

CAPÍTULO 12 SEGURIDAD INDUSTRIAL

XAVIER GABARRELL

12.0 Introducción

Los accidentes industriales no son patrimonio de ningún sector industrial. Para cada una de las diferentes actividades industriales, existe algún tipo de riesgo asociado. El riesgo cero no existe. Sirva solo de ejemplo la reflexión sobre cómo el avance tecnológico ha comportado también, casi de forma inevitable, el incremento de los accidentes industriales.

La industria química

La evolución de la industria química es un hecho reciente y va ligada a la evolución de otros sectores industriales. Se originó a partir de la revolución industrial que, en Inglaterra, se produjo a principios del siglo XIX, y que llegó más tarde a otros países. El auge industrial ocasionó la necesidad de algunos productos químicos, principalmente álcalis y ácidos (Heaton, 1996) que la industria química debía satisfacer. Se trataba de procesos industriales de la Química inorgánica. La industria de la Química orgánica se inició a partir de 1860 con la explotación de los descubrimientos realizados por Perkin unos años antes sobre los colorantes sintéticos. La industria química de los tintes sintéticos creció muy rápidamente y, durante dos décadas, la industria británica dominó el mercado internacional. Pero la investigación en Gran Bretaña tendía a ser muy académica, mientras que en Alemania se ponía el acento en los aspectos relacionados con las aplicaciones. Gran Bretaña perdió la hegemonía del mercado, que pasó a manos alemanas, quienes antes de la Guerra Europea controlaban el 75% del mercado internacional. Este dominio fue consecuencia de los avances científicos obtenidos en el campo de los colorantes, pero también, y al mismo tiempo, del desarrollo en el proceso de producción del ácido sulfúrico y del proceso de obtención del amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno. En esta fase, nacieron algunos de los grandes grupos industriales actuales alemanes: BASF, Bayer, Hoechst, etc. Estas empresas diversificaron rápidamente su producción hacia otros campos, como el de los fertilizantes, los productos farmacéuticos sintéticos, etc.

Sin embargo, la guerra y sus resultados dieron inicio a una fase de profundos cambios. Tanto Gran Bretaña como Alemania aceleraron la producción de aquellos productos necesarios para la fabricación de explosivos. Alemania estaba

aislada de algunos mercados internacionales y, por tanto, no podía exportar sus productos. Por consiguiente, estos mercados fueron abastecidos por la industria de Gran Bretaña y de los Estados Unidos de Norte América, principalmente.

La Guerra Europea alertó a los diferentes gobiernos sobre la importancia de la industria química. Cada estado tenía que tener su propia industria química, y para ello, sería necesario implementar medidas proteccionistas.

El año 1926 daba a luz a un gigante de la industria química inglesa y mundial: Brunner Mond, United Alkali Company, British Dyestuffs Corporation y Nobel Industries se unían para formar la Imperial Chemical Industries (ICI), hoy en día fragmentada de nuevo. Al mismo tiempo, la industria química americana crecía y se expandía. Dos nuevas áreas de la industria química se consolidaban: la petroquímica instalada en los Estados Unidos de Norte América hasta el 1940, y la síntesis de polímeros.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el avance fue vertiginoso, especialmente para la industria alemana, que se había visto privada de algunas materias primas y que tuvo que sustituirlas por productos sintéticos.

Los mayores cambios en la industria química se produjeron a partir de 1945, debidos a la industria petroquímica, y permitieron la sustitución de las materias primas utilizadas para la producción de productos intermedios como el etileno, el propileno, el benceno y el tolueno. La demanda de productos derivados del petróleo fue en aumento. Conforme aumentaba la demanda, la industria petroquímica iba deslocalizándose e instalándose en diferentes países.

El extraordinario auge de la industria derivada del petróleo hizo desarrollar los procesos de craqueo y reformado. Por otro lado, un cierto encarecimiento del petróleo junto al incremento de los productos del mismo y a las grandes reservas de carbón originaron una cierta competencia por este último, de tal forma que se invirtieron cantidades importantes de recursos en investigación y desarrollo en el campo del carbón.

Con la disponibilidad de materias primas y con la capacidad de fabricar un gran número de productos útiles, la industria química pudo ampliar su mercado y continuar desarrollándose. Además, los grandes avances en el diseño y construcción de equipos y en el control automático de procesos, posibilitaron la construcción de instalaciones de mayor capacidad, lo cual ofreció importantes ventajas, tales como un mejor aprovechamiento de la energía, utilización de los servicios, economía de escala, viabilidad de aprovechamiento de subproductos y del tratamiento de residuos, etc.

Pero, al mismo tiempo, esta rápida y positiva evolución tecnológica provocaba un aumento de la probabilidad de grandes accidentes con notable impacto sobre

personas y medio ambiente, tal como queda reflejado en la tabla 12.1, donde se describen los accidentes industriales más notables ocurridos a partir de 1974.

Accidente	Consecuencias
Flixborough (UK), 1 de junio de 1974. En una planta de Nypro la rotura de una tubería provoca la descarga de unas 80 toneladas de ciclohexano líquido y caliente. La nube resultante da origen a una explosión de gran poder destructivo.	28 muertos y cientos de heridos. Destrucción completa de las instalaciones.
Seveso (Italia), 9 de julio de 1976. En una planta de Icmesa (Horman La Roche), una reacción química fuera de control provoca el venteo de un reactor, liberando unas 2 toneladas de productos químicos a la atmósfera. Entre estos había entre 0,5 y 2 kg de dioxina (TCDD), cuya dosis letal para una persona de sensibilidad promedio es inferior a 0,1 mg.	Fue preciso evacuar a más de 1000 personas. No hubo muertes como consecuencia directa del accidente, pero la dioxina afectó a muchas personas (acné por cloro), se produjeron abortos espontáneos y contaminación del suelo.
Camping de Els Alfacs, St. Carles de la Rapita, Catalunya, 11 de julio de 1978. Un camión de 39 Tm, sobrecargado con unos 45 m ³ de propileno, dio origen a una explosión tipo <i>BLEVE</i> al chocar con la pared del camping.	215 muertos.
Cubatao (Brasil), 25 de febrero de 1984. Un oleoducto sufre daños. La gasolina que escapa se evapora y se inflama, dando origen a una gran esfera de fuego.	Al menos 500 muertos.
México D.F. (México), 19 de noviembre de 1984. Hacen explosión varios contenedores con G.L.P. en San Juan de Ixhuatepec.	452 muertos y más de 4200 heridos. El número de desaparecidos puede estar en torno a 1000 personas.
Bhopal (India), 17 de diciembre de 1984. Se produce un escape de gas venenoso (isocianato de metilo) en una planta de Unión Carbide que producía una sustancia insecticida. La emisión se esparce sobre una superficie de unos 40 km ² .	2500 muertes directas por envenenamiento y aproximadamente el mismo número en condiciones críticas. Unas 150 000 personas requirieron tratamiento médico. Se produjeron efectos a largo plazo, como ceguera, trastornos mentales, lesiones hepáticas y renales, así como malformaciones embrionarias.
Guadalajara (México), 23 de abril de 1992. Se produce una serie de explosiones en cadena a lo largo de una red urbana de alcantarillado de unos 13 km de longitud, al parecer debido a vertidos de combustible de los mismos por parte de la empresa Pemex.	Los datos oficiales informan de 200 muertos y 1500 heridos, 1200 viviendas destruidas, sí como 450 inmuebles comerciales. Las estimaciones de daños económicos están en torno a los 7000 millones de dólares.

Tabla 12.1.- Algunos accidentes industriales notables ocurridos a partir de 1974. Fuente: Santamaría, 1994.

Un análisis histórico realizado sobre un total de 5325 accidentes -registrados en el banco de datos MHIDAS- ocurridos en la industria química y en el transporte de mercancías peligrosas desde inicios de siglo hasta julio de 1992, pone de relieve un incremento progresivo de estos accidentes con el tiempo. Aproximadamente el 95 % de los casos corresponden a los últimos 30 años (Casal, 1996). Así, en el período 1963-1972 se clasificaron 674 casos, frente a 1746 en el período 1973-1982 y a 3335 casos en el período 1983-1992. Según los datos registrados sobre estos accidentes, en un 50 % de los casos se había producido una fuga, en un 44 % de los casos un incendio, en un 36% una explosión y en un 12 % una nube de gas. El estudio también clasificaba los accidentes por el número de muertos en los casos en los que dicha información estaba registrada: en el 58,6% de los accidentes no hubo muertes; en el 34,7 % hubo entre 1 y 10 muertes; en el 5,9 % hubo entre 11 y 100 personas muertas; en el 0,6 % hubo entre 101 y 1000 muertes, y en el 0,2 % de los accidentes hubo más de 1000 muertes.

El coste de los accidentes en la industria química es difícil de cuantificar. Así, por ejemplo, durante 1984, en tan solo 5 accidentes en la industria química se produjeron unas pérdidas directas estimadas en 268 millones de dólares (Santamaría 1994). Al coste total material directo de los accidentes es necesario añadirle el debido a las consiguientes paradas de la producción y pérdidas de materias primas y producto, el debido a los litigios y a las indemnizaciones por causa de daños a las personas o a la propiedad, así como las primas de los seguros.

Desde que Rachel Carson, en 1962, advirtiera en su libro *Silent Spring* de los efectos medioambientales adversos de algunos pesticidas, y la tragedia de la talidomida un año antes, ha crecido la conciencia medioambiental sobre estas cuestiones. En la tabla 12.2 se recogen algunos hitos significativos en el desarrollo de la conciencia medioambiental. Algunos de los principales problemas medioambientales van más allá de la industria química: la lluvia ácida, el efecto invernadero, los residuos nucleares, etc. Pero, sin duda alguna, la industria química también contribuye aunque solo sea en algunos casos al consumo de energía. Todo procedimiento químico supone la transformación de una o varias materias primas en uno o varios productos. A veces, junto a estos, aparecen otros -subproductos- no deseados e inevitables que pueden tener valor para otros fines. Dada la imposibilidad práctica, en algunos casos, de llevar a cabo las transformaciones en su totalidad, la parte de materia no transformada y las intermedias que no es posible recoger constituyen un conjunto de residuos que, si escapan al ambiente, son causa de contaminación. El creciente aumento de la producción llevaba consigo un creciente aumento de los residuos.

Fecha	Evento
1950	Envenenamiento por mercurio en Minamata (Japón) 1950-1960.
1952	El <i>smog</i> de Londres causa 4000 muertos
1957	Incendio en el reactor nuclear de Windscale, causando una fuga radioactiva
1962	Publicación de <i>Silent Spring</i> , de Rachel Carson
1966	Desastre de Aberfan
1967	Desastre del petrolero Torrey Canyon cerca de las Islas Scilly
1968	Publicación de la <i>Bomba de la población</i> de Paul Ehrlich
1970	Creación de la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica
1970	Gran Bretaña crea la Royal Commission on Environmental Pollution
1970	Año Europeo de la Conservación
1972	Publicación de <i>Los límites del crecimiento</i>
1972	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo
1972	La Comunidad Europea decide adoptar una política medioambiental
1976	Publicación de <i>La cuestión de la energía</i> de Gerarld Foley
1979	Riesgos de fusión en la central nuclear de Three Mile Island (USA)
1980	Tras el incidente de Love Canal se establece el <i>superfondo</i> (USA)
1982	Se acuerda una moratoria de 10 años en la comercialización de carne de ballena
1984	Accidente en la planta de Unión Carbide en Bophal (India).
1984	Explosión en una planta de gas natural licuado en Ciudad de México.
1985	El barco <i>Rainbow Warrior</i> es volado por agentes de la inteligencia francesa
1985	La población mundial sobrepasa los 5 000 millones
1986	Desastre en la central nuclear de Chernobyl en Ucrania
1986	Comienza a comercializarse la gasolina sin plomo en Gran Bretaña
1986	El incendio en un almacén de Sandoz en Basilea contamina el Rhin
1987	Se publica <i>Our Common Future</i> de Gro Harlem Brundtland
1987	Año del Medio Ambiente en Europa
1988	Asesinato de Chico Mendes, activista contra la deforestación y la destrucción del Amazonas
1988	Publicación de la <i>Guía del Consumidor Verde</i>
1989	Accidente del petrolero Exxon Valdez en Alaska
1990	Multa a la compañía Shell con un millón de libras por contaminación petrolífera en Mersey
1992	Publicación de la norma británica BS 7750 sobre Sistemas de Gestión Medioambiental
1992	Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Río (Brasil)
1993	Accidente del petrolero Mar Egeo en el puerto de La Coruña
1993	Accidente del petrolero Braer en el Reino Unido
1993	Se publican las normas española UNE 77-801 y UNE 77-802 sobre Sistemas de Gestión Medioambiental y Auditorías Medioambientales, respectivamente.

Tabla 12.2.- Algunos hitos significativos en el desarrollo de la conciencia medioambiental

1950-1993. Fuente: Hunt, 1996.

Se pueden citar también otros factores importantes que han obligado a realizar un gran esfuerzo tecnológico en los últimos años. Entre ellos cabe citar las crisis del petróleo, con el consiguiente encarecimiento de algunas materias primas y de la energía, la *aparición* en la escena mundial de zonas geográficas -como el Sudeste Asiático- con una gran competitividad por su fuerte expansión económica y bajo costo de la mano de obra, etc.

La zona Asia/Pacífico es la que presentaba, a principios del siglo XXI, expectativas más interesantes de crecimiento, debido a un nivel más bajo de consumo de productos químicos que Europa y Estados Unidos, donde se evidencian síntomas de saturación. También se trata de países emergentes, con unas enormes potencialidades de desarrollo económico y menores costes laborales, ventajas que los principales grupos químicos no quieren desaprovechar. Por este motivo, la mayoría de multinacionales proyectan realizar en el curso de los próximos años importantes inversiones productivas en esta área geográfica, manteniendo al mismo tiempo su posicionamiento en sus mercados tradicionales. Asimismo, la elevada demanda procedente de estos países implicará, sin duda, una transformación en las estrategias de negocio de las empresas europeas, en el sentido de que habrán de introducirse en esos mercados con infraestructuras propias o en asociación con otras empresas. De este modo, podrán participar de los crecimientos de una región que, en el año 2000, suponía el 30% del mercado químico mundial, una cuota prácticamente equiparable a la del mercado químico europeo, que para entonces estaba entre el 32% y el 35% del global.

Por otra parte, hay que señalar el tema de las patentes que ven expirar su plazo de vigencia. Así, países con reservas de petróleo y gas natural como México y Arabia Saudita, se pueden beneficiar de determinados procesos a un bajo coste e implantarlos de forma rápida, ya que algunos de estos procesos están aún tecnológicamente vigentes.

Dentro de este concepto amplio de medio ambiente, se ha desarrollado una sensibilidad especial frente a la posibilidad de accidentes industriales que, por su magnitud, sean capaces de causar daños importantes a las personas, a la propiedad o el medio ambiente. Esta preocupación, que en el pasado se asociaba principalmente con la industria nuclear, hoy en día incluye también la industria química, sobre todo desde los accidentes de Flixlorough, Seveso, Bhopal, Flix y los ocasionados por el transporte de mercancías peligrosas. Recordemos que hay en el mundo más de seis millones de productos químicos registrados, de los cuales la industria utiliza de forma habitual el 1%.

Así, la calidad de vida que la sociedad percibe ya no se asocia solamente a los niveles de los productos y servicios accesibles, sino también a la seguridad y calidad de las industrias que los producen.

Seguridad integrada

La idea básica y objetivo general de la seguridad y la salud laboral es la eliminación de todos los accidentes, produzcan o no daños personales y enfermedades profesionales, por medio de la prevención. Este objetivo general de seguridad incluye también la reducción de sus consecuencias. Germán Burriel (1997) cita una encuesta realizada en 1991, según la cual 41 millones de europeos, es decir, un tercio de la población activa, pensaban que la salud y la seguridad en el lugar de trabajo estaban en peligro. En el año 1994, el número de víctimas por accidente de trabajo en el Estado español fue de 1360.

Estudios realizados en Gran Bretaña señalaban que el coste global de los accidentes de trabajo, daños a la salud de los trabajadores y daños a la propiedad, representan entre el 5 y el 10% de todos los beneficios brutos de las empresas.

Si se quieren eliminar los accidentes con daños a las personas y enfermedades profesionales, es necesario ampliar la prevención a todas las situaciones y sucesos no deseados que afecten o puedan afectar la integridad de las personas de las instalaciones y del medio y a la continuidad de los procesos de producción. Para conseguirlo, se integrará la función seguridad en todas las actividades de la industria: producción, mantenimiento, distribución, comercialización, etc. Estamos diciendo, por tanto, que la seguridad debe ser integral tanto desde el punto de vista organizativo como operacional, y que afecta a todas las actividades de la empresa: investigación y desarrollo, diseño y proyecto, compras, producción, operaciones/mantenimiento, distribución, recursos humanos, finanzas, asesoría jurídica, informática, etc.

Normativa

El conocimiento de la legislación industrial es del todo necesario, porque condiciona en muchos casos las actuaciones en materia de seguridad.

La legislación europea puede consultarse de forma gratuita en la página Eur-Lex que está ubicada en la dirección <http://eur-lex.europa.eu/es/>. En este sitio de Internet, la legislación se encuentra agrupada y, en especial, los temas de seguridad se encuentran en el apartado *05.20.20.10 Seguridad de los Trabajadores*.

12.1 Señalización

La señalización está integrada por el conjunto de estímulos que informan a la persona sobre la mejor conducta a seguir frente a circunstancias que conviene resaltar. Por lo tanto, debe dar a conocer un mensaje, ser clara y de interpretación única; ha de informar sobre la conducta a seguir y dar la posibilidad real de cumplir con aquello que se indica.

La Directiva 92/58/CEE¹ del Consejo de 24 de junio de 1992, establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo para los estados miembros de la Unión Europea. En ella se establece que el empresario deberá prever o cerciorarse de la existencia de una señalización de seguridad y de salud en el trabajo, cuando los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o con medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo. La señalización de seguridad no puede considerarse una medida sustitutoria de la formación e información de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el trabajo; tampoco elimina el peligro, sino que advierte e informa del mismo, aunque el peligro continúa existiendo. En la figura 12.1 se presenta un ejemplo de las señales de obligación.



Figura 12.1.- Señales de obligación. Forma redonda. Pictograma blanco sobre fondo azul (el azul deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal). Fuente: http://www.mtas.es/insht/legislation/tl_sen.htm.

1 Puede consultarse también en: http://www.mtas.es/insht/legislation/tl_sen.htm, así como el RD vigente para el Estado español, REAL DECRETO 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

12.2 Sustancias químicas y preparados peligrosos

12.2.1 Clasificación

Las sustancias, preparados y productos químicos peligrosos son aquellos que pueden dañar directa o indirectamente a las persona, a los bienes o al medio ambiente.

El objetivo de su clasificación es identificar todas sus propiedades fisicoquímicas, toxicológicas y ecotoxicológicas que puedan suponer un riesgo en el momento de utilizarlas o manipularlas. Existe el compromiso de luchar por conseguir en el futuro la armonización de los sistemas de clasificación de materias peligrosas, compromiso recogido en el capítulo 19 del Programa 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992.

Una vez identificadas las propiedades de peligrosidad de cada sustancia, será necesario etiquetarlas, indicando en qué consiste el riesgo, con el fin de proteger a la persona usuaria, al público en general y al medio ambiente. Existen diferentes categorías de peligrosidad, que se clasifican en general como sigue:

- **Explosivos:** las sustancias y preparados sólidos, líquidos, pastosos o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno atmosférico, puedan reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o que bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.
- **Comburentes:** las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.
- **Extremadamente inflamables:** las sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de ignición extremadamente bajo y un punto de ebullición bajo, y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presión normales, sean inflamables en contacto con el aire.
- **Fácilmente inflamables:** las sustancias y preparados:
 - que puedan calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía,
 - los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente,
 - los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo, o

- que, en contacto con el agua o con el aire húmedo, desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas.
- **Inflamables:** las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo.
- **Muy tóxicos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
- **Tóxicos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
- **Nocivos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
- **Corrosivos:** las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.
- **Irritantes:** las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.
- **Sensibilizantes:** las sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos.
- **Carcinogénicos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.
- **Mutagénicos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.
- **Tóxicos para la reproducción:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora.
- **Peligrosos para el medio ambiente:** las sustancias y preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

12.2.2 Fichas de datos de seguridad

Con el fin de adoptar un sistema de información dirigido principalmente a los usuarios profesionales, y que les permita tomar las medidas necesarias para la protección de la salud y de la seguridad en el lugar del trabajo, el responsable de la comercialización de una sustancia peligrosa, ya se trate del fabricante, del importador o del distribuidor, deberá disponer de una ficha de datos de seguridad en el momento de la comercialización. Dicha ficha podrá facilitarse mediante papel o, preferiblemente, en formato electrónico, siempre que el destinatario disponga del equipo necesario. El responsable de la comercialización de una sustancia química o preparado deberá facilitar al destinatario del producto que sea usuario profesional la citada ficha de datos de seguridad. Las informaciones se proporcionarán de forma gratuita y nunca más tarde de la primera entrega de la sustancia, y, posteriormente, siempre que se produzcan revisiones originadas por la aparición de nuevos conocimientos significativos relativos a la seguridad y a la protección de la salud y del medio ambiente. La nueva versión fechada, denominada «Revisión ... (fecha)», se proporcionará de forma gratuita a todos los destinatarios anteriores y que hubieran recibido la sustancia en los doce meses precedentes. No será obligatorio proporcionar la ficha de datos de seguridad en caso de que las sustancias peligrosas que se comercialicen vayan acompañadas de la información suficiente con la que el usuario pueda tomar las medidas necesarias en relación con la protección de la salud y la seguridad. Sin embargo, se deberá facilitar la ficha de datos de seguridad si el usuario profesional así lo solicita.

La ficha de datos de seguridad incluirá obligatoriamente los siguientes epígrafes:

- Identificación de la sustancia y del responsable de su comercialización
- Composición/información sobre los componentes
- Identificación de los peligros
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios
- Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
- Manipulación y almacenamiento
- Controles de exposición/protección individual
- Propiedades fisicoquímicas
- Estabilidad y reactividad
- Informaciones toxicológicas
- Informaciones ecológicas

- Consideraciones relativas a la eliminación
- Informaciones relativas al transporte
- Informaciones reglamentarias
- Otras informaciones

El responsable de la comercialización de la sustancia deberá proporcionar las informaciones correspondientes a estos epígrafes. La ficha de datos de seguridad deberá estar fechada.

12.3 El transporte de mercancías peligrosas

Existen acuerdos internacionales que regulan el transporte de mercancías peligrosas a través de diferentes medios: ferrocarril, marítimo, aéreo y por carretera.

Solo a modo de ejemplo, introducimos aquí el caso del transporte de mercancías peligrosas por carretera, que viene regulado por el Acuerdo Europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR). El ADR tiene sus orígenes en el acuerdo celebrado en Ginebra el 30 de septiembre de 1957. Puede consultarse en su actual versión en la Directiva 94/55/CE del Consejo, de 21 de noviembre de 1994, y sus posteriores adaptaciones.

Entre otras obligaciones, establece que los vehículos que transportan mercancías peligrosas deben de llevar dichas mercancías identificadas. Los vehículos que las transportan se señalarán con unas etiquetas de forma romboide y con un panel naranja en la parte delantera y posterior del vehículo. Estos paneles rectangulares estarán divididos en dos partes por una línea. En la parte superior, llevará un conjunto de cifras que indican las características de la sustancia transportada de acuerdo con el siguiente código:

- *Primera cifra (marca el peligro principal):*

- 2: Gas. Emisión de gas, resultante de presión o de reacción química
- 3: Líquido inflamable o gases y vapores combustibles
- 4: Sólido. Inflamabilidad de materia sólida
- 5: Materia comburente o peróxido orgánico
- 6: Materia tóxica
- 7: Radioactividad
- 8: Corrosivo
- 9: Peligro de reacción espontánea

- Segunda y tercera cifras (marcan los peligros subsidiarios)

0: Sin significado

1: Explosión

2: Emanación de gases

3: Inflamable

5: Propiedades comburentes

6: Toxicidad

8: Corrosividad

9: Peligro de reacción violenta resultado de descomposición espontánea o polimerización

No es imprescindible que aparezcan las 3 cifras. Dos cifras iguales indican intensificación del peligro, excepto el “22” que indica gas refrigerado.

Si la cifra va precedida por una X, indicará la prohibición absoluta de añadir agua sobre el producto.

12.4 Análisis de riesgo

Han sido propuestas diversas definiciones de riesgo, entre las que se encuentran las siguientes:

- “la situación que puede conducir a una consecuencia no deseada de un hecho”
- “probabilidad que se materialice un determinado peligro potencial” (entendiendo por peligro una situación física que puede provocar daños a la vida, a los equipos y al medio ambiente)
- “consecuencias no deseadas de una actividad dada, en relación con la posibilidad de que se materialice”
- “posibilidad de sufrir pérdidas”

Un tratamiento más riguroso requiere una definición más precisa que permita su cuantificación. Así, el riesgo puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{frecuencia} \times \text{magnitud de las consecuencias probables}$$

El riesgo es, entonces, el producto de la frecuencia prevista para un determinado suceso por la magnitud de las consecuencias probables. Esta definición corresponde al término inglés ‘*risk*’.

Es importante, en este contexto, diferenciar claramente entre riesgo y peligro:

- Se entiende por “**peligro**” aquella situación física o química que puede causar un accidente o daños a las personas, al medio ambiente o a la propiedad. La palabra “peligro” se asocia entonces con el término “hazard” inglés.
- El “**riesgo**” estaría asociado a la probabilidad que un peligro desemboque en un accidente con unas determinadas consecuencias. Por lo tanto, mientras el peligro es siempre el mismo, el riesgo es variable.
- Por “**accidente**” designamos cualquier hecho que implique una desviación intolerable sobre las condiciones de diseño de un sistema.

12.4.1 Clasificación de los riesgos

Desde un punto de vista general los riesgos se pueden clasificar en:

- **Riesgos de categoría A:** inevitables y aceptados.
- **Riesgos de categoría B:** evitables, pero que deben considerarse como inevitables si alguien quiere integrarse plenamente en la sociedad moderna.
- **Riesgos de categoría C:** normalmente evitables, voluntarios y con compensación.

Los riesgos también se pueden clasificar, según actividad industrial en:

- **Riesgos convencionales:** relacionados con la actividad y el equipo existentes en cualquier sector (electrocución, caída, etc.).
- **Riesgos específicos:** asociados a la utilización o manipulación de productos que, por su naturaleza, pueden ocasionar daños (productos tóxicos, radioactivos, etc.).
- **Riesgos mayores:** accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden revestir una especial gravedad, ya que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía es capaz de afectar áreas considerables (vertido de gases, explosiones, etc.).

12.4.2 Etapas del análisis de riesgo

El análisis del riesgo está orientado a la determinación de los siguientes aspectos:

- Accidentes que pueden materializarse
- Frecuencia de estos accidentes
- Magnitud de sus consecuencias

Distinguimos 4 etapas en el análisis del riesgo:

- Identificación de los posibles peligros
- Efectos
- Vulnerabilidad a las consecuencias
- Análisis cuantitativo

12.4.3 Metodologías de análisis de riesgo

Estas metodologías pueden clasificarse en:

- **Métodos cualitativos.** Su objetivo es identificar riesgos, efectos y causas, sin recurrir al análisis numérico. Incluyen las auditorías de seguridad (*Safety Recrew*), el análisis histórico de accidentes, el análisis preliminar de riesgos (*Preliminar Hazard Analysis*, PHA), las listas de control (*Check List*), el ¿qué pasa si...? (*What if...?*), el análisis de riesgo y operabilidad (*Hazard and Operability Analysis*, HAZOP) y el análisis de modos de fallo y efectos (*Failure Modes and Effect Analysis*, FMEA).
- **Métodos semicuantitativos.** Utilizan índices globales del riesgo potencial, obtenidos a partir de las estadísticas. Entre ellos se cuentan el índice Dow, el índice Mound y los índices SHI y MHI (*Substance Hazard Index* y *Material Hazard Index*).
- **Métodos cuantitativos.** En algunos casos, se mezclan estimaciones cuantitativas con otras semicuantitativas, como el Árbol de fallos (*Fault Tree*, FT), y el Árbol de acontecimientos (*Events Tree*, ET).

12.4.4 Identificación de peligros

La identificación de los peligros es el paso más importante en el análisis de riesgos, ya que cualquier riesgo que no se haya identificado no podrá ser estudiado ni prevenido.

Las técnicas de identificación de peligros no se limitan a individualizar los accidentes mayores, sino también calculan la posibilidad de que se produzcan otros incidentes relacionados con el funcionamiento del proceso.

Las técnicas de identificación de riesgos dan respuesta a las preguntas “¿qué puede ir mal?” y “¿cuál es la razón?”.

En la industria química, por ejemplo, los accidentes acostumbran a ser el resultado de condiciones de proceso inadecuadas para las diferentes características físicas y químicas de los materiales y las sustancias. Estas condiciones, excepto en el caso de fallos de diseño, suelen ser desviaciones de las condiciones normales de funcionamiento y se presentan como problemas no evidentes desde la experiencia operativa.

Las principales metodologías de identificación de peligros son el análisis histórico, las listas de control, el ¿qué pasa si..?, el AOSPP, las matrices de interacción, el Índice de Dow y el árbol de fallos.

Una vez identificados los posibles peligros, debemos modelizar las posibles consecuencias de los accidentes que se puedan derivar de ellos. La mayoría de estos accidentes mayores terminarán en fuego, explosiones o dispersión de materiales tóxicos o de materiales de alta reactividad.

En caso de incendio, trataremos de estimar el calor emitido en el mismo, por lo que será necesario conocer la cantidad de combustible involucrado y el radio o diámetro de las llamas, así como su altura. A partir del calor emitido, posteriormente podremos estimar la energía que alcanzaría a una superficie receptora u observador que se encuentre a una determinada distancia.

Para las explosiones, se estimará además de la energía suministrada a la onda de choque, el alcance de posibles proyectiles (por si los hubiese). Al igual que en los incendios, el objetivo último será determinar como incide dicha sobrepresión en un observador o superficie receptora que se encuentren a una determinada distancia del punto de emisión o explosión.

La modelización de la dispersión de materiales tóxicos pretende seguir la evolución en el espacio y en el tiempo de la concentración de un contaminante emitido como resultado de un accidente (se excluye la contaminación difusa).

Conocidos los efectos de un accidente (radiación térmica, onda de choque, evolución de la concentración de una sustancia tóxica), se requiere además conocer sus consecuencias sobre las personas y el medio. Se debe estimar qué

sucedería si estos efectos actuasen sobre una persona, sobre el medio o sobre edificios, equipos, etc. Esto puede estimarse a partir de datos tabulados y gráficos o bien mediante los llamados **modelos de vulnerabilidad**.

Para el estudio de estas metodologías, así como para ampliar los conceptos presentados, se sugiere consultar los textos de Casal et al. (1996), Santamaría y Braña (1994), CCPS (1996 y 2000), Burriel (1998), AIChE (1992 y 1994) y INSHT.

12.5 Referencias

- AIChE (1992). "Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, with Worked Examples". 2nd edition. New York.
- AIChE (1994). "Dow's fire & explosion index hazard classification guide". 7th edition. New York.
- AIChE (1994). "Dow's chemical exposure index guide". New York.
- Burriel G. (1998). "Sistema de gestión de riesgos laborales e industriales". Editorial Mapfre. Madrid.
- Casal J., Montiel H., Planas E., Rodríguez S. y Vilchez J.A. (1996). "Anàlisi del risc en instal·lacions industrials". Edicions UPC. Barcelona.
- CCPS and AIChE (1996). "Guidelines for Use of Vapour Cloud Dispersion Models". 2nd edition. AIChE. New York.
- CCPS and AIChE (2000). "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. 2nd edition. AIChE. New York.
- Heaton A. (1996). "An Introduction to Industrial Chemistry". 3rd edition. Blackie A&P. London.
- Hunt D. and Johnson C. (1996). "Sistemas de gestión medioambiental. Principios y práctica". McGrawHill. Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (sin fecha). "Índices de riesgo de procesos químicos: metodología de autoevaluación". Madrid.
- Santamaría J.M. y Braña P.A. (1994). "Análisis y reducción de riesgos en la industria química". Editorial Mapfre. Madrid.