

RIESGOS DE CONTAMINACION AMBIENTAL Y MEDIDAS DE CONTROL EN LA EMPRESA

JORGE LANDALUCE ELVIRA*

Los recientes accidentes de Bhopal (India) y Chernobyl (URSS), que han afectado gravemente a miles de personas y al medio ambiente, han hecho reavivar el debate sobre las condiciones de seguridad que debe reunir una instalación industrial y los medios técnicos y humanos que se requieren para su mantenimiento.

En este artículo, el autor revisa los aspectos principales de dicho problema y recoge las líneas generales de actuación para la prevención y control de los riesgos de contaminación ambiental en la empresa.

La actividad industrial se asemeja a un sistema en el que el *input* son las materias primas, la energía y la tecnología, y el *output* el producto acabado y los residuos de fabricación.

El producto acabado y los residuos, especialmente estos últimos, pueden afectar a la calidad del medio ambiente según las condiciones del medio, las características de aquéllos y su forma de liberación al entorno.

Cuando la calidad ambiental se ve degradada significativamente por la acción antropogénica se dice que hay contaminación.

RIESGOS DE CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA

Existen diversos factores que influyen en el grado de contaminación. Así, la capacidad contaminante de una sustancia liberada al entorno depende de:

Propiedades de la sustancia

Ciertas sustancias son más tóxicas que otras, más o menos biodegradables y pueden tener propiedades acumulativas en los tejidos.

Grado de emisión

La mayor o menor emisión de una sustancia al ambiente repercutirá en la acumulación de la misma

* Licenciado en Ciencias Químicas y Director Técnico del Centro de Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Seguridad MAPFRE (ITSEMAP).

en el entorno y, por lo tanto, sus efectos serán más o menos graves.

Características del entorno

Las condiciones climáticas, meteorológicas y topográficas que facilitan la dispersión de contaminantes junto con las geográficas (población, flora, fauna, ...) determinan que la emisión de una sustancia tenga unos efectos u otros sobre el medio.

Atendiendo a los factores aludidos cabe diferenciar dos tipos de riesgos:

- Por la emisión continuada de sustancias contaminantes.
- Por la emisión puntual de una sustancia.

Riesgos a medio o largo plazo ocasionados por la acción del vertido continuo o sustancias contaminantes

Este es el caso de numerosos vertidos de residuos industriales cuyos efectos inmediatos, o a corto plazo, no existen o se desconocen. Sin embargo, la prolongada emisión de sustancias difícilmente biodegradables por el medio y los efectos aditivos y sinérgicos de las sustancias emitidas pueden dar lugar a un riesgo de contaminación a largo plazo.

En estos casos, establecer la relación causa-efecto es difícil y, en ocasiones, el daño ecológico es irreparable, principalmente por el largo tiempo transcurrido en el deterioro ambiental. Ejemplos conocidos de este tipo de riesgo son la eutrofización de lagos y embalses y los daños en los bosques a causa de la lluvia ácida.

En el primero de los ejemplos, la aportación al agua de nitrógeno, fósforo y otros elementos nutrientes en los vertidos domésticos o de escorrentía de tierras agrícolas provoca el crecimiento desmesurado de plantas acuáticas que, con su muerte, son alimento de microorganismos que utilizan en el proceso el oxígeno disuelto del agua. De esta manera, los peces más sensibles, como los salmónidos y ciprínidos, no podrán adaptarse al nivel más bajo de oxígeno y comenzarán a desaparecer. Si el proceso continúa, se puede llegar a condiciones de anorexia (ausencia de oxígeno) que imposibiliten la vida acuática.

En el segundo de los ejemplos, las grandes emisiones de óxidos de azufre y de nitrógeno proce-

dentos de centrales térmicas convencionales son transportadas a largas distancias y pueden precipitar en forma de sulfatos o nitratos o, por acción de la lluvia, en forma de gotas de agua ácidas, afectando a la vegetación.

En ambos casos, pueden pasar años hasta que se manifiesten los efectos. Reparar entonces el entorno resulta costoso y difícil, cuando no imposible.

En el Cuadro I se indican ejemplos de sustancias contaminantes generadas de forma continuada por la industria.

Cuadro I. Contaminantes generados por industrias

En el agua:

- Residuos orgánicos con requerimiento de oxígeno.
- Sustancias orgánicas sintéticas.
- Metales.
- Sustancias químicas inorgánicas.
- Nutrientes vegetales.
- Materia en suspensión.
- Calor.
- Agentes patógenos.

En la atmósfera:

- Partículas en suspensión.
- Óxidos de azufre.
- Óxidos de nitrógeno.
- Otros compuestos inorgánicos (flúor, sulfuros, etc.).
- Compuestos orgánicos sintéticos.

En el suelo:

- Todo tipo de residuos industriales procedentes del proceso de fabricación o de depuradoras de aguas.

Riesgos ocasionados por la emisión puntual de alguna sustancia con efectos inmediatos, a corto o largo plazo sobre el ambiente

En ocasiones, se liberan al entorno sustancias químicas almacenadas o residuos industriales de for-

ma puntual, voluntariamente (porque no se ha pensado en una forma nueva de evacuación) o de manera accidental.

Este tipo de descargas suele provocar efectos inmediatos sobre el entorno, debido a las cantidades altas liberadas en un reducido espacio de tiempo o a la toxicidad de las sustancias emitidas.

En el Cuadro II, que describe las sustancias que las Legislaciones Española y Europea consideran como tóxicas o peligrosas, se relacionan distintos ejemplos de sustancias tóxicas utilizadas en la industria.

Cuadro II. Relación de sustancias o materias tóxicas y peligrosas

1. El arsénico y sus compuestos.
2. El mercurio y sus compuestos.
3. El cadmio y sus compuestos.
4. El talio y sus compuestos.
5. El berilio y sus compuestos.
6. Compuestos de cromo hexavalente.
7. El plomo y sus compuestos.
8. El antimonio y sus compuestos.
9. Los fenoles y los compuestos fenólicos.
10. Los cianuros orgánicos e inorgánicos.
11. Los isocianatos.
12. Los compuestos órgano-halogenados, con exclusión de los polímeros inertes y otras sustancias mencionadas en esta lista.
13. Los disolventes clorados.
14. Los disolventes orgánicos.
15. Los biocidas y las sustancias fitosanitarias.
16. Los productos a base de alquitrán procedentes de operaciones de refinado y los residuos alquitrinados procedentes de procesos de destilación.
17. Los compuestos farmacéuticos.
18. Los peróxidos, cloratos, percloratos y nitruros.
19. Los éteres.
20. Las sustancias químicas de laboratorio no identificables y/o nuevas cuyos efectos sobre el medio ambiente no sean conocidos.
21. El amianto (povos y fibras).
22. El selenio y sus compuestos.
23. El telurio y sus compuestos.
24. Residuos procedentes de la industria del dióxido de titanio.
25. Los compuestos aromáticos policíclicos (con efectos cancerígenos).
26. Los carbonilos metálicos.
27. Los compuestos solubles de cobre.
28. Las sustancias ácidas y/o básicas utilizadas en los tratamientos de superficie de metales.
29. Los aceites usados, minerales o sintéticos, incluyendo las mezclas agua-aceite y las emulsiones.

Aunque el control de estas sustancias en la industria suele ser riguroso, siempre existe el riesgo de accidente y, con ello, de la emisión de algún compuesto tóxico al medio ambiente.

Los episodios de Bhopal y Chernobyl pueden catalogarse dentro de este tipo.

PREVENCIÓN DEL RIESGO

Prevenir es el mejor sistema de disminuir el riesgo y la magnitud de un accidente. Por este motivo, la planificación de un sistema de seguridad que incluya la prevención de la contaminación ha de estar presente en las fases de cualquier actividad industrial:

- Fase de proyecto.
- Fase de construcción y puesta en marcha.
- Fase de operación.

Fase de proyecto

Uno de los aspectos que debe contemplar un proyecto es el de la seguridad industrial, en el que se encuadran:

- Incendios, explosiones.
- Higiene industrial.
- Contaminación del entorno.
- Seguridad personal y de instalaciones.

Estos apartados no pueden considerarse independientemente, puesto que resulta obvia la relación existente entre unos y otros.

Es, pues, necesario enfocar las acciones desde un punto de vista global bajo un concepto integral de la seguridad. En el proyecto debe incluirse el correspondiente estudio que aplique los principios de la seguridad en la planta.

Centrando el tema en lo que es seguridad ambiental, en la fase de proyecto sería preciso incluir:

- Un Estudio de Impacto Ambiental.
 - Un Estudio de Seguridad Ambiental.
-

Estudios de Impacto Ambiental

El objetivo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es predecir los efectos que un determinado proyecto puede tener sobre el medio ambiente. Los EIA contemplan dos aspectos:

- El ecológico, que reúne los impactos físicos y geobiofísicos.
- El humano, que agrupa los impactos socioecológicos y culturales.

Dentro del aspecto ecológico se estudian los focos contaminantes de lo que será la planta, los agentes de contaminación y el impacto que provocarán sobre el medio físico la puesta en marcha de la actividad industrial. En base a los estudios realizados y a las exigencias que las autoridades nacionales e internacionales imponen sobre la calidad del medio ambiente, se establecen las medidas correctoras necesarias.

Dentro del aspecto humano, se estudia la influencia que tendrá la actividad industrial en la zona en temas económicos, de infraestructura, culturales, etc.

En la Comunidad Económica Europea, los Estudios de Impacto Ambiental contemplan:

- Una descripción del Proyecto.
- Una descripción de las Medidas de Control.
- Las premisas para identificar y evaluar los efectos.

En España ya se considera la obligación de realizar estos estudios para grandes instalaciones y actividades.

Estudios de Seguridad Ambiental

El objetivo de un Estudio de Seguridad Ambiental es el de identificar los factores de riesgo que pueden dar lugar a la liberación al ambiente de sustancias contaminantes, ya sea por motivos de incendio, explosión, derrame u otro tipo de accidente.

Un estudio de estas características ha de contemplar:

- **Identificación de las sustancias contaminantes**

Hay que prestar atención especial a aquellas sustancias catalogadas como tóxicas o peligrosas y que intervengan en el ciclo de producción, ya sea como materias primas, intermedias de producción o residuos.

• **Información sobre las propiedades y efectos ambientales de esas sustancias**

Se requiere disponer de información que permita conocer con la mayor exactitud posible las propiedades de esas sustancias en contacto con el aire, suelo o agua y su reacción con otros elementos así como las concentraciones mínimas admisibles en personas, animales o plantas.

• **Localización de los puntos de riesgo**

Debe revisarse el proyecto con el fin de localizar los puntos de riesgo.

Algunas de las emergencias más significativas son:

- Catástrofe/explosión en una planta que maneja o produce sustancias potencialmente tóxicas.
- Accidentes en instalaciones de almacenamiento que manejan grandes cantidades de diversos productos químicos.
- Utilización incorrecta de productos químicos que producen, como consecuencia, la contaminación del medio ambiente.
- Gestión inadecuada de los residuos y desechos como, por ejemplo, el vertido no controlado de productos químicos tóxicos o fallos en los sistemas de tratamiento.

• **Establecimiento de medidas preventivas**

En coordinación con otros estudios de seguridad, debe preverse el establecimiento de medidas que reduzcan el riesgo. Por ejemplo:

- Correcto diseño de la red de extinción de incendios.
- Almacenamiento adecuado de gases u otras sustancias inflamables.
- Localización apropiada de depósitos de almacenamiento.
- Sistemas de retención de vertidos líquidos en caso de derrame o fallos en las plantas de tratamiento.

En resumen, en la fase de proyecto se debe contemplar el diseño de medidas correctoras y de control que aseguren una disminución del riesgo de contaminación, previendo las inversiones monetarias necesarias para que puedan llevarse a cabo en la siguiente fase.

Fase de construcción y puesta en marcha

En esta fase hay que desarrollar:

- La construcción de los sistemas correctores y de control.
- La implantación de un sistema de respuesta a las emergencias.

Sistemas correctores y de control

Antes de la puesta en marcha de la actividad industrial, es preciso conocer perfectamente las necesidades de mantenimiento de los equipos y los costes que generan. Además, deberá llevarse a cabo una cuidadosa selección de personal con los conocimientos y la experiencia necesarios para hacerse cargo del funcionamiento de las instalaciones.

Normalmente, los equipos no alcanzan el rendimiento adecuado si no es tras un período de funcionamiento y cuando se han introducido las modificaciones apropiadas que se precisarán, después de la experiencia adquirida en las condiciones reales de operación.

Especialmente durante la primera etapa de funcionamiento han de vigilarse minuciosamente las condiciones del vertido. Una vez alcanzado el estado estacionario, las medidas de control deben ser las precisas para mantener las condiciones de seguridad.

En determinados casos de actividades de alto riesgo, será preciso disponer de información sobre la influencia de la actividad en el entorno. Una de las mejores y más desarrolladas herramientas utilizadas para este fin es la de los modelos físico-matemáticos de simulación que, aplicados en programas de ordenador, permiten obtener los niveles de contaminante en el medio ambiente a partir de los factores de emisión y las condiciones particulares del medio.

Por ejemplo, en un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos han de tenerse en cuenta la emisión de contaminantes (caudal, carga contaminante, temperatura, humedad, etc.) y los fenómenos de meteorología local que afectan a la dispersión (velocidad y dirección del viento y estabilidad atmosférica). Los modelos más utilizados son los gaussianos y en particular el desarrollado por Pasquill Guifford.

También se aplican modelos de simulación para prever la influencia de vertidos líquidos en el cauce receptor. Un grupo de estos modelos es el que calcula el nivel de oxígeno disuelto de un río en función de la carga contaminante aportada expresada en DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno). Desde 1925, en que Streer y Phelps desarrollaron el primer modelo de este tipo, otros muchos autores han ido perfeccionando el original.

Sistema de respuesta ante emergencias (SRE)

Para el establecimiento de un Sistema de Respuesta ante una Emergencia debe partirse del conocimiento previo de:

- Las sustancias contaminantes que existen en la planta.
- Las propiedades y los efectos sobre el ambiente de estas sustancias.
- La localización de los puntos de riesgo.
- La adopción de medidas preventivas.

Por su parte, un sistema de respuesta comprenderá las siguientes fases:

Asignación de responsabilidades

En cada nivel debe definirse la responsabilidad referente a la planificación de urgencia y el sistema de respuesta, describiendo claramente las funciones respectivas de los encargados de supervisar las actividades (en el lugar del accidente) y del punto focal (en el centro de control de emergencia). Debe garantizarse un servicio continuo (24 horas diarias) en los puntos y destacamentos cruciales.

Preparación del plan de acción

Es preciso preparar el plan de acción armonizando la planificación de urgencia en varios niveles. Toda persona responsable de su ejecución deberá recibir información al respecto.

Establecimiento de enlaces con autoridades externas

El establecimiento de enlaces con policía, ambulancias, servicios de bomberos, etc. permitirá determinar el tipo de asistencia previsible, al mismo tiempo que garantizará:

- Una coordinación eficaz en el control de la operación.
- La acomodación del sistema de respuesta a los accidentes a otros planes existentes, formulados por autoridades externas.
- El conocimiento de la naturaleza de la emergencia potencial por parte de los servicios externos.
- La compatibilidad del material y equipo destacado en el lugar del accidente con el de los servicios externos.
- La relación previa entre el personal y las personas con quienes estará, probablemente, en contacto durante la emergencia.

Recursos para el tratamiento de una emergencia

Deberá disponerse de suficientes fondos para el mantenimiento del sistema.

Si se requiere obtener recursos externos será preciso contar con:

- Expertos en problemas científicos, tales como la toxicidad de las sustancias emitidas.

Instituciones y laboratorios que puedan realizar análisis y pruebas complejas.

Organizaciones y empresas que estén dotadas de personal capacitado y equipos para tratar de manera eficaz la emergencia.

Comunicación

Es fundamental contar con un sistema eficaz de acopio, tratamiento, evaluación y difusión de la información que garantice la transmisión y recepción de la información adecuada a los distintos puntos de la red planificada, proporcionando los datos suficientes a todos los interesados y minimizando duplicidades o ausencia de información.

Por otra parte, todos los sistemas de respuesta deben contar con los siguientes elementos:

- *Sistema de alerta*

Se requiere un sistema de alerta y una transmisión de la información al punto focal apropiado. Este podrá desplazarse a niveles superiores de la jerarquía, en función de la magnitud del accidente.

- *Evaluación de la situación y clasificación del accidente*

Hay que efectuar una clasificación preliminar del

accidente y determinar las consecuencias probables y medidas pertinentes a implantar. Esta evaluación inicial la llevará la persona designada, como punto focal.

Actualmente se cuenta con programas de ordenador que facilitan esta tarea. El programa inquiriere sobre las características del accidente, evalúa la dispersión de los contaminantes en el entorno, calculando los niveles de contaminación provocados por la liberación de las sustancias tóxicas, e imparte los procedimientos a seguir para proceder a su control y transmitir la información al exterior.

- *Decisiones y alerta en los sistemas de respuesta a las emergencias*

Ya que el tiempo es un factor de vital importancia, las decisiones deberán ser verificadas y corregidas rápidamente.

- *Suministro de información*

Debe garantizarse el flujo de información dirigido a:

- La dirección de la planta o instalación, entidades industriales o autoridades públicas competentes.
- El punto focal del nivel superior.
 - Los bomberos.
 - La policía.
 - Los servicios de defensa civil.
 - Los servicios de sanidad y los hospitales.
 - Las empresas de transporte.
 - El público.

- *Suministro de ayuda externa*

Entre otros, algunos ejemplos de ayuda externa son:

- Acceso a la información necesaria, en particular a unos datos toxicológicos que permitan la clasificación del accidente, y un asesoramiento competente sobre el equipo de protección y las medidas correctivas necesarias.

Asesoramiento altamente cualificado que sea capaz de calcular las consecuencias probables del accidente en las condiciones imperantes.

- Servicios de laboratorios competentes, bien

equipados, fiables y acreditados para que efectúen las pruebas y los análisis necesarios.

- Suministro de personal cualificado para que trate eficazmente la emergencia.
- Suministro del material y equipo necesario para poder tomar las medidas correctivas y de protección necesarias.
- *Adopción de decisiones y aplicación de las medidas correctivas y de protección necesarias*

Entre otras, se encuentran las siguientes medidas:

- Evacuación de la planta.
- Evacuación de la población de la zona afectada.
- Organización de áreas de recepción para la población evacuada, con instalaciones y medios de abastecimiento adecuados.
- Eliminación del material derramado durante el accidente.

En el caso de suspensión del aprovisionamiento de agua, gas o electricidad, establecimiento de otra fuente de abastecimiento segura y fiable.

- Cambios en los itinerarios de transporte.
- Suministro de alimentos adecuados al personal de los servicios de emergencia y a las personas evacuadas.

- *Vigilancia continua de la situación después del accidente y adopción de decisiones y medidas pertinentes*

Según evolucionen los acontecimientos, será preciso adoptar las medidas necesarias para controlar la situación.

En resumen, en la fase de puesta en marcha de la planta deben aplicarse las medidas de corrección y control diseñadas, mejorando el rendimiento de los procesos de depuración teniendo en cuenta la experiencia de su funcionamiento. Debe, igualmente, diseñarse un sistema de respuesta a las emergencias que pudieran plantearse.

Fase de operación

En la fase de operación dos son los objetivos prioritarios:

- Mantenimiento de los sistemas de corrección y control.
- Adaptación del sistema de respuesta a los cambios.

Respecto al primer apartado, hay que insistir en la necesidad de llevar a cabo un adecuado mantenimiento de las instalaciones. Esto exige un cuidadoso seguimiento del estado de las mismas, evaluación de su rendimiento y análisis sistemático de los equipos de control.

Además, es preciso mantener la formación del personal técnico y auxiliar mediante la programación de cursos de perfeccionamiento y reciclaje.

Con referencia al segundo apartado, la adaptación a los cambios del sistema de respuesta tiene como fin mantener la operatividad del mismo en el transcurso del tiempo.

Los cambios pueden ser internos, como consecuencia de modificaciones en los procesos, ampliaciones, traslados, etc., y externos, por nuevos descubrimientos, cambios en los planes de emergencia de la administración, innovación tecnológica, etc.

De esta manera, el Comité de Riesgos debe evaluar periódicamente (al menos dos veces al año) la adaptación del SRE ante las modificaciones introducidas en la fabricación.

Igualmente el responsable del SRE debe incorporar gradualmente aquellos aspectos que se deriven de alteraciones y novedades externas.

Para comprobar la operatividad, el SRE debe ensayarse periódicamente. Estos ensayos pueden tener como finalidad comprobar el estado del conjunto o sólo una pequeña parte del mismo como, por ejemplo, el grado de conocimiento del Plan de un grupo de operarios de una línea de fabricación.

RESUMEN

Los riesgos de contaminación ambiental ocasionados por procesos industriales pueden deberse a dos motivos:

- La generación de residuos liberados continuamente al entorno en el proceso de fabricación.
- La emisión puntual de sustancias contaminantes debida a un accidente o a una acción voluntaria.

En ambos casos el factor más grave de riesgo es la presencia de sustancias tóxicas o peligrosas que, liberadas al medio ambiente, pudieran originar graves daños a la población y al entorno natural.

La prevención de la contaminación debe plantearse desde la misma fase de proyecto, mediante el diseño de equipos de depuración adecuados y el establecimiento de un sistema de respuesta a las emergencias así como de las medidas de seguridad pertinentes.

La liberación de sustancias al medio ambiente como consecuencia de un accidente no es ajena a otros aspectos, tales como incendios, explosiones, etc. Por lo tanto, la adopción de medidas de seguridad y del Plan de respuesta a las emergencias deberá ser enfocado desde un concepto integral de la seguridad.

La localización de los puntos de riesgo, la asignación clara de responsabilidades y funciones en caso de emergencia, la previsión de enlaces con las autoridades externas, el adecuado mantenimiento de los sistemas de corrección y control, la adopción del sistema de respuesta a los cambios y la formación adecuada del personal son los factores claves en la prevención de contaminación por accidente.

