probabilidad de que ocurra un accidente por las consecuencias de dicho accidente.

$$\text{riesgo} = \text{probabilidad} \times \text{consecuencias}$$

- peligro, es el origen de un riesgo, es decir, algo que puede desencadenar un accidente. Se puede expresar como un factor físico o químico¹⁰ cuando tratamos de

detectar los peligros en los procesos de una determinada factoría (por ejemplo el aumento de presión en un tanque por encima de su límite) o simplemente como la presencia de sustancias o formas de energía peligrosas en un determinado área^{6, 28} (la presencia de un tanque de amoniaco supone un peligro ya que por sus propiedades intrínsecas tiene la capacidad potencial de causar un daño).

Al hablar de peligros no hablamos de probabilidades, ya que éstas entran a formar parte del concepto de riesgo; al hablar de peligros nos referimos a características propias de las sustancias peligrosas, formas de energía o cualquier otra situación con capacidad de causar un daño.

- objeto de riesgo, es todo aquello que contiene peligros (muelles, aeropuertos, gasoductos, industrias, ciertos almacenamientos, etc.)^{17,28}.

- análisis de riesgos sería la identificación y evaluación de los peligros existentes en los objetos de riesgo de un determinado área, así como la estimación de las consecuencias de los posibles accidentes derivados de dichos peligros.

Los pasos a seguir para realizar un correcto análisis de riesgos en un determinado área son:

1-Identificación de los objetos de riesgo

Este es el primer paso del proceso y el más crucial, ya que aquellos objetos de riesgo que no hallamos identificado en esta etapa se nos van a escapar en el resto del estudio, por ello es preferible identificar el más mínimo objeto de riesgo, ya que de no existir en él peligros significativos siempre estaremos a tiempo de eliminarlo del estudio¹⁷. Una vez que hemos realizado el inventario de los riesgos que queremos localizar (instalaciones industriales, puertos, conducciones de sustancias peligrosas, depósitos de almacenamiento de estas sustancias, etc.), debemos identificar sobre un mapa topográfico de la zona de estudio aquellos objetos de riesgo que coincidan con los de dicho inventario, realizando posteriormente una inspección de los mismos. La importancia de localizarlos en el mapa radica no sólo en la mera localización, sino también porque de esta manera podemos conocer también los elementos vulnerables existentes alrededor del objeto de riesgo, es decir, aquellos elementos que se pueden ver afectados ante un accidente en la instalación estudiada (núcleos de población, escuelas, hospitales, etc.). Esto es muy importante ya que como hemos visto anteriormente si las consecuencias son pequeñas, el riesgo también disminuye (por ejemplo si apenas hay población en los alrededores, las consecuencias serán menores y por tanto el riesgo también será menor, y viceversa). Además sobre un mapa podemos conocer las principales vías de transporte existentes, conociendo de antemano las rutas más óptimas para la llegada de los equipos de rescate y de una posible evacuación.

2-Identificación de peligros en cada objeto de riesgo

En cada objeto de riesgo que halla en el área debemos de realizar una identificación de los peligros que en él puedan existir. Cada peligro supondrá un tipo de riesgo, así por ejemplo la presencia de amoniaco supondrá un riesgo de intoxicación, mientras que la presencia de tanques con gas en su interior supondrá un riesgo de incendio o de explosión, cada uno de ellos con unas consecuencias distintas sobre los objetos amenazados.

A la hora de identificar estos peligros podemos simplemente realizar un listado de las sustancias peligrosas (indicando sus características, cantidad y tipo de riesgo) y formas de energía que puedan provocar un accidente mayor¹⁷, o bien podemos seguir técnicas de identificación de riesgos que proceden del campo de la ingeniería^{7, 29}. Lógicamente para la aplicación de dichas técnicas es necesario conocer en profundidad el funcionamiento de la factoría y de todos los procesos que en ella se llevan a cabo, por lo que este tipo de análisis suele ser realizado por personal muy cualificado de la propia empresa, y los resultados obtenidos pueden ser utilizados por las personas responsables de la planificación de emergencias en la zona objeto del estudio.

Algunas de las principales técnicas de identificación de riesgos son⁷: listas de comprobación, análisis histórico de accidentes, Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP), Análisis de Modalidades de Fallos y sus Efectos (FMEA), Análisis de Árbol de Fallos (FTA), Análisis de Árbol de Sucesos (ETA) o el Análisis "What if" entre otros. Algunos de estos análisis se pueden realizar ya durante la etapa de diseño de la planta industrial, por lo que ya se pueden aplicar medidas correctoras durante su construcción. La mayoría de ellos se basan en seguir ordenadamente el proceso industrial que se está estudiando e ir analizando las consecuencias de los distintos fallos y desviaciones que se puedan producir, para luego diseñar las medidas de seguridad adecuadas. Asignando probabilidades a los distintos fallos del sistema que se propongan, se podría incluso realizar un análisis cuantitativo de los riesgos.

3-Análisis de las consecuencias

El siguiente paso es el análisis de las consecuencias de los posibles accidentes provocados por los peligros existentes. Una vez más, a la hora de estimar las consecuencias podemos simplemente nombrarlas¹⁷ (intoxicación, contaminación, incendio, explosión,...), con lo que estaríamos diciendo cómo son afectados los objetos amenazados sin entrar a valorar objetivamente la gravedad del accidente, o bien podemos ser más exhaustivos y estimar cuál es la población afectada directamente, delimitar las zonas de riesgo, etc. Para ello se usan programas informáticos que calculan las variables físicas y químicas derivadas de un hipotético accidente⁷, y en función de ellas calcula el perímetro de las zonas de intervención y alerta (en la

Directriz Básica para la Elaboración y Homologación de los Planes Especiales del Sector Químico se establecen los valores físicos y químicos umbral para delimitar dichas áreas).

Se establece así el mapa de riesgo, que es la zona en que las variables físicas y químicas sobrepasan cierto umbral. Si superponemos el mapa de riesgos con el mapa de vulnerabilidad (en el que se señalan todos los elementos vulnerables), quedan perfectamente definidas las áreas de intervención y de alerta. (La zona de intervención sería aquella en la que las consecuencias del accidente producen un nivel de daños que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección. La zona de alerta sería aquella en la que las consecuencias del accidente provoca efectos que, aunque perceptibles por la población, no justifican la intervención, excepto para los grupos críticos, que será, definidos por el responsable del Grupo Sanitario para cada caso concreto¹⁰).

Una vez que hemos establecido los elementos vulnerables, es necesario hacer una estimación de las consecuencias, es decir, cómo afectan a estos elementos las variables físicas y químicas originadas por el accidente. Esto es esencial a la hora de determinar las acciones a tomar ante una emergencia. Es importante realizar una clasificación de la gravedad del accidente en función de las consecuencias para las personas, medio ambiente y propiedad. En el programa APELL (Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level) de las Naciones Unidas existen unas tablas para realizar esta clasificación²⁸ (ver Tabla 4).

Para establecer la gravedad de un accidente en función de sus consecuencias, lo primero que se tiene en cuenta son las consecuencias para las personas, a continuación para el medio ambiente y en último lugar para la propiedad¹⁷.

Hay que tener en cuenta que a la hora de analizar las consecuencias de un hipotético accidente va a haber muchos factores que determinarán la gravedad del accidente⁷. Entre ellos podemos destacar las condiciones meteorológicas; la hora del día, ya que de ella dependerá por ejemplo el número de trabajadores presentes en las proximidades del accidente o si la población está dormida; etc⁶.

Una vez que hemos identificado los objetos de riesgo y sus peligros y estimado las consecuencias y la gravedad de éstas, a veces es necesario conocer la probabilidad de que ocurra un determinado accidente. Para ello podemos recurrir a los datos del análisis cuantitativo de riesgos realizado por la empresa, o bien podemos realizar un análisis histórico de accidentes en industrias del mismo tipo, aunque este método será menos exacto debido a las peculiaridades existentes en cada empresa (entorno, profesionalidad de los trabajadores, situación social,...).

Planes de emergencia

Se podría definir un Plan de Emergencias como la organización óptima de los recursos adecuados o disponibles, tanto materiales como humanos, de cara a la prevención, preparación y respuesta ante accidentes de envergadura, así como el establecimiento de unos procedimientos de actuación³⁰ de cara a prevenir o, en su caso, mitigar los efectos de una posible emergencia. Es importante recalcar los tres conceptos que forman parte de dicha definición:

- Con respecto a la prevención, se deben de analizar los peligros existentes, de manera que, si el riesgo no es asumible, se tomen las medidas correctoras adecuadas.
- Todos los recursos existentes deben de estar preparados para actuar en cualquier momento, por eso es necesario realizar una serie de actuaciones para cumplir este objetivo (comprobaciones periódicas, ejercicios de adiestramiento, simulacros, información a la población, etc.)
- Y por supuesto es importante que la respuesta ante una emergencia sea lo más óptima posible¹⁸, lo que se logra con una buena delimitación de las funciones a realizar por cada grupo involucrado en la emergencia y con una buena preparación.

Clasificación

La Norma Básica de Protección Civil³¹ define tipos de planes de emergencia: 1) Planes Territoriales (tienen como función la de hacer frente ante emergencias de ámbito territorial, ya sea de una Comunidad autónoma o inferior (Municipales)), y 2) Planes Especiales. (para hacer frente a riesgos cuyas características requieran unos conocimientos científico-técnicos adecuados (emergencias nucleares, seísmos, situaciones bélicas, etc.)). Esta clasificación la podemos ver en la Figura 2.

En esta revisión vamos a ver las principales características de los Planes Especiales del Sector Químico, cuyo contenido, como ya hemos visto anteriormente, viene especificado en la Directriz Básica para su elaboración. Nos centraremos principalmente en la estructura y funciones de los grupos de acción, ya que como se ha destacado es importante, entre otras cosas, que cada profesional tenga bien claro cuáles van a ser sus funciones en caso de que se active un Plan de Emergencias. Los Planes de Emergencias del Sector Químico los podemos dividir en dos clases:

- Plan de Emergencia Interno (PEI), que es elaborado por la propia empresa⁷ y que se activa en el caso de una emergencia cuyas consecuencias no afecten al exterior de la instalación⁸. La empresa podrá solicitar ayuda externa a otras empresas mediante los Pactos de Ayuda Mutua o incluso a medios del propio Plan de Emergencia Exterior si la hubiera. Una parte muy importante del PEI es lo que se denomina Interfase, en la que se definen los casos en que tras una activación del PEI, es necesaria también la

activación del Plan de Emergencia Exterior, además de establecer los canales de notificación.

- Plan de Emergencia Externo (PEE), que es elaborado por la Comunidad Autónoma en base a las informaciones aportadas por las industrias afectadas por el R.D. sobre prevención de accidentes mayores⁸. El PEE se activará en caso de producirse un accidente mayor, o en caso de que un accidente de categoría 1 pueda pasar a ser un accidente mayor. En la Figura 3 podemos ver la cadena de activación.

1-PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR

Comprende todas las acciones realizadas en el interior de la empresa de cara a la prevención, preparación y respuesta ante un accidente circunscrito al interior de las instalaciones y del que no se esperen consecuencias en el exterior⁷. Además incluye los canales y criterios de notificación a la autoridad competente para definir en qué casos es necesaria la activación del PEE.

En la Directriz Básica para la elaboración y homologación de los Planes Especiales del Sector Químico¹⁰ se detalla el contenido mínimo que debe de contemplar el PEI: 1) identificación de los accidentes que justifiquen su activación, en base al estudio de seguridad o al análisis cuantitativo de riesgos; 2) procedimientos de actuación en caso de, como mínimo, incendio, explosión y fuga o vertido incontrolado de sustancias peligrosas; 3) establecer la relación jerárquica de las personas responsables en caso de una emergencia; 4) acciones que debe de realizar cada grupo de personas involucrado en la respuesta; 5) describir la interfase con el PEE; 6) condiciones bajo las que se considera que ha acabado la emergencia; 7) inventario de medios disponibles; y 8) programa de mantenimiento del PEI.

El PEI debe de ser muy bien conocido por todos los trabajadores de la empresa, así como desarrollar las habilidades necesarias para una correcta respuesta. Es función de la empresa ofrecer a sus trabajadores el programa formativo adecuado para una buena actuación ante una emergencia que se produzca en el interior de la factoría. Es de destacar que en el caso de que sean necesarios medios externos, éstos deberán de seguir las instrucciones de los expertos de la instalación, ya que son los que mejor van a conocer los peligros y riesgos existentes, así como los procedimientos de actuación más adecuados.

2-PLAN DE EMERGENCIA EXTERIOR

Es un documento elaborado por el organismo correspondiente de la Comunidad Autónoma en base a la información aportada por la empresa afectada⁸. Como ya se ha comentado anteriormente, el PEE se activa en caso de producirse un accidente mayor

o que un accidente de grado 1 pueda evolucionar a un accidente mayor. La estructura de un Plan de Emergencia Exterior es, de manera resumida, como sigue:

Volumen 1: Plan Director. Recoge la estructura y operatividad del PEE, además de la identificación de la actividad industrial. Tiene tres anexos con el directorio telefónico, plan de transmisiones y cartografía.

Volumen 2: Bases y criterios. Contiene los fundamentos científicos y técnicos en que se basa el PEE y la justificación de los criterios de planificación. La información contenida en este volumen es: 1) identificación del riesgo; 2) descripción de la metodología seguida; 3) análisis de consecuencias; 4) definición de las zonas objeto de planificación; y 5) definición y planificación de las medidas de protección

Volumen 3: Guía de respuesta. Condensa la operatividad del PEE para los principales accidentes que puedan tener repercusiones en el exterior de la instalación. Cada accidente postulado tendrá su correspondiente guía de respuesta. La guía nos proporciona información sobre las zonas objeto de planificación y evaluación de las consecuencias; la operatividad del PEE, control de accesos y actuaciones de cada grupo de acción; las medidas de protección recomendadas; los medios necesarios y las características peligrosas de las sustancias involucradas en el accidente

Volumen 4: Manual de operación. Es un programa informático que evalúa en tiempo real las consecuencias de un accidente.

La estructura y organización general del PEE la podemos ver en la Figura 4.

Es de destacar que el Comité de Dirección estará formado por un representante del Ministerio del Interior y un representante de la Comunidad Autónoma, el cual dirigirá el PEE en coordinación con la Administración del Estado y con las autoridades locales. A continuación veremos la estructura de cada grupo de acción y las funciones que tienen asignadas cada uno, por considerar que es muy importante que cada persona involucrada en la respuesta ante una emergencia sepa cuál es su misión. En la Directriz Básica también viene especificado cuál va a ser la estructura y funciones del Comité de Dirección, Comité asesor y Gabinete de información, si bien debido a la orientación de este libro es más interesante dedicar más tiempo a los grupos de acción¹⁰.

Grupo de intervención

El grupo de intervención es el primero en acudir al lugar de la emergencia, y entre sus funciones están: a) recibir la notificación de la emergencia; b) evaluar y combatir el accidente, además de auxiliar a las víctimas; c) establecer el puesto de mando avanzado, desde donde se coordinará a los grupos de acción; d) el jefe del grupo de intervención canalizará la información entre el lugar de la emergencia y el CECOPI

(Centro de Coordinación Operativa Integrada); e) en un principio este grupo realizará funciones y agrupará componentes de todos los grupos de acción.

Una vez que en el lugar de la emergencia se han organizado el resto de los grupos de acción²⁴, principalmente el grupo sanitario, la función principal de grupo de intervención será la de mitigar los efectos del accidente, y formarán parte de él bomberos y personal de Protección Civil sobre todo. Aún así, este grupo de intervención muchas veces tendrá que realizar funciones de rescate y primeros auxilios³² en el caso de que personal sanitario no pueda entrar en el lugar del accidente debido a la peligrosidad del mismo, algo que es muy importante tener en cuenta sobre todo en el caso de accidentes de sustancias peligrosas. Si fuera necesario que personal sanitario entrase en el lugar del accidente, éste deberá de llevar los equipos de protección adecuados²³, por lo que es necesario que haya una familiarización previa con los mismos. En la Figura 5 podemos ver la organización del grupo de intervención.

Grupo de Seguridad Química

Las funciones del grupo de seguridad química serán: a) evaluar y notificar la situación real del accidente en cada momento; b) seguimiento de la evolución del accidente y de las condiciones medioambientales; c) recomendar las medidas de protección más idóneas en cada momento.

Podrán formar parte de este grupo, entre otros, el Centro de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la Asociación de Empresas Químicas de la zona y el Químico municipal

Grupo sanitario

Las funciones del grupo sanitario serán: a) prestar asistencia sanitaria de urgencia en la zona de intervención²³; b) realizar la clasificación, estabilización y evacuación de los heridos que así lo requieran; c) coordinar el traslado a centros hospitalarios; d) organizar la infraestructura de recepción hospitalaria³³. Formarán parte de este grupo el organismo sanitario competente en la zona (INSALUD, SAS, etc.), Cruz Roja y centros hospitalarios de la zona. En este grupo se realizan tres funciones principales que quedan reflejadas en la Figura 6, por lo que es conveniente que cada una de ellas se coordine de una manera adecuada^{18, 24}.

Grupo logístico y de apoyo

Las funciones del grupo logístico y de apoyo serán: a) garantizar la seguridad ciudadana; b) controlar los accesos al lugar del accidente; c) coordinar el servicio de abastecimiento y transporte; d) asegurar el correcto funcionamiento del servicio de transmisiones; d) transmitir los avisos a la población. Para realizar todas estas

funciones, formarán parte del este grupo los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado (Policía, Guardia Civil, Ejército, etc.), Cruz Roja (principalmente servicio de abastecimiento), técnicos municipales y de Protección Civil y los organismos competentes en materia de Obras Públicas y Transportes. Un ejemplo de estructura y organización del grupo logístico queda reflejado en la Figura 7.

COMENTARIOS FINALES

El desarrollo industrial debe de ir acompañado paralelamente de un avance en el grado de preparación de los distintos estamentos relacionados con la respuesta ante desastres. Si bien el riesgo que supone la industria puede ser equiparado a otros de la vida diaria, sí es cierto que este riesgo tiene sus peculiaridades, lo que hace que requiera una preparación específica. El personal sanitario juega un papel fundamental en la respuesta ante un accidente industrial, algo que podría traer consigo un grave problema de salud pública de una manera inmediata. Por ello, los profesionales de la salud debemos de conocer al menos los aspectos más relevantes relacionados con la prevención, preparación y respuesta ante el riesgo químico e industrial, y de manera más específica lo relacionado con la asistencia sanitaria ante desastres industriales, algo que se sale de los objetivos de esta revisión, aunque no por ello menos importante.

Las referencias bibliográficas, así como las tablas y gráficos utilizados en este artículo pueden obtenerse en la versión publicada en la Revista Española de Salud Pública y cuya referencia consta en el encabezamiento de este documento.