

guía

GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

(en el ámbito del Real Decreto 1254/99 [Seveso II])



Dirección General
de Protección Civil
y Emergencias

**GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS
DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL**
[en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II)]

GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

[en el ámbito del Real Decreto 1254/1999
(Seveso II)]

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
MINISTERIO DEL INTERIOR

2004

Índice general

PRESENTACIÓN.....	13
Capítulo 1. Introducción	15
1.1 Antecedentes	18
1.2 Objeto.....	19
1.3 Alcance.....	20
1.4 Estructura	21
Capítulo 2. Metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999	25
2.1 Introducción	25
2.2 Fuentes de riesgo.....	27
2.3 Sistemas de control primario.....	36
2.4 Sistemas de transporte.....	38
2.5 Receptores vulnerables	39
2.6 Metodología para el análisis del riesgo medioambiental. Determinación del índice global de consecuencias medioambientales	42
2.7 Estimación del valor o índice de riesgo medioambiental para un establecimiento afectado por el Real Decreto 1254/1999	68
2.8 Evaluación y tolerabilidad del riesgo medioambiental	71
Capítulo 3. Definición de medios de protección necesarios en accidentes medioambientales y planes de emergencia exterior (PEE)	73
3.1 Definición de medios de protección necesarios en accidentes medioambientales tipo	73
3.2 Planes de emergencia exterior (PEE)	83
Aplicación informática CIRMA	85
Caso práctico de aplicación de la metodología	87
Anexos	109

Índice desglosado

PRESENTACIÓN	13
Capítulo 1. Introducción	15
1.1 Antecedentes	18
1.2 Objeto	19
1.3 Alcance	20
1.4 Estructura	21
Capítulo 2. Metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999	25
2.1 Introducción	25
2.1.1 Definición del sistema de riesgo	26
2.2 Fuentes de riesgo	27
2.2.1 Sustancias químicas	28
2.2.1.1 Sustancias peligrosas para el medio ambiente	28
2.2.2 Identificación del riesgo relacionado con las sustancias	30
2.2.2.1 Peligrosidad	30
2.2.2.2 Cantidad involucrada	31
2.2.2.3 Comportamiento medioambiental de las sustancias químicas	33
2.2.2.4 Mezclas químicas y transformaciones primarias	33
2.2.3 Información sobre las sustancias químicas en el ámbito de un análisis de riesgos	35
2.3 Sistemas de control primario	36
2.4 Sistemas de transporte	38
2.4.1 Modelos de dispersión	38
2.5 Receptores vulnerables	39
2.5.1 Vulnerabilidad/calidad del medio afectado	39
2.5.2 Factores condicionantes	41
2.5.2.1 Espacios naturales protegidos	41
2.5.2.2 Categorías de protección de especies	41

2.5.2.3	Patrimonio histórico artístico	41
2.5.2.4	Reversibilidad del daño/recuperación	42
2.5.2.5	Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	42
2.6	Metodología para el análisis del riesgo medioambiental. Determinación del índice global de consecuencias medioambientales	42
2.6.1	Fuentes de riesgo	45
2.6.1.1	Propiedades de la/s sustancia/s o mezcla/s	45
2.6.1.2	Cantidad de sustancia/s o mezcla/s implicadas	53
2.6.1.3	Puntuación del componente fuentes de riesgo	54
2.6.2	Sistemas de control primario	54
2.6.3	Sistemas de transporte	55
2.6.4	Receptores vulnerables	58
2.6.4.1	Factores condicionantes	64
2.6.4.1.1	Espacios naturales protegidos	64
2.6.4.1.2	Categorías de protección de especies	65
2.6.4.1.3	Patrimonio histórico artístico	66
2.6.4.1.4	Reversibilidad del daño/recuperación	66
2.6.4.1.5	Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	67
2.7	Estimación del valor o índice de riesgo medioambiental para un establecimiento afectado por el Real Decreto 1254/1999	68
2.7.1	Índice global de consecuencias medioambientales	68
2.7.2	Probabilidad/frecuencia asociada a escenarios accidentales	70
2.8	Evaluación y tolerabilidad del riesgo medioambiental	71
Capítulo 3. Definición de medios de protección necesarios en accidentes medioambientales y planes de emergencia exterior (PEE)		73
3.1	Definición de medios de protección necesarios en accidentes medioambientales tipo	73
3.2	Planes de emergencia exterior (PEE)	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ejemplos de accidentes industriales con consecuencias medioambientales graves	16
Tabla 2.	Criterios utilizados para cada uno de los aspectos «Toxicidad aguda, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación»	52
Tabla 3.	Criterios utilizados para «Sustancias clasificadas como peligrosas para el medio ambiente»	53
Tabla 4.	Criterios utilizados para el factor cantidad involucrada	54
Tabla 5.	Valores utilizados por AEAT (AEA Technology, UK) dentro de su índice de daño medioambiental	56
Tabla 6.	Criterios utilizados para el aspecto de extensión del daño	56
Tabla 7.	Criterios utilizados para el criterio de receptores vulnerables	63
Tabla 8.	Criterios utilizados para el factor condicionante espacios naturales protegidos	65
Tabla 9.	Criterios utilizados para el factor condicionante categorías de protección de especies	65
Tabla 10.	Criterios utilizados para el factor condicionante patrimonio histórico artístico	66
Tabla 11.	Criterios utilizados para el factor condicionante reversibilidad del daño/recuperación	67

Tabla 12. Criterios utilizados para el factor condicionante. Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	67
Tabla 13. Criterios para el factor probabilidad	70
Tabla 14. Criterios para el factor frecuencia (equivalencias)	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de la metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el real Decreto 1254/1999	23
Figura 2. Componentes del sistema de riesgo	26
Figura 3. Sistemas de control primario y relación con distintos aspectos dentro del establecimiento .	36
Figura 4. Ejemplo de extensión máxima alcanzada por un escenario accidental	40
Figura 5. Ejemplo de la metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999 (Seveso II)	44
Figura 6. Esquema general del índice global de consecuencias medioambientales	46
Figura 7. Metodología de Análisis del riesgo medioambiental (IGCM).....	47
Figura 8. Algoritmo de cálculo para la puntuación parcial de fuentes de riesgo-sustancia	48
Figura 9. Frases «R» de medio ambiente	49
Figura 10. Esquema parcial de clasificación por filtros para fuentes de riesgo-sustancias	49
Figura 11. Esquema de clasificación por filtros para fuentes de riesgo-sustancias	51
Figura 12. Esquema parcial de clasificación por filtros para fuentes de riesgo-cantidad involucrada ...	53
Figura 13. Puntuación del componente fuentes de riesgo.....	55
Figura 14. Esquema de clasificación por filtros para sistemas de transporte	57
Figura 15. Esquema de clasificación por filtros para receptores vulnerables	59
Figura 16. Ejemplo de varios tipos de hábitat dentro de un polígono ó tesela	60
Figura 17. Ejemplo de salida gráfica del inventario nacional de hábitat	61
Figura 18. Esquema de clasificación de hábitat EUNIS (flujograma parcial)	62
Figura 19. Factores condicionantes del criterio receptores vulnerables	64
Figura 20. Esquema general para la determinación del índice o valor de riesgo medioambiental	69
Figura 21. Determinación del factor probabilidad/frecuencia de un escenario accidental	71
Figura 22. Evaluación y tolerabilidad del riesgo medioambiental	72
Figura 23. Esquema general de los medios de protección	74
Figura 24. Ejemplo de distribución de escenarios accidentales sobre la matriz de riesgo	83
Aplicación informática CIRMA	85
Caso práctico de aplicación de la metodología	87
Anexos	
Anexo 1. Sustancias peligrosas para el medio ambiente	111
Anexo 2. Comportamiento medioambiental de las sustancias	113
Anexo 3. Sistemas de transporte	117
Anexo 4. Información sobre la zona de influencia	127
Anexo 5. Receptores vulnerables-Estudios	133
Anexo 6. Categorías de protección de espacios naturales protegidos	137
Anexo 7. Categorías de protección de especies	141
Anexo 8. Patrimonio histórico artístico	143
Anexo 9. Puntuación parcial de fuentes de riesgo para las sustancias incluidas en la parte 1 del anexo I del Real Decreto 1254/1999	145
Anexo 10. Fuentes de información	147
Anexo 11. Directorio de páginas web de interés	155
Anexo 12. Referencias bibliográficas	161
Anexo 13. Legislación y normativa	167

PRESENTACIÓN

La Dirección General de Protección Civil y Emergencias (Ministerio del Interior), previo al desarrollo, aprobación y publicación de la nueva Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas aprobada por el Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, consideró de gran importancia, entre otros trabajos técnicos, llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre la afección y vulnerabilidad del medio ambiente por accidentes graves ocurridos en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999, así como la propuesta de una metodología para el análisis de riesgos ambientales.

Fruto de lo anteriormente expuesto, se procedió al estudio y desarrollo de una «Metodología para el análisis de riesgos medioambientales en el marco de la Directiva 96/82/CE-Seveso II», que ha sido publicada en formato CD y divulgada, tanto a nivel nacional como internacional.

La propuesta sobre la metodología para el análisis de riesgos ambientales, fue presentada por España en un seminario técnico, celebrado en el primer semestre de 2002 en Huelva-Matalascañas, con motivo de la 7.^a Reunión del Comité de Autoridades Competentes para la Directiva Seveso II, teniendo una gran aceptación entre los diferentes Estados miembros y ofreciéndose como una base técnica de interés para la Comisión Europea. De manera notoria las autoridades competentes de Francia e Italia ofrecieron a las autoridades españolas su apoyo y colaboración al desarrollo de la misma.

La guía que se presenta: *Guía para la realización del análisis del riesgo medioambiental en el ámbito del Real Decreto 1254/1999*, desarrolla la citada metodología y parametriza cada uno de los componentes de los distintos sistemas de riesgo (fuente de riesgo, sistemas de control primario, sistemas de transporte y receptores vulnerables) y asocia a cada escenario accidental un valor o índice de riesgo medioambiental.

Dada la carencia de referencias científicas fiables en relación con este tipo de índices de riesgo medioambiental, resultaría muy arriesgado el asociar una escala de gravedad en función del valor absoluto obtenido, por lo que habrá que esperar a que la metodología sea puesta en práctica y aunar las experiencias que permitan, en un futuro, establecer una escala de valores del riesgo medioambiental.

No obstante, y con el objetivo de dotar a esta guía de un valor relativo a la hora de poder evaluar un riesgo medioambiental y su incidencia en la planificación de las emergencias derivadas del mismo, se ha visto oportuno el mantener un índice de riesgo medioambiental de carácter orientativo y sustentar el peso específico de la valoración en los dos elementos que componen el citado índice; el índice global de consecuencias medioambientales y, por otro lado, la probabilidad o frecuencia de ocurrencia del escenario.

Con el fin de facilitar el manejo práctico de esta guía, se ha elaborado un CD con un programa informático sencillo, que permite poner en práctica las diferentes etapas de la metodología y obtener los resultados finales.

Ante este problema de naturaleza global, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias quiere dar las gracias a todas las personas y organizaciones que nos han ayudado y apoyado en la consecución de este trabajo. Confiamos que suponga un primer escalón en la complicada tarea de prevenir y mitigar los accidentes industriales graves, con incidencias en el medio ambiente que nos rodea.

CELIA ABENZA ROJO

Directora General de Protección Civil y Emergencias



El 9 de diciembre de 1996 el Consejo de la Unión Europea adoptó la *Directiva 96/82/CE (Seveso II)*¹ relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. La *Directiva 96/82/CE* derogaba a la anterior *Directiva 82/501/CEE (Seveso I)*² sobre control de riesgos inherentes a los accidentes graves en determinadas actividades industriales. El hecho de que la Directiva SEVESO I no fuese modificada sino que una nueva Directiva fuese concebida indicaba que habían sido introducidos cambios sustanciales.

La Directiva SEVESO II tiene un doble objetivo:

En primer lugar, la Directiva pretende *prevenir* aquellos accidentes graves en donde intervengan sustancias peligrosas.

En segundo lugar, como los accidentes continúan ocurriendo, la Directiva pretende *limitar las consecuencias* de tales accidentes no sólo a la población (*aspectos de seguridad y salud*) sino también al ambiente (*aspectos ambientales*).

Aunque en muchos casos las sustancias que son peligrosas al hombre lo son también para el medio ambiente, puede decirse que el alcance de la Directiva SEVESO I estaba más enfocada hacia la protección de personas que hacia la protección de la fauna y la flora. Con la Directiva SEVESO II, la amenaza al medio ambiente es un aspecto importante que ha sido reforzado con la inclusión, por primera vez, de sustancias clasificadas como *peligrosas para el medio ambiente (acuático)* en el ámbito de la Directiva. Tales sustancias estaban cubiertas por la SEVESO I solamente si eran consideradas en otra categoría de clasificación.

Cabe destacar, los numerosos accidentes (véase tabla 1), en los que se ha demostrado los efectos severos sobre el medio ambiente, que un accidente grave de esas características podía acarrear. Pero a su vez, ha sido patente la carencia de información precisa de las consecuencias medioambientales de otros accidentes ocurridos en el pasado³. Otra conclusión es el hecho de que, incluso los vertidos o derrames de pequeñas cantidades de sustancias que en la actualidad no están clasificadas como peligrosas para el medio ambiente, pueden ocasionar daños graves en el medio receptor.

¹ Directiva 96/82/CE del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio.

² Directiva 82/501/CEE del Consejo, de 24 de junio de 1982, relativa a los riesgos de accidentes graves en determinadas actividades industriales, modificada por las Directivas 87/216/CEE y 88/610/CEE, de 19 de marzo y de 24 de noviembre respectivamente, traspuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 886/1988, de 15 de julio, modificado por el Real Decreto 952/1990, de 29 de julio.

³ Mitchison, N., «The Seveso II Directive: guidance and fine-tuning». Major Accident Hazards Bureau, Institute for Systems, Informatics and Safety, Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy. Publicado en *Journal of Hazardous Materials*, núm. 65 (1999), pp. 23-26.

TABLA 1

Ejemplos de accidentes industriales con consecuencias medioambientales graves

Schweizerhalle (Sandoz), Basilea	1986	El agua de extinción de incendios utilizada para sofocar el fuego en un almacén, fue vertida al río Rhin con una carga contaminante de mercurio, pesticidas organofosforados y otros productos químicos.	Contaminación masiva del río Rhin y la muerte de medio millón de peces.
Dampniat, Francia	1988	Debido a un fallo técnico o humano se vertieron 40 kg de una solución de Lindano y Pentaclorofenato de sodio en el río.	Afección de 14 Km. de río y 15 toneladas de peces muertos.
Floreffe, Pensilvania, USA	1988	Desbordamiento de un tanque de gasoil, el cual pasó a un tanque de gasolina. Se vertieron 12.500 toneladas de gasoil y gasolina. El vertido llegó al alcantarillado y al río Monongahela.	Afección de 100 millas del río, peces y aves muertas. El suministro público de agua de más de 80 poblaciones se vio afectada. Muchas empresas se vieron obligadas a cerrar por falta de agua.
Aznalcóllar (Sevilla)	1998	Fractura de unos 20 metros del dique de contención en una de las dos balsas utilizadas por la empresa Boliden-Apirsa para almacenar residuos mineros procedentes del lavado de piratas.	5 millones de metros cúbicos de agua ácida y lodos irrumpieron al río Agrio, y de él alcanzan al Guadiamar (afluente del Guadalquivir). Se produce la inundación de centenares de metros a ambos lados por el desbordamiento del Guadiamar cargado del lodo tóxico, causando la anegación de campos de cultivo. Muerte de gran cantidad de especies acuáticas por intoxicación a consecuencia de los lodos. Entrada de agua ácida al Parque Nacional por nueve sitios diferentes por compuertas mal cerradas.

Por consiguiente, la necesidad de contar con una metodología dirigida hacia el análisis del riesgo medioambiental de los establecimientos afectados por la *Directiva Seveso II*, constituye una herramienta fundamental a la hora de prevenir y mitigar los posibles efectos que los accidentes graves puedan tener sobre el medio ambiente.

En este sentido son varios los estados de la Unión Europea (Reino Unido, Holanda, Suecia, etc.) que, paralelamente a la trasposición de la Directiva Seveso II a su ordenamiento jurídico interno, han publicado guías y artículos sobre los aspectos relacionados con el análisis del riesgo medioambiental⁴ como parte integrante del informe de seguridad requerido (*art. 9, Directiva Seveso II*).

⁴ Ej. *Guidance on Interpretation of Major Accident to the Environment for the Purposes of the COMAH Regulations*, Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), Reino Unido, 1999.

Development of a risk assessment methodology for Seveso II establishments, Ecole des Mines d'Alès-INERIS, Francia.

El Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas traspuso la Directiva Seveso II al ordenamiento jurídico español y posteriormente el Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba *Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas*, complementó dicha trasposición.

El «riesgo medioambiental» derivado de accidentes en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999, también constituye un aspecto a considerar dentro del ámbito estatal español. Así se puso de manifiesto en el punto 2.4 de la nueva *Directriz básica*, donde bajo el título de «**Análisis de la vulnerabilidad del medio ambiente**», se indica textualmente:

«El industrial proporcionará un análisis fundamentado en la identificación, caracterización y valoración sistemática y objetiva de cada uno de los componentes y factores relevantes del sistema de riesgo⁵.

El análisis se basará en la evaluación y parametrización de los cuatro componentes que constituyen el sistema de riesgo:

- *Fuentes de riesgo.*
- *Sistemas de control primario.*
- *Sistemas de transporte.*
- *Receptores vulnerables.*

Fuentes de riesgo

La evaluación debe contemplar entre otros aspectos la peligrosidad potencial de la sustancia, los factores que condicionan su comportamiento ambiental y la cantidad potencial involucrada.

Sistemas de control primario

Los sistemas de control primario son los equipos o medidas de control dispuestos por el industrial con la finalidad de mantener una determinada fuente de riesgo en condiciones de control permanente, de forma que no afecte significativamente al medio ambiente.

La evaluación debe describir para cada fuente de riesgo los sistemas de control dispuestos y su eficacia, estimando qué cantidad de fuente de riesgo puede alcanzar el medio y en qué condiciones.

Sistemas de transporte

La evaluación debe describir en qué casos las fuentes de riesgo pueden alcanzar el medio receptor y estimar si el transporte en el mismo (aire, agua superficial o subterránea, suelo), puede poner la fuente de riesgo en contacto con el receptor y la magnitud de la posible afección.

Receptores vulnerables

La evaluación debe incluir una valoración del entorno natural, el entorno socioeconómico, y su afección.

⁵ Ver apartado 2.1.1.

El industrial debe suministrar información suficiente de los aspectos anteriormente indicados y parametrizar cada uno de los componentes de los distintos sistemas de riesgo (fuente de riesgo, sistemas de control primario, sistemas de transporte y receptores vulnerables), con la finalidad de asociar a cada situación de riesgo un valor o índice de peligro.»

La Dirección General de Protección Civil, perteneciente al Ministerio del Interior, paralelamente al desarrollo de esta nueva Directriz básica para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, consideró de vital importancia el desarrollo de una **guía técnica de análisis del riesgo medioambiental**, donde se estableciesen las pautas para llevar a cabo la identificación y evaluación del riesgo medioambiental derivado de los accidentes graves ocurridos en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999, y en la que se recogiese la información necesaria para abordar su adecuada gestión y para establecer la conveniente planificación de las emergencias.

El presente documento nace con la idea de ser un referente para esos aspectos anteriormente mencionados de tal manera que se constituya en:

- Una herramienta técnica para los responsables de los emplazamientos afectados por el Real Decreto 1254/1999.
- Un instrumento de apoyo para los organismos competentes de las distintas Comunidades Autónomas tanto en la evaluación de los escenarios de riesgo como en la elaboración de sus planes de emergencia exterior.

1.1 ANTECEDENTES

La trasposición de la *Directiva 96/82/CE*, supone retos importantes para los Estados miembros, así como para el resto de partes interesadas entre las que cabe destacar, a los propios industriales como responsables y gestores de los establecimientos afectados. En este punto, se ha puesto en especial evidencia la necesidad de emplear una metodología que defina las pautas a seguir para poder determinar el riesgo intrínseco de un accidente grave sobre el **medio ambiente** como receptor final y no, como correa de transmisión hacia la población.

La Dirección General de Protección Civil inició, como autoridad competente en la trasposición de la *Directiva 96/82/CE*, una consulta al resto de Estados miembros, a fin de recibir información de los métodos sobre riesgo medioambiental que se estaban utilizando. El resultado fue heterogéneo y, en todo caso, se observó una coincidencia en la necesidad de tratar este tema más profundamente en un foro adecuado para ello.

Coincidiendo con la presidencia española de la Unión Europea en el primer semestre de 2002, se celebró en España (Huelva-Matalascañas), la séptima reunión del Comité de Autoridades Competentes para la trasposición de la *Directiva 96/82/CE-Seveso II*. A petición de las autoridades españolas, la reunión fue precedida de un seminario técnico sobre los análisis del riesgo medioambiental en el marco de la *Directiva 96/82/CE-Seveso II*.

La propuesta de una metodología para el análisis de riesgos ambientales⁶ en el marco de la *Directiva Comunitaria 96/82/CE-Seveso II*, fue presentada por España en el citado

⁶ Metodología para el análisis de riesgos ambientales en el marco de la Directiva Comunitaria 96/82/CE-SEVESO II, Dirección General de Protección Civil (Ministerio del Interior), 2003.

seminario, teniendo una gran aceptación entre los diferentes Estados miembros, ofreciéndose como una base técnica de interés para la Comisión Europea y las diferentes autoridades competentes en esta materia. El proyecto de desarrollo de la metodología fue especialmente apoyado por Francia e Italia.

Dicha propuesta basada en la evaluación y parametrización de las fuentes de riesgo, los sistemas de control o reducción del riesgo presentes en el establecimiento, el potencial de dispersión a través de los diferentes medios y los receptores vulnerables requería de un posterior desarrollo metodológico, como referencia técnica útil para los diferentes agentes implicados en el ámbito del Real Decreto 1254/1999.

1.2 OBJETO

El objeto de la presente guía es establecer las pautas mínimas, para llevar a cabo el desarrollo de un análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999.

Partiendo del estudio técnico⁷ de la «*Metodología para el análisis de riesgos ambientales en el marco de la Directiva Comunitaria 96/82/CE-Seveso II*», el presente documento pretende cumplir los objetivos básicos marcados en el mismo:

- I. Dar respuesta al espíritu de la *Directiva 96/82/CE* en el ámbito de la protección al medio ambiente.
- II. Establecer una metodología coherente y de sencilla aplicación, evitando, en la medida de lo posible, complejos procesos de trabajo y por otra parte, facilitar el cumplimiento de lo dispuesto en la normativa.
- III. Permitir al industrial, dentro del ámbito del informe de seguridad, la identificación de las potenciales fuentes de riesgo de accidentes graves y su peligrosidad, la definición y detalles de las medidas previstas para su control, la valoración de los medios receptores que se podrían ver afectados, el análisis de su posible afección y la valoración de la magnitud de la misma.
- IV. Cubrir el hueco existente entre una serie de metodologías muy generales, que no constituyen ayuda suficiente para el industrial afectado, y otras metodologías que se han desarrollado de forma muy particular para casos concretos de afección al medio ambiente como «*The French Approach to contaminated-land management*» (Ministere de L'Aménagement du Territoire et de L'Environnement, République Française, 2001), en la que por ejemplo, sólo se aborda el caso de la gestión de suelos contaminados, o «*Environment-Accident Index: validation of a model*». Scott, A. Defence Research Establishment, División of NBC Defence (Sweden, 1998), aplicable a descargas en suelos, aguas superficiales y subterráneas y no aplicable a incendios, explosiones o accidentes con fugas a la atmósfera.
- V. Facilitar a la autoridad competente, a través de la información aportada por el industrial en el informe de seguridad, estructurada de acuerdo a esta guía, permita a la misma establecer unas pautas de actuación y una adecuada planificación tendente a minimizar o reducir las consecuencias ambientales del potencial accidente grave y su afección a los medios receptores.

⁷ Metodología para el análisis de riesgos ambientales en el marco de la Directiva Comunitaria 96/82/CE-SEVESO II, Dirección General de Protección Civil (Ministerio del Interior), 2003.

1.3 ALCANCE

La delimitación del alcance de la guía es el siguiente:

1) Se ha desarrollado en el ámbito de aplicación de la Directiva SEVESO II, es decir para aquellos establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999.

2) No trata el riesgo ni el daño derivado de aquellas condiciones de funcionamiento normales o sucesos intencionados a consecuencia de los cuales se produzca un accidente. A título de ejemplo, la guía no recogerá ni el riesgo ni el daño causados por una emisión o vertido continuo como resultado de unas condiciones normales de funcionamiento.

3) En relación con el daño derivado de un accidente grave, la guía considera los efectos derivados de la toxicidad inherente de las sustancias peligrosas o mezclas de las anteriores liberadas directamente en el accidente. Se considerarán también los productos de reacción en los que estas sustancias o mezclas se transforman en el propio escenario accidental.

4) En relación a las sustancias implicadas, la guía no se circunscribe con carácter exclusivo a las sustancias clasificadas con las frases R, peligrosas para el medio ambiente, ya que implicaría dejar fuera del alcance a distintas tipologías de sustancias como las corrosivas, las tóxicas, etc. que también pueden generar un daño en el medio ambiente.

No obstante en lo que respecta a la categorización y análisis que se realice, la guía descenderá al detalle de la clasificación establecida en el Real Decreto 363/1995 que aprueba el Reglamento sobre Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas y sus posteriores modificaciones y en el Real Decreto 255/2003 sobre Clasificación, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos y desarrollos legislativos posteriores.

5) Se centra en los efectos más inmediatos sobre la riqueza natural, el patrimonio histórico, y por extensión sobre el entorno socioeconómico, que puedan estar derivados de la alteración previa del ecosistema. Por ejemplo, las alteraciones en los recursos pesqueros, paisajísticos o forestales derivados de un daño al ecosistema podrán traer aparejados una serie de trastornos y repercusiones sobre el entorno socioeconómico de un área afectada que se traducen en costes monetarios para los sectores económicos directamente dependientes del recurso afectado.

6) No es objetivo de la presente guía la descripción de métodos de análisis relacionados con la identificación de las propias fuentes de riesgo y los fallos asociados a la operabilidad ya que éstos se encuentran suficientemente desarrollados y no ofrecen unas características distintas por tratarse específicamente de un riesgo medioambiental.

La guía se centra básicamente en los receptores vulnerables, proporcionando una herramienta y una metodología útiles que permitan la interrelación de la intensidad del agente causante (habitualmente una concentración de una sustancia) y el daño en el medio ambiente.

7) No se considera la cuantificación del riesgo medioambiental debido al grado de complejidad asociado al proceso de modelización del conjunto de las interacciones de lo/s agente/s de riesgo con un ecosistema complejo. Esta circunstancia provocaría que la cuantificación precisara de tantas simplificaciones e hipótesis que su resultado práctico tuviese asociado una gran incertidumbre.

8) El desarrollo de la guía tiene presente la propia existencia de la información necesaria para llevar a cabo el análisis y evaluación del riesgo medioambiental, su facilidad de acceso y el grado de detalle de la misma para un industrial afectado.

La vulnerabilidad del medio ambiente deberá poder estimarse en función de la información adicional existente y accesible, evitando solicitar una información que implique laboriosos y costosos estudios para la industria (Ej. inventario faunístico, un estudio para la determinación de la existencia de endemismos en su entorno o cálculo del régimen de estiaje de una corriente de agua superficial) que si bien serían útiles para el análisis de riesgos, complicaría el proceso de facto.

Se considera que el análisis de riesgos debe partir de la información existente en el momento, poniendo a disposición del responsable del establecimiento un protocolo que le ayude a obtenerla, conocerla, procesarla e interpretarla, pero no a resolver los posibles déficit existentes.

En este sentido la guía debe constituir una herramienta útil y práctica que facilite y simplifique las búsquedas al industrial afectado.

9) El índice o valor de riesgo medioambiental resultante será un valor que de manera absoluta tendrá asignado un número de 1 a 100, que por sí sólo podría no darnos idea de la gravedad del escenario estudiado y será necesario considerar dicho índice o valor en función de los dos componentes que lo definen, por un lado el índice global de consecuencias medioambientales y por otro la probabilidad o frecuencia de ocurrencia del escenario.

Dada la falta de referencias científicas en relación con este tipo de índices o valores, resultaría arriesgado evaluar una escala de gravedad en función del resultado absoluto, por lo que habrá que esperar a que la metodología sea puesta en práctica y aunar las experiencias obtenidas, que permitan en un futuro establecer límites para el valor o índice de riesgo ambiental.

1.4 ESTRUCTURA

La guía se encuentra estructurada en tres puntos claramente diferenciados.

En los dos primeros, la guía desarrolla la metodología para el análisis del riesgo medioambiental (véase figura 1), ajustándose a los cuatro componentes básicos del sistema de riesgo medioambiental definido en el apartado 2.1.1.

En este sentido, y siguiendo con la secuencia lógica de un análisis de riesgos, la guía comienza analizando las posibles fuentes de riesgo y los sistemas de control primario.

Es importante resaltar en este punto, que entre los objetivos fundamentales de la guía, no se encuentra el de la descripción de métodos de análisis relacionados con la identificación de las propias fuentes de riesgo y los fallos asociados a la operabilidad, ya que éstos se encuentran suficientemente desarrollados en otros documentos como guías técnicas y bibliografía en general. Además, la guía considera que no existen unas características distintas en estos métodos, por tratarse específicamente de un riesgo medioambiental. No obstante, los modelos de dispersión englobados dentro del componente de sistemas de transporte, merecerán un tratamiento más amplio, debido a la especial relevancia que éstos representan en accidentes con consecuencias claramente medioambientales.

El segundo punto constituye el núcleo central de la guía. El documento establece los criterios fundamentales de cara a la estimación del denominado índice global de consecuencias medioambientales (véase apartado 2.6) y la probabilidad o frecuencia asociados al escenario accidental, para a continuación, obtener un valor o índice de riesgo medioambiental, y proceder finalmente a la evaluación y análisis de la tolerabilidad de ese riesgo, teniendo siem-

pre en consideración los factores que lo componen, como ya se ha explicado en el apartado correspondiente al alcance (1.3 punto 9).

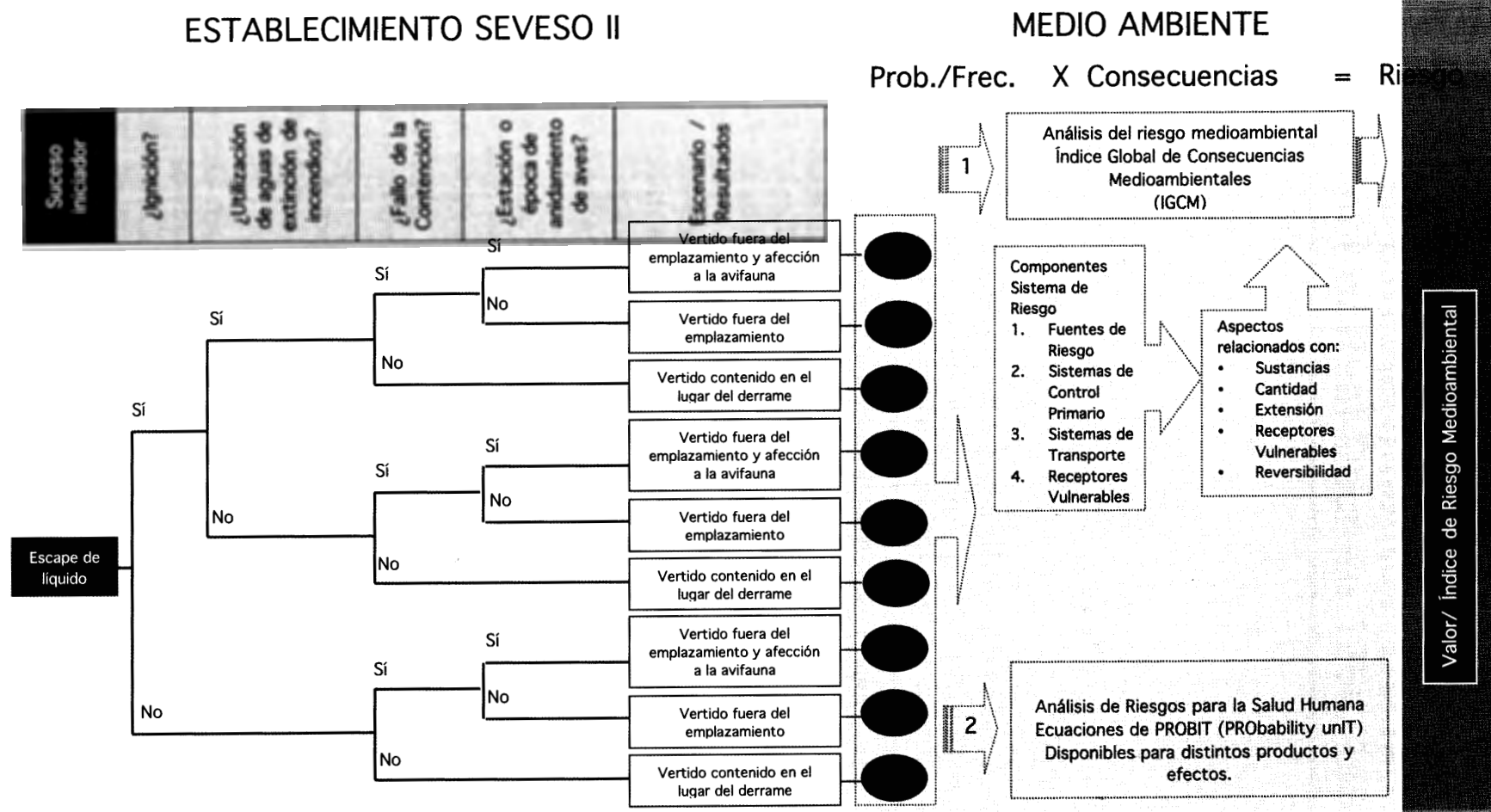
En el tercer punto, la guía contempla los equipos y medios de protección: contención y descontaminación, para hacer frente a una serie de accidentes tipo. La finalidad de este tercer punto consiste en establecer una descripción de características técnicas de equipos y medios de descontaminación.

Al final, la guía presenta un caso práctico, donde a partir de un escenario accidental, se procede a la estimación de consecuencias sobre distintos receptores vulnerables.

A través de este ejemplo práctico, la guía pretende potenciar por una parte, la aplicabilidad del conjunto de la metodología y por otra, la esencial función práctica y didáctica de este documento.

FIGURA I

Ejemplo de la metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999



Capítulo 2

Metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999

2.1 INTRODUCCIÓN

Conceptualmente la metodología debe, de la forma más sencilla posible pero fiable a la vez, valorar el riesgo asociado a una fuente de peligro⁸ y su potencial materialización y afección a los medios receptores, para lo cual, el análisis tiene que considerar la propia fuente de peligro, los elementos y sistemas dispuestos para su control, el acceso al medio y su transporte, la afección o exposición y la vulnerabilidad de los receptores.

Sin embargo, la estimación y valoración del riesgo medioambiental como tal presenta una serie de aspectos específicos que lo diferencian del riesgo toxicológico para los seres humanos. Estas diferencias vienen determinadas básicamente por la ausencia de algoritmos que relacionan la intensidad o concentración de una sustancia química y los daños ocasionados a los receptores vulnerables (medio ambiente).

En el caso del análisis de riesgos dirigido hacia personas, esta relación se encuentra establecida a través de una serie de ecuaciones PROBIT (American Institute of Chemical Engineers)⁹, sin embargo este tipo de ecuaciones no ha sido desarrollado para el riesgo medioambiental.

Para suplir esta carencia y cumplir los objetivos anteriormente mencionados, la metodología debe permitir identificar y evaluar el riesgo de una instalación industrial caracterizando y parametrizando cada uno de los elementos del sistema de riesgo:

- I. Fuentes de riesgo.
- II. Sistemas de control adoptados por el industrial, tendentes a prevenir y controlar los riesgos ambientales.
- III. Mecanismos de transporte y extensión de los efectos dañinos sobre el entorno.
- IV. Vulnerabilidad de los medios receptores sensibles (humano, socioeconómico y biológico).

En esta misma línea conceptual, se han basado numerosas metodologías de análisis de riesgos que han sido desarrolladas para la evaluación del riesgo de determinados contaminantes o medios afectados (suelos contaminados, residuos, etc...). Dichas metodologías,

⁸ Según el Real Decreto 1254/1999:

Peligro: La capacidad intrínseca de una sustancia peligrosa o la potencialidad de una situación física para ocasionar daños a las personas, los bienes y al medio ambiente.

Riesgo: La probabilidad de que se produzca un efecto específico en un período de tiempo determinado o en circunstancias determinadas.

⁹ Finney, 1971.

si bien comparten el esquema conceptual del análisis, han sido siempre desarrolladas para casos más concretos que el que nos ocupa. A título de ejemplo se puede hacer referencia a las siguientes:

Operator and Pollution Risk Appraisal (OPRA) (2002), Environmental Agency, UK.

Wilson, A. R. (1991), *Environmental Risk: Identification and Management*, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI.

Guidance on Interpretation of Major Accident to the Environment for the Purposes of the COMAH Regulations (1999), Department of the Environment, Transport and the Regions, DETR.

Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports (1999), Department of the Environment, Transport and the Regions, DETR.

Environmental Sampling after a Chemical Accident (1999), Department of the Environment, Transport and the Regions, DETR.

Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities (1999), United States Environmental Protection Agency, US EPA.

The French Approach to contaminated-land management (2001), Ministère de L'Aménagement du Territoire et de L'Environnement, République Française.

Environment-Accident Index: validation of a model (1998), Scott, A. Defence Research Establishment, Division of NBC Defence, Sweden.

En todas ellas se introducen importantes acotaciones que permiten desarrollar la metodología con restricciones a determinados grupos de contaminantes o medios vulnerables.

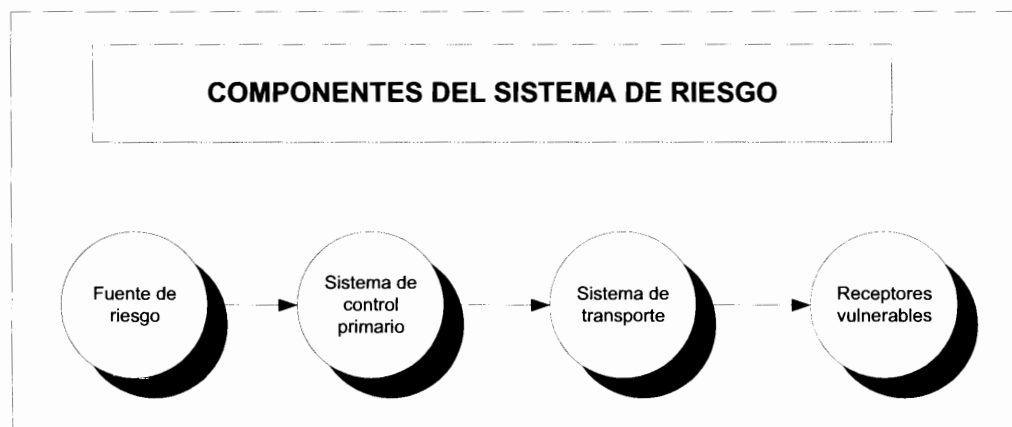
2.1.1 Definición del sistema de riesgo

La metodología está fundamentada en la identificación, caracterización y valoración sistemática y objetiva de cada uno de los componentes y factores relevantes del sistema de riesgo ya mencionados en el punto anterior.

El sistema de riesgo (véase fig. 2) se concibe constituido por cuatro componentes básicos:

FIGURA 2

Componentes del sistema de riesgo



- **Fuentes de riesgo**

La evaluación debe contemplar entre otros aspectos la peligrosidad potencial de la sustancia, los factores que condicionan su comportamiento ambiental y la cantidad potencial involucrada.

- **Sistemas de control primario**

Los sistemas de control primario son los equipos o medidas de control dispuestos por el industrial con la finalidad de mantener una determinada fuente de riesgo en condiciones de control permanente, de forma que no afecte significativamente al medio ambiente.

La evaluación debe describir para cada fuente de riesgo los sistemas de control dispuestos y su eficacia, estimando qué cantidad de fuente de riesgo puede alcanzar el medio y en qué condiciones.

- **Sistemas de transporte**

La evaluación debe describir en qué casos las fuentes de riesgo pueden alcanzar el medio receptor y estimar si el transporte en el mismo (aire, agua superficial o subterránea, suelo), puede poner la fuente de riesgo en contacto con el receptor y la magnitud de la posible afección.

- **Receptores vulnerables**

La evaluación debe incluir una valoración del entorno natural, el entorno socioeconómico, y su afección.

En resumen, la metodología deberá suministrar información suficiente de los aspectos anteriormente indicados y parametrizar cada uno de los componentes de los distintos sistemas de riesgo (fuente de riesgo, sistemas de control primario, sistemas de transporte y receptores vulnerables) con la finalidad de asociar a cada situación de riesgo un valor o índice de riesgo medioambiental (IRM) que deberá ser evaluado en función de los elementos que lo componen IGCM y frecuencia o probabilidad.

Ello permitirá al industrial y a la autoridad competente disponer de una clasificación de los riesgos, así como una caracterización y evaluación de cada uno de ellos, con la información necesaria para adoptar las medidas de actuación necesarias, tanto desde el punto de vista preventivo como operativo.

2.2 FUENTES DE RIESGO

Por obvio que resulte, para que exista un daño medioambiental tras un accidente grave, debe haber existido previamente una *sustancia o energía* con un potencial de daño suficiente. Este daño es función de sus propiedades intrínsecas, que a su vez lo son de la composición molecular y de las condiciones a las que se encuentra almacenado o manipulado (presión, temperatura, altura, etc.). Por este motivo, es necesario comenzar abordando uno de los aspectos más importantes de los que se consideran en el análisis de riesgos, las sustancias implicadas.

A lo largo de este apartado, se ofrecerán una serie de pautas para facilitar al industrial la identificación, clasificación y evaluación de las sustancias químicas presentes en su establecimiento, todo ello en función del potencial de riesgo o daño medioambiental que poseen.

2.2.1 Sustancias químicas

Las sustancias químicas constituyen la principal fuente de riesgo dentro del ámbito definido por la *Directiva 96/82/CE*. En la actualidad son miles los productos químicos que se comercializan y que pueden interactuar con el medio ambiente. De ellas, una parte significativa son potencialmente peligrosas para el medio ambiente.

Desde la Unión Europea, las bases del análisis y la evaluación del riesgo de estas sustancias químicas están recogidas en la *Directiva 93/67/CEE*¹⁰. En ella se asientan los principios para la evaluación de riesgos para los seres humanos y el medio ambiente derivados de sustancias notificadas de acuerdo con la *Directiva 67/548/CEE*¹¹, *relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas* y sus posteriores modificaciones.

La anteriormente mencionada *Directiva 67/548/CEE* relativa a la clasificación y etiquetado de sustancias químicas, supuso la incorporación de un sistema de clasificación de sustancias químicas dentro del ámbito de la Unión Europea. Esta clasificación desarrolla un sistema de etiquetado integrado, entre otros, por:

- I. Un símbolo de peligro.
- II. Un conjunto de frases «R» o frases tipo que indican los riesgos específicos derivados de los peligros de la sustancia.
- III. Un conjunto de frases «S» o frases tipo que indican los consejos de prudencia en relación con el uso de la sustancia.

En el ámbito de la presente guía se abordarán de forma más detallada aquellas sustancias consideradas peligrosas para el medio ambiente en la legislación de la Unión Europea, si bien, es preciso afirmar que son otras muchas sustancias las que pueden ocasionar un grave daño medioambiental. Por lo tanto, el análisis debe realizarse considerando el espectro más amplio posible de sustancias químicas.

2.2.1.1 Sustancias peligrosas para el medio ambiente

El desarrollo de un criterio de clasificación de sustancias peligrosas para el medio ambiente, comenzó en los años ochenta en la Unión Europea en forma de un proyecto conjunto de los Países Nórdicos, que culminó con el actual sistema de clasificación a comienzos de los años noventa.

¹⁰ Directiva 93/67/CEE de la Comisión, de 20 de julio de 1993, por la que se fijan los principios de evaluación del riesgo, para el ser humano y el medio ambiente, de las sustancias notificadas de acuerdo con la Directiva 67/548/CEE del Consejo, incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, que establece el Reglamento sobre Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.

¹¹ Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo, que establece el Reglamento sobre Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.

Uno de los requisitos fundamentales del trabajo, fue crear un sistema en el que todos los compartimentos medioambientales estuviesen comprendidos. Sin embargo, hasta la fecha sólo se han desarrollado criterios de clasificación para el conjunto de frases «R» relacionadas con el medio ambiente acuático utilizando niveles de toxicidad $L(E)C_{50}$ ¹² para peces (fish), algas unicelulares (algae) y microcrustáceos de agua dulce (daphnia).

Estos criterios toxicológicos establecen la relación biunívoca entre la sustancia química y el organismo influenciado por unas condiciones medioambientales determinadas, o lo que es conocido como toxicidad inherente de la sustancia. Esta relación se establece por medio de los puntos finales de toxicidad «toxicity endpoints» entre los cuales cabe destacar entre otros los $L(E)C_{50}$ (Lethal o Effective Concentration-dosis letal o efectiva, nivel 50 por 100) de toxicidad aguda o los NOEC¹³ (No Observed Effect Concentration-concentración a la que no se observan efectos) de toxicidad crónica, obtenidos según los procedimientos de la OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económico) para una serie de organismos seleccionados por su sensibilidad a las alteraciones del medio. Estos valores son considerados como una estimación cuantitativa de la toxicidad inherente de la sustancia química objeto del estudio.

Sin embargo, el riesgo medioambiental como tal presenta una serie de aspectos específicos que lo diferencian del riesgo toxicológico para los seres humanos. Estas diferencias vienen determinadas básicamente por el alcance del análisis. En el caso de los riesgos para los seres humanos, las metodologías buscan establecer una serie de parámetros específicos relacionados con la carcinogenicidad, mutagenicidad, toxicidad reproductiva, neurotoxicidad, etc. Por el contrario, en el caso del riesgo medioambiental, el objetivo del análisis trata de establecer la afección potencial a la estructura y función de los ecosistemas amenazados¹⁴.

La complejidad y las interrelaciones existentes en los ecosistemas hacen que en muchas ocasiones sea difícil establecer o validar determinadas metodologías para el caso del riesgo medioambiental. A modo de ejemplo, basta mencionar una serie de factores que ofrecen una idea de la dificultad de este tipo de análisis de riesgos:

- El número total de especies en el planeta varía de 10 a 100 millones según autores¹⁵, y sólo 1,5 millones de especies han sido clasificadas taxonómicamente.
- Los distintos patrones de consumo en cada especie animal¹⁶.
- La distinta alimentación y tasas de crecimiento¹⁶.
- El comportamiento de las sustancias químicas y biotransformaciones¹⁶.

Los factores anteriormente mencionados entre otros, provocan que en la actualidad la disponibilidad de datos ecotoxicológicos para diferentes tipos de sustancias químicas sea escasa. Según la información procedente de la base de datos IUCLID del European Chemi-

¹² LC_{50} (Lethal Concentration) es la concentración de la sustancia a la cual el 50 por 100 de la población expuesta a esta concentración muere. La LC_{50} no es una constante biológica porque hay muchos factores que influyen en la toxicidad.

EC_{50} (Effective Concentration) es la concentración de la sustancia que produce una respuesta igual a la mitad de la respuesta máxima, para el 50 por 100 de la población.

Los $L(E)C_{50}$ suelen venir determinados para 3 niveles tróficos representados por peces, algas unicelulares y daphnias.

¹³ NOEC (No Observed Effect Concentration) es la máxima concentración de sustancia para la cual no se observan efectos sobre los organismos ensayados.

¹⁴ Odum (1985) define el ecosistema como cualquier unidad que incluye todos los organismos que interactúan entre ellos y con el ambiente físico en una área definida, de tal forma que un flujo de energía se establece entre los organismos y un flujo de materia entre éstos y el ambiente abiótico.

¹⁵ Van Leeuwen, C. J., *et al.*, «Risk Assessment and management of new and existing chemicals», Publicado en *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2 (1996), pp. 243-299.

¹⁶ Van Leeuwen, C. J., 1995, *Ecotoxicological effects in: Risk Assessment of Chemicals. An Introduction*, eds. C. J. Van Leeuwen and J. L. M. Hermens (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht), pp. 175-237.

cal Bureau, la disponibilidad de LC_{50} fish alcanza cotas del 51 por 100, disminuyendo hasta el 44 por 100 en el caso de EC_{50} daphnia y bajando a niveles cercanos a 0 por 100 en el caso de LC_{50} plant (plantas).

De acuerdo con el informe de la OCDE sobre la evaluación de efectos ecológicos (OCDE, 1989), la evaluación ecotoxicológica de efectos producidos por una determinada sustancia química, puede dividirse en tres fases, dependiendo del tipo de información disponible:

I. Una evaluación preliminar donde existen una serie de valores LC_{50} o EC_{50} de toxicidad aguda (acute toxicity).

II. Una evaluación más detallada o intermedia en la que se pueden utilizar una serie de NOECs procedentes de test crónicos.

III. Y finalmente, una evaluación de efectos más completa en la que intervienen estudios de campo, estudios de toxicidad multispecies o incluso NOECs en suficiente cantidad.

En la práctica, las sustancias químicas han de ser evaluadas en función de información a menudo escasa o incompleta. Como resultado, la evaluación implica diversos tipos de incertidumbre y numerosas extrapolaciones que van desde:

- Niveles de toxicidad aguda a niveles de toxicidad crónica.
- Un periodo vital a todo el ciclo de vida.
- Efectos individuales a efectos a nivel de población.
- Una a varias especies.
- Una a varias rutas de exposición.
- Efectos directos a indirectos.
- Un ecosistema a otros ecosistemas.

Esta situación ha generado una serie de problemas particularmente importantes para aquellas sustancias con un comportamiento medioambiental específico. Por ejemplo, sustancias con una toxicidad específica para plantas son normalmente clasificadas en relación con su toxicidad para las algas unicelulares. Sin embargo, algunas de estas sustancias, como los cloratos, fluoruros y distintos herbicidas, poseen mecanismos de toxicidad que son específicos para las plantas vasculares, y por lo tanto no están siendo adecuadamente clasificadas simplemente porque los organismos guía seleccionados no son sensibles a esta alteración.

Una sustancia química persistente, bioacumulable y con una toxicidad crónica elevada, puede no ser clasificada como peligrosa para el medio ambiente por el hecho de que en el límite de solubilidad acuosa, el nivel de exposición no es lo suficientemente alto como para producir efectos medibles por los tests de toxicidad aguda utilizados.

En el supuesto de que los tiempos de exposición aplicados fuesen prolongados más allá de los tiempos estándar para paliar el efecto antes mencionado, los resultados indicarían claramente cambios en la toxicidad de las sustancias químicas a largo plazo.

2.2.2 Identificación del riesgo relacionado con las sustancias

2.2.2.1 Peligrosidad¹⁷

El principal objetivo de este apartado es proceder a la correcta clasificación de sustancias, considerando no sólo las sustancias puras, sino también las mezclas complejas/preparados.

¹⁷ La capacidad intrínseca de una sustancia peligrosa o la potencialidad de una situación física para ocasionar daños a las personas, los bienes y al medio ambiente.

Para ello, la *Directiva 67/548/CEE*¹⁸, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas, junto con sus posteriores modificaciones y adaptaciones, considera como peligrosas una serie de categorías de sustancias químicas conforme a unos criterios establecidos en su *anexo VI*. Entre estas categorías se encuentra la de:

— *Peligrosos para el medio ambiente*: Las sustancias o preparados que, en caso de contacto con el medio ambiente, presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

En esta categoría, «Peligroso para el medio ambiente», la *Directiva 67/548/CEE* ofrece una serie de criterios cuyo objetivo principal es alertar al usuario sobre los riesgos que tales sustancias y preparados representan para los ecosistemas. La *Directiva* confirma en su punto 5 del *anexo VI*, que los criterios ofrecidos se refieren principalmente a ecosistemas acuáticos, aunque reconoce que determinadas sustancias y preparados pueden afectar –simultánea o alternativamente– a otros ecosistemas, cuyos componentes varían desde la microflora y microfauna hasta los primates.

La *Directiva 67/548/CEE* establece para las sustancias consideradas peligrosas para el medio ambiente un conjunto de 10 frases «R»¹⁹, las cuales cubren la toxicidad²⁰ para los organismos acuáticos y diversos grupos terrestres considerados clave, así como los peligros para la capa de ozono (véase *anexo I*).

2.2.2.2 Cantidad involucrada

Este apartado de la guía pretende ayudar a los industriales a estimar las cantidades de sustancia química involucradas en un accidente.

Tras la liberación accidental de una sustancia en el medio ambiente es importante conocer o estimar la cantidad liberada. Esta información tiene un carácter esencial porque permitirá, por un lado, analizar y evaluar los daños al medio ambiente y, por otro, prever las necesidades de material y equipamiento para el control y minimización de los impactos causados por el accidente.

Una vez identificadas la/s sustancia/s químicas involucradas en un accidente, el siguiente paso debe consistir en conseguir una estimación de la cantidad liberada al entorno. En este sentido son varios los factores que se han de considerar a la hora de fijar este parámetro.

• Cantidad máxima almacenada y en proceso

Este factor resulta de especial relevancia a la hora de estimar las cantidades implicadas en accidentes graves, en los cuales el único valor de referencia suele ser la capacidad máxima de los depósitos y almacenamientos implicados.

¹⁸ Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.

¹⁹ Véase *anexo VI* de la Orden Presidencial 2317/2002, de 16 de septiembre, por la que se modifican los anexos I, II, III, IV, V, VI y VII del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, del Real Decreto 363/1995.

²⁰ La toxicidad de la sustancia, valorada como una propiedad intrínseca, se estima mediante una serie de ensayos de laboratorio. Las condiciones ambientales, normalizadas para cada test, no pueden ser consideradas en la valoración. Además, los efectos de las condiciones ambientales (condiciones de calidad del suelo, del agua o del sedimento tales como el pH, la dureza del agua, el contenido en materia orgánica del suelo o del sedimento) sobre la viabilidad y/o la toxicidad de la sustancia, no son tenidas en cuenta dentro del rango considerado como condiciones ambientales realistas, dentro de las condiciones europeas.

- **Duración de la fuga**

Puede ser necesario establecer el momento del comienzo y fin de la fuga. En la mayoría de las ocasiones la duración de la fuga vendrá determinada por tiempos aproximados.

- **Caudal de fuga**

Si la duración y el caudal de fuga de la sustancia química son conocidas (velocidad de emisión de una conducción en unas determinadas condiciones del almacenamiento y diámetro del orificio), será posible estimar la cantidad liberada, simplemente multiplicando la duración de la fuga por su caudal de fuga (si la concentración de la sustancia es conocida también).

- **Condiciones meteorológicas**

Las condiciones meteorológicas como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento son necesarias a la hora de estimar la cantidad de sustancia que, una vez liberada, puede alcanzar el medio objeto de estudio. Un líquido volátil con una alta presión de vapor, se evaporará más rápidamente a medida que la temperatura ambiente se aproxime a su punto de ebullición. De esta forma, la estimación de la cantidad liberada deberá considerar la cantidad evaporada y la que permanece en fase líquida.

De forma similar, la cantidad liberada puede verse afectada por condiciones de humedad o precipitación en el momento del accidente.

Hoy en día, los modelos de dispersión medioambientales que se comercializan incorporan en mayor o menor medida todo este tipo de factores que, como se aprecia, condicionan de forma importante la estimación de las cantidades liberadas.

Las técnicas de estimación para determinar las cantidades liberadas normalmente suelen estar basadas en:

- **Inferencia**

La inferencia implica la extracción de una conclusión razonable basada en una serie de evidencias, hechos u otra serie de indicadores razonables. A modo de ejemplo, determinados registros pueden contribuir con información sobre la cantidad de producto químico presente en un depósito antes del accidente. En muchos casos esta técnica requiere de juicio profesional experto.

- **Medidas directas**

Pueden incluir:

- Medidas antes del accidente. Ej. cantidad almacenada en el depósito antes de la liberación accidental o datos analíticos de la sustancia química en el flujo de vertido.
- Medidas tomadas directamente después del accidente. Ej. medidas de profundidad, anchura y longitud de una determinada estructura de contención que retenga un líquido.

- **Cálculo**

Existen una serie de reglas de cálculo, en ocasiones informatizadas, que pueden ser utilizadas en la estimación de la cantidad de sustancia química liberada. El uso de estas fórmulas o aplicaciones requerirá de una serie de datos («inputs») que deberán ser introducidos.

En ocasiones, algunos cálculos estequiométricos o de balance de masas podrán ser aplicados cuando la cantidad liberada sea estimada por medio de la sustracción de la cantidad recogida y la cantidad conocida antes del accidente.

2.2.2.3 Comportamiento medioambiental de las sustancias químicas

Este punto de la guía pretende ofrecer una visión general sobre las propiedades físico-químicas y los procesos implicados en el comportamiento de las sustancias químicas una vez liberadas al medio ambiente (véase anexo 2).

Después de que la sustancia ha sido liberada, pueden ocurrir una serie de fenómenos entre los cuales se encuentran:

- Acumulación en uno o más medios de recepción.
- Transporte por una corriente de agua, disuelto o suspendido en algún sedimento, o por los vientos, en estado gaseoso o en forma de partícula.
- Transformación física (volatilización, precipitación), química (fotólisis, hidrólisis, oxidación, reducción, etc.) o biológica (biodegradación).

De lo anterior, se concluye que el comportamiento medioambiental de las sustancias químicas constituye una pieza clave a la hora de analizar el riesgo que éstas pueden transferir al medio natural en caso de accidente. Los factores que determinan este comportamiento constituyen unas herramientas fundamentales en la evaluación del transporte y persistencia de estos compuestos.

Entre la distinta información disponible a través de las fichas de seguridad de las sustancias (Material Safety Data Sheet) facilitadas por los proveedores/fabricantes de las mismas, se encuentran unos apartados (Puntos 9 «Propiedades físicas y químicas», 10 «Estabilidad y reactividad», 11 «Información toxicológica» y 12 «Información ecológica») de los que se pueden extraer una serie de datos muy interesantes, que van a ofrecer una idea de los patrones que esa sustancia química va a seguir una vez liberada en el entorno natural. Como complemento a esta información, hoy en día es posible disponer de numerosos recursos a través de Internet de los que se puede obtener e incluso mejorar esta información relacionada con las propiedades físicas, químicas e incluso ecotoxicológicas de estas sustancias (véanse los anexos 10 y 11).

A efectos de la presente metodología, las propiedades físico-químicas más importantes son la constante de la ley de Henry (K_h), el coeficiente de reparto octanol-agua (K_{ow}) y el coeficiente de adsorción en materia orgánica (K_{oc}).

En el anexo 2 se presenta una breve descripción de las propiedades físico-químicas y de los procesos dentro del compartimento medioambiental de mayor interés para la presente metodología.

2.2.2.4 Mezclas químicas y transformaciones primarias

Hasta este momento, la guía ha hecho alusión a sustancias o compuestos químicos puros, cuando, en ocasiones, el daño puede ser debido a un conjunto de sustancias que, a su vez, pueden reaccionar o no entre sí sufriendo posteriores transformaciones.

La evaluación de los riesgos que supone la exposición a mezclas de sustancias/compuestos/preparados es una tarea difícil de abordar habitualmente por la carencia de información. En términos ecotoxicológicos, el conocimiento de las interacciones de los

efectos biológicos en una mezcla compleja supone uno de los principales problemas a la hora de incorporar esa información dentro del proceso de evaluación de riesgos.

En 1986, la agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) desarrolló un documento marco para la realización de evaluaciones de riesgo ambiental para mezclas complejas (U.S. EPA, 1986; Mumtaz y Hertzberg, 1993; Mumtaz *et al.*, 1993). Este documento marco describe en términos generales tres metodologías para la realización de evaluaciones cuantitativas del riesgo procedente de mezclas químicas.

- La primera metodología y más recomendada obtiene sus datos del propio análisis de la mezcla química para proceder posteriormente a la evaluación de los efectos ecotoxicológicos de ésta como si fuese un sólo agente.
- El segundo método sugerido en el documento mencionado traslada el análisis ecotoxicológico a una serie de mezclas con una composición similar a la mezcla objeto de estudio.
- El tercer método descrito recomienda la realización de la evaluación del riesgo sobre la base del análisis de cada uno de los componentes de la mezcla. Los resultados obtenidos a partir de este tipo de análisis implican la aplicación, si no existen evidencias de efectos sinérgicos o antagónicos, de un modelo de acción aditivo, de forma que el riesgo se calcula como el sumatorio de las probabilidades de efectos de cada uno de los compuestos sobre el sistema en estudio.

Los métodos aditivos asumen que la mezcla se comporta como una disolución y actúa, mediante un mecanismo (eco)toxicológico común. Además la modelización del movimiento de mezclas en el medio ambiente es difícil, dado que es probable que los diferentes componentes de la mezcla se comporten de forma distinta y la mezcla vaya cambiando de composición a medida que se mueve a lo largo de la ruta de exposición. El hecho de que se desprecien los efectos de potenciación o de antagonismo entre los tóxicos presentes en la mezcla incrementa las incertidumbres sobre la validez de los resultados.

A efectos de esta metodología, la determinación del riesgo asociado a las mezclas de sustancias deberá basarse en la información facilitada en la ficha de seguridad del producto en tanto en cuanto se trate de un compuesto o mezcla comercial, solicitando la información a los proveedores. La determinación de la peligrosidad de este tipo de preparados se regirá según lo dispuesto por la *Directiva 1999/45/CE*²¹ sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el *Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos*.

En ocasiones, podrán existir mezclas que, por su carácter no comercial (Ej. Intermedios de reacción) o por constituir compuestos destinados al abandono por parte de su poseedor (residuos), no cuenten con datos que faciliten la evaluación del riesgo. Para estos casos, será necesario proceder a la realización de un análisis físicoquímico/(eco)toxicológico de cara a la caracterización de las propiedades de la mezcla en un laboratorio de reconocido prestigio.

En el caso de los residuos, el criterio que seguirá la presente guía será el de clasificación según lo dispuesto en la legislación vigente en materia de residuos peligrosos²².

²¹ Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 1999, sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

²² Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.

2.2.3 Información sobre las sustancias químicas en el ámbito de un análisis de riesgos

El industrial deberá poseer un exhaustivo conocimiento acerca de las sustancias presentes en su establecimiento, entendido en la mayor extensión del término (materias primas, materias auxiliares, productos, residuos, etc.), así como de las propiedades de éstas, las cantidades involucradas y los efectos sinérgicos asociados.

A este respecto, la nueva Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas detalla en su anexo I, «Contenido de la información básica», apartado D, «Información sobre sustancias peligrosas», los datos requeridos en el informe de seguridad sobre dichas sustancias:

INFORMACIÓN SOBRE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Deberá contener la información relativa a las propiedades físico-químicas y toxicológicas de todas las sustancias peligrosas involucradas en la actividad industrial que se desarrolla en el establecimiento.

a) *Se presentará una relación de sustancias peligrosas, con indicación de su número CE y de la categoría a la que pertenecen, entre las siguientes:*

1. *Materia prima.*
2. *Producto auxiliar.*
3. *Producto intermedio.*
4. *Producto acabado.*
5. *Subproducto y/o residuo.*
6. *Producto que se pueda formar como resultado de la pérdida de control sobre los procesos químicos.*

b) *Como información sobre estas sustancias, se incluirá la relativa a los siguientes aspectos:*

1. *Identificación.*
2. *Composición.*
3. *Identificación de peligros.*
4. *Primeros auxilios.*
5. *Medidas de lucha contra incendios.*
6. *Medidas en caso de vertido accidental.*
7. *Manipulación y almacenamiento.*
8. *Controles de exposición/protección individual.*
9. *Propiedades físicas y químicas.*
10. *Estabilidad y reactividad.*
11. *Informaciones toxicológicas.*
12. *Informaciones ecológicas.*
13. *Consideraciones relativas a la eliminación.*
14. *Informaciones relativas al transporte.*
15. *Informaciones reglamentarias.*
16. *Otras informaciones de interés.*

Estos contenidos corresponden a los epígrafes de las «fichas de datos de seguridad de sustancias y preparados», según el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, y sus modificaciones posteriores.

La generación de un inventario de todas las sustancias químicas existentes en el establecimiento constituye una excelente herramienta para el análisis y la posterior gestión del riesgo, proporcionando al industrial una radiografía precisa del establecimiento en relación con las sustancias químicas presentes, cantidad y propiedades/características de éstas.

2.3 SISTEMAS DE CONTROL PRIMARIO

Los sistemas de control primario son los componentes, equipos o sistemas de control dispuestos por el industrial con la finalidad de mantener una determinada fuente de riesgo en condiciones de control permanente de modo que no afecte significativamente al medio ambiente.

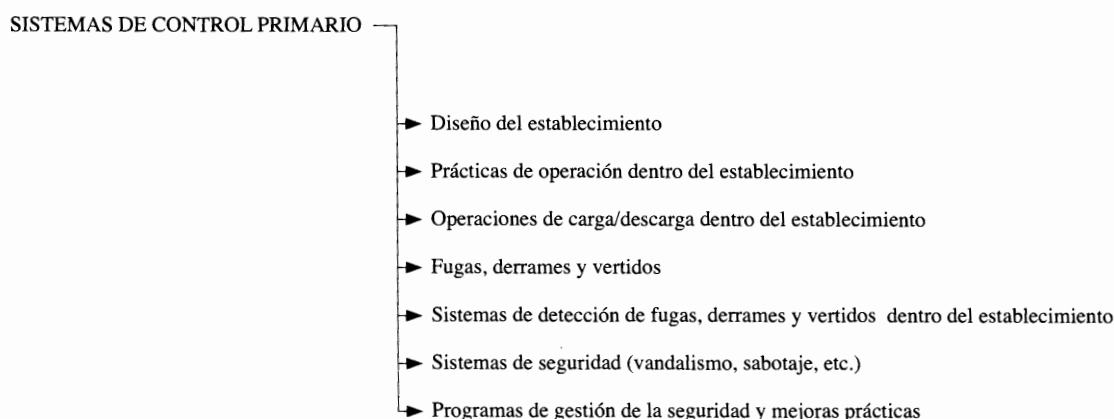
Por ejemplo, un detector de concentración de cloro gas para detectar fugas, un cubeto para retener el contenido de un tanque de almacenamiento en caso de fuga o las medidas realizadas con un explosímetro.

Este apartado de la guía pretende servir de ayuda a los responsables de realizar el análisis del riesgo medioambiental, a la hora de determinar, para cada fuente de riesgo, los sistemas de control dispuestos y su eficacia, estimando qué cantidad de fuente de riesgo puede alcanzar el medio.

A tal efecto, es fundamental que se posea un conocimiento apropiado de las instalaciones y de los procesos que se llevan a cabo en el establecimiento, para poder determinar qué es lo que se ha de tratar de localizar e identificar (véase fig. 3).

FIGURA 3

Sistemas de control primario y relación con distintos aspectos dentro del establecimiento



Para lograr este conocimiento es aconsejable:

- Identificar instalaciones y procesos unitarios del establecimiento.
 - Operaciones que constituyen cada proceso y sus características.

- Identificar y caracterizar las sustancias peligrosas y los equipos críticos.
 - Sustancias que intervienen, incluidas las intermedias, y sustancias o preparados peligrosos en cada proceso (presión, temperatura, etc.) y almacenamiento.
 - Depósitos de almacenamiento de sustancias o preparados peligrosos (volumen, presión, temperatura, válvulas de seguridad, etc.).
- Examinar los sistemas de control y de seguridad dentro del esquema de la planta de proceso.
 - Cubetos (tipo, capacidad, vías de evacuación, etc.).
 - Bandejas de tuberías y conducciones de fluidos (naturaleza del fluido, presión, temperatura, puntos de posible aislamiento, etc.).
 - Servicios externos y sistemas de reserva (electricidad, agua, producción interna de energía, aire para instrumentación, etc.).

Asimismo, se han de verificar los siguientes aspectos:

- Los medios disponibles para actuar en caso de emergencia se encuentran en buen estado de mantenimiento y disponibles para ser usados, así como protegidos de las consecuencias de un posible accidente.

El analista debe verificar que la periodicidad de mantenimiento o inspección de cada equipo se corresponde, al menos, con la especificada en la legislación de aplicación.

Para ello, podrá utilizar como referencia la información recogida en los anexos B y C de la guía para la realización de inspecciones técnicas administrativas en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II) ²³ o, en su caso:

- Recomendaciones del fabricante.
 - Prácticas ingenieriles aplicables.
 - Experiencias de operación del equipo en el establecimiento o en otras instalaciones.
 - Resultados de inspecciones anteriores.
- La ubicación de los equipos permite la rápida disponibilidad de los mismos en caso de emergencia.

El analista debe comprobar la ubicación, facilidad de acceso y señalización de los equipos.
 - Se deben tener en consideración, al menos, los siguientes equipos:
 - Medios de control (sistemas de venteo, válvulas de aislamiento, etc.).
 - Medios de detección y alarma (detectores de incendio, de fugas tóxicas, pulsadores de alarma, pulsadores de paro de emergencia, medidores portátiles de concentración de sustancias peligrosas, etc.).

En particular los pulsadores de alarma y paro de emergencia deben estar distribuidos por toda la planta o instalación, debidamente señalizados y periódicamente controlados.

Asimismo, el analista debe verificar que el establecimiento dispone de detectores de sustancias tóxicas y/o inflamables en las zonas donde pueda existir riesgo de fuga de las mismas.

- Canales de comunicación interna (alarmas acústicas y/o visuales, sistemas de megafonía, etc.) y externas (teléfono, fax, etc.).

²³ Guía para la realización de Inspecciones Técnicas administrativas en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II), Dirección General de Protección Civil, Ministerio del Interior.

- Medios de mitigación, contención y control de efectos de accidentes (sistemas de absorción o neutralización de sustancias, sistemas de drenaje, barreras físicas, equipos de movimiento de tierras para eliminar tierras contaminadas u otros materiales, etc.).
- Medios de actuación contra incendios (sistemas fijos de extinción, extintores portátiles, extintores de carro, rociadores, cortinas de agua, BIE, hidrantes, etc.).
- Medios de protección personal.
- Señalizaciones para la evacuación del personal (rutas de evacuación y luces de emergencia).
- Equipos de primeros auxilios.
- Fuentes de suministro alternativo (electricidad, agua, etc.) que garanticen, ante posibles accidentes, el control de la instalación y la operatividad de los medios de emergencia.
- Equipos auxiliares necesarios para la puesta en práctica del plan de autoprotección (vehículos de transporte de equipos de emergencia, luces de emergencia, herramientas especiales, etc.).

Es preciso recordar, que la guía no pretende con este apartado proceder a completar o a renovar los sistemas de control existentes, ya que esto, en todo caso, sería consecuencia del valor o índice de riesgo finalmente estimado. En este sentido, el objetivo perseguido, es más bien descriptivo de cara al posterior análisis de su influencia en el valor o índice final de riesgo medioambiental.

Tras la identificación de los sistemas de control primarios existentes para cada uno de los escenarios accidentales definidos, se deberá determinar el factor de corrección, con el que los sistemas identificados van a actuar sobre la cantidad involucrada en el accidente grave.

Los factores de corrección aplicados variarán en gran medida en función del establecimiento y de las instalaciones con que éste cuente.

En el apartado 2.6 donde se procede a estimar el índice global de consecuencias medioambientales, se proporcionará información para la parametrización de este punto de la guía.

2.4 SISTEMAS DE TRANSPORTE

Los sistemas de transporte constituyen el nexo de unión entre las fuentes de riesgo (Ej. sustancias químicas) y los receptores del daño (Ej. hábitat afectados). Su modelización a través de sistemas y algoritmos matemáticos constituye una herramienta fundamental para establecer la evolución de la concentración de la sustancia en el tiempo y en el espacio. De esta forma, es posible determinar las distancias al foco accidental en las que se alcanzan determinadas concentraciones de una o varias sustancias accidentalmente liberadas.

2.4.1 Modelos de dispersión

Este apartado de la guía establece un directorio (véase el anexo 3) de modelos de dispersión junto con una breve descripción de las aplicaciones informáticas comerciales relaciona-

das con accidentes químicos con consecuencias medioambientales de forma que, teniendo en cuenta el estado de la sustancia y el medio de transporte de ésta, pueda servir de ayuda al industrial afectado.

La organización de la estructura del directorio es la siguiente:

- Gases en gases.
- Líquidos en líquidos (vertidos).
- Líquidos en sólidos (derrames).

2.5 RECEPTORES VULNERABLES

Los receptores vulnerables constituyen los elementos del medio ambiente que pueden verse afectados si, finalmente, entran en contacto o están expuestos a la fuente de riesgo.

Dentro del sistema de riesgo medioambiental componen el último eslabón de la cadena que comienza con el suceso iniciador del accidente y desemboca en diversos escenarios accidentales con diferentes consecuencias o daños sobre los receptores.

La evaluación de la calidad/vulnerabilidad de estos elementos es fundamental a la hora de delimitar las consecuencias asociadas a un accidente y sus repercusiones sobre el entorno natural y socioeconómico.

2.5.1 Vulnerabilidad/calidad del medio afectado

El presente apartado constituye uno de los puntos más complejos de la metodología. La diversidad y el número de aspectos que se dan cita a la hora de caracterizar el medio afectado en términos calidad o vulnerabilidad, hacen de este criterio uno de los menos desarrollados cuando se profundiza en el tema de las posibles consecuencias aparejadas a un accidente grave.

En este sentido, el conocimiento del medio natural, entendido como el medio abiótico y biótico del entorno de un establecimiento, junto con la evaluación o caracterización de los daños ecológicos propiciados por un escenario accidental, suponen una de las mayores dificultades del proceso de análisis del riesgo medioambiental.

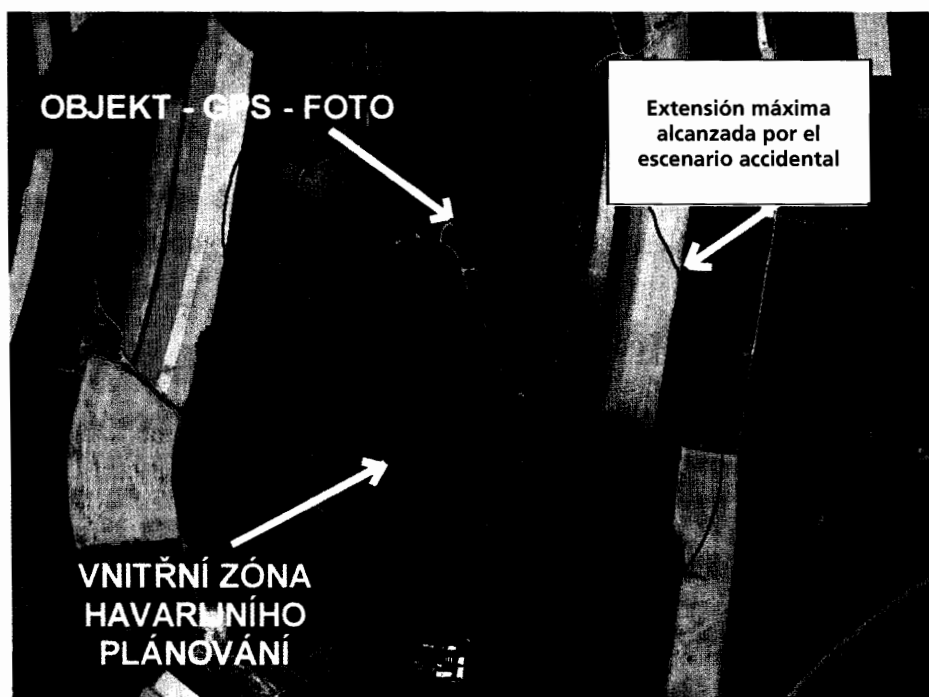
La caracterización de los receptores englobados dentro de la mayor extensión alcanzada por un escenario accidental de cara a establecer su potencial de vulnerabilidad, requiere de un estudio detallado o inventario ambiental que analice la situación del entorno que se verá afectado por el potencial accidente grave.

El anexo 4 recoge el contenido de la información básica (IBA) del informe de seguridad a la que hace referencia el artículo 4 de la Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas en relación con las zonas de influencia.

La información que proporcionan estos estudios de los receptores vulnerables en conjunción con la aportada por los modelos de dispersión (véase apartado 2.4) representa una caracterización con un elevado grado de detalle del medio afectado, desde la doble perspectiva de la calidad y la fragilidad de éste.

FIGURA 4

Ejemplo de extensión máxima alcanzada por un escenario accidental



Las metodologías para la realización de este tipo de estudios se encuentran muy desarrolladas en la actualidad. Son utilizadas en los estudios de impacto ambiental que, a su vez, derivan de requisitos legislativos de la Unión Europea y España con más de quince años de antigüedad.

El inconveniente asociado a este tipo de estudios o inventarios no es otro que el esfuerzo y coste derivados de su elaboración, ya que serán pocas las ocasiones en las que el industrial encuentre estudios ya elaborados sobre el entorno de su establecimiento.

A la vista de esta problemática, la aproximación metodológica propuesta por la guía trata de solventar este tipo de inconvenientes de la manera más sencilla posible, pero fiable al mismo tiempo. Se trata de una alternativa basada en una simplificación del problema que podrá ser válida en la mayoría de las ocasiones.

El enfoque adoptado es de naturaleza recomendatoria y no excluye la posibilidad de que los responsables de los establecimientos lleven a cabo estudios o análisis de mayor complejidad de cara a valorar cada uno de los componentes del sistema de riesgo definido en puntos previos.

Otro de los objetivos de la metodología en este punto, gira en torno a la idea de compatibilidad de aplicación de este criterio en el ámbito de la Unión Europea. La metodología propuesta se basa en el concepto de los índices de naturalidad (véase anexo 5) establecido dentro *del inventario nacional de hábitat del Estado Español* y en una clasificación jerárquica de hábitats para la región paleártica²⁴ (véase anexo 5) en la que se halla inscrita la totalidad del territorio nacional.

²⁴ Área biogeográfica que comprende toda Europa, África hasta el límite meridional del Sahara, gran parte de la península arábiga y la mayor parte de Asia, al norte de la línea del Himalaya. Incluye por tanto en general las zonas templadas y frías del hemisferio septentrional, con la excepción de los desiertos cálidos de su límite inferior.

2.5.2 Factores condicionantes

Dentro del componente del sistema de riesgo denominado receptores vulnerables, la metodología propone una serie de factores condicionantes a través de los cuales la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat puede verse modificada.

Estos factores condicionantes consideran cuatro aspectos que, en el caso de un posible accidente grave con consecuencias medioambientales, pueden llegar a tener una influencia importante a la hora de establecer o valorar los daños producidos sobre el medio ambiente.

A continuación, se indican una serie de conceptos correspondientes a cada uno de ellos, así como su aplicación dentro de la mecánica establecida por la metodología.

2.5.2.1 *Espacios naturales protegidos*

En 1989 la *Ley 4/1989 de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres* establece cuatro figuras de protección: parque, reserva natural, monumento natural y paisaje protegido. La Ley recoge el mandato establecido en el artículo 45 de la *Constitución Española* por el que se reconoce el derecho de todos los españoles a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo. Asimismo, se establece para los espacios protegidos la necesidad de proceder a la planificación de sus recursos naturales bajo directrices conservacionistas compatibles con un desarrollo sostenible.

Para más información sobre este punto, consultar el anexo 6.

2.5.2.2 *Categorías de protección de especies.*

La *Ley 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestre*²⁵ establece en su capítulo II, artículo 29, una serie de categorías para la clasificación de los animales o plantas cuya protección exija medidas específicas por parte de las Administraciones Públicas. Las especies, subespecies o poblaciones incluidas en el *catálogo nacional de especies amenazadas* deberán ser clasificadas dentro de alguna de las siguientes categorías mencionadas en el anexo 7.

2.5.2.3 *Patrimonio histórico artístico*

El patrimonio histórico español está formado, en líneas generales, por aquellos bienes que poseen interés histórico, artístico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico, además del patrimonio bibliográfico y documental, que incluye grabaciones en soportes de todo tipo y testimonios audiovisuales, documentos generados por razón del cargo, obras de las que existan menos de tres ejemplares en las bibliotecas públicas, manuscritos, etc.

Para más información sobre este punto, consultar el anexo 8.

²⁵ Ley 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestre, modificada por la Ley 40/1997, por la Resolución de 21 de noviembre de 2001 y por la Ley 53/2002.

2.5.2.4 Reversibilidad del daño/recuperación

La reversibilidad se define como la propiedad de ciertos factores o sistemas ambientales afectados por una acción humana, de volver, después de un tiempo variable, a sus estados de calidad inicial, cesada la referida acción.

2.5.2.5 Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales.

Además de las consecuencias medioambientales derivadas de un hipotético accidente grave, es necesario valorar los impactos socioeconómicos asociados a un determinado escenario accidental.

Entre los aspectos a considerar destacan los efectos inducidos en:

A) *Actividades económicas* directamente relacionadas con el medio ambiente.

- Agrícola.
- Ganadera.
- Forestal.
- Pesca.
- Minería.
- Industrial.
- Turismo.

B) *Infraestructuras*. Afección causada por el accidente a las infraestructuras del entorno.

- Redes de transporte y comunicación, incluyendo las vías pecuarias.
- Sistemas de almacenamiento y recogida de residuos (peligrosos, asimilables a urbanos, hospitalarios, etc.).
- Suministro y transporte de energía: tendidos eléctricos, combustibles, conducciones de gas, etc.
- Suministro de agua: efectos del consumo sobre las fuentes de abastecimiento del entorno, almacenamiento y transporte de recursos, sistemas locales de depuración, etc.
- Infraestructuras de telecomunicaciones.

2.6 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE GLOBAL DE CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES

En este punto de la guía se establecen las bases de la aproximación metodológica de análisis de riesgos de cara a establecer un índice global de consecuencias medioambientales (IGCM) para cada uno de los escenarios accidentales objeto de estudio.

Una vez obtenidos los diferentes IGCM para los distintos escenarios planteados, será necesario calcular el propio valor o índice de riesgo medioambiental asociado a los distintos escenarios accidentales, mediante la multiplicación de los dos factores principales que definen la función del riesgo medioambiental, es decir, las probabilidades/frecuencias y las consecuencias medioambientales asociadas a los escenarios planteados.

La aproximación metodológica para la estimación de los diferentes IGCM posee un carácter recomendatorio. Su aplicación, sin perjuicio de otro tipo de estudios de análisis de riesgos medioambientales, no exime a los establecimientos Seveso II de la implementación de métodos que logren un mayor grado de precisión a la hora de puntuar cada uno de los componentes básicos del sistema de riesgo (véase fig. 2).

Los criterios definidos en este apartado pretenden facilitar en la medida de lo posible el ámbito de aplicación y la implementación de los análisis del riesgo medioambiental dentro del espíritu de la nueva *Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas*.

En última instancia, el organismo o la Autoridad Competente en esta materia será la encargada de evaluar los resultados obtenidos a través de las metodologías de riesgos medioambientales empleadas por los establecimientos.

Dentro del análisis del riesgo, se pueden establecer dos partes claramente diferenciadas que se relacionan con:

- La probabilidad/frecuencia de que pueda materializarse un determinado escenario accidental²⁶.
- Las consecuencias que, ese escenario, puede llevar aparejadas en función de su localización tanto espacial como temporal del mismo.

La metodología para el análisis del riesgo medioambiental desarrollada en este punto, conserva la estructura básica del análisis del riesgo. Sin embargo, su principal interés se enmarca dentro del factor representado por las consecuencias medioambientales que la materialización de un escenario accidental puede presentar.

Por otro lado, se ha considerado interesante reflejar el proceso completo del análisis del riesgo medioambiental desde la identificación del suceso iniciador²⁷ hasta el cálculo del valor o índice de riesgo medioambiental para cada uno de los escenarios accidentales.

La figura 5 ofrece una visión de conjunto del proceso de análisis del riesgo medioambiental en el que se centra la primera parte de la guía.

Como se puede apreciar en la figura 5, la metodología establece dos áreas sombreadas perfectamente diferenciadas, en las que queda dividido el ámbito de influencia. Por un lado, la parte del proceso de análisis de riesgos y por otra, la relacionada con el principal aspecto de la guía, es decir, la estimación de las consecuencias medioambientales a partir de unos escenarios accidentales y sus probabilidades/frecuencias asociadas.

En la primera de estas áreas y a modo de ejemplo, la figura 5 representa mediante un árbol de sucesos, la evolución de un suceso iniciador «*escape de líquido*» que, dependiendo de una serie de *factores condicionantes*, va a evolucionar en una u otra dirección, dando lugar a una serie de escenarios accidentales distintos.

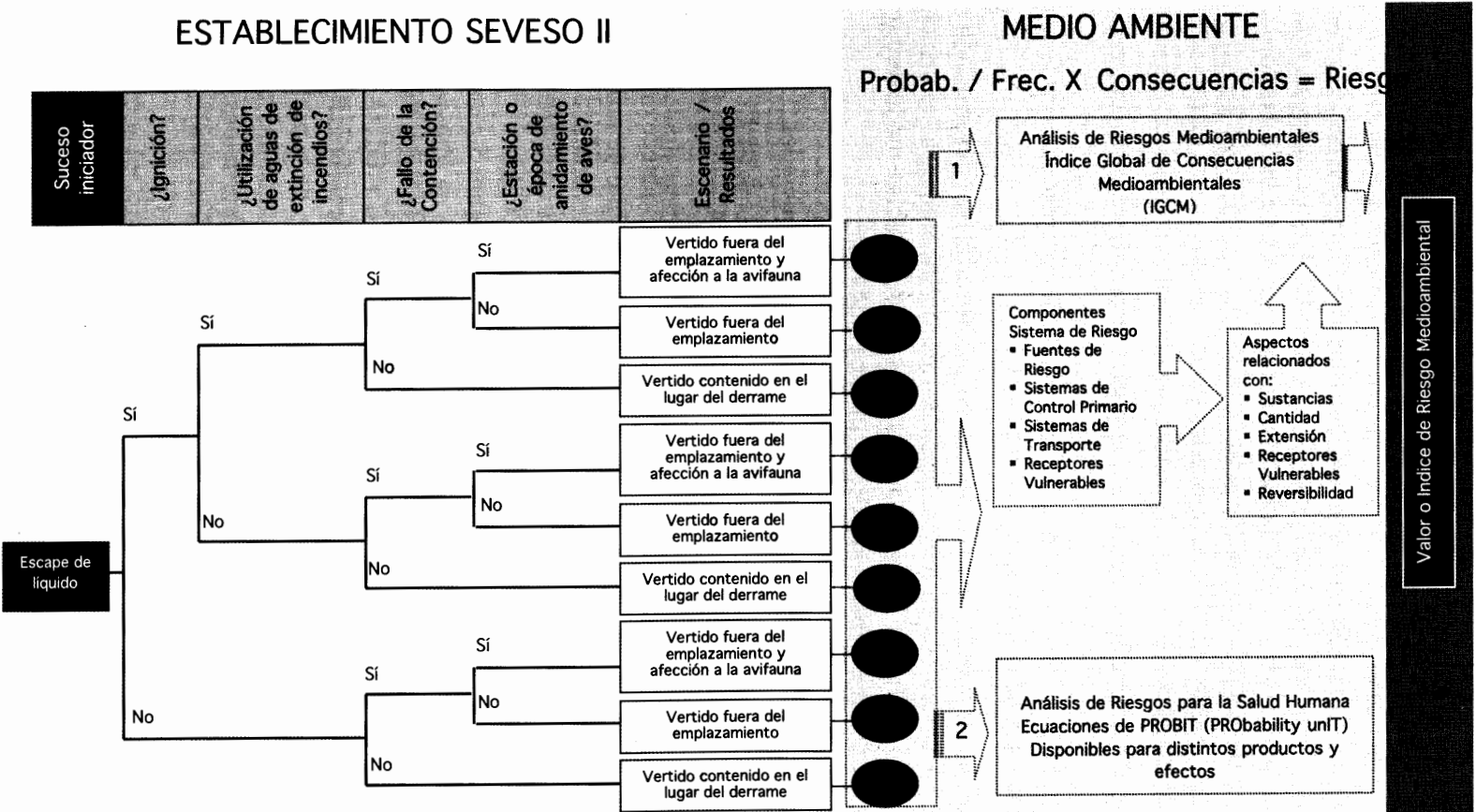
Cada uno de los tres tipos de escenarios accidentales representados en la figura 5 lleva asociada una probabilidad/frecuencia que es función, a su vez, de la probabilidad/frecuencia asociada al suceso iniciador y de las probabilidades/frecuencias unidas a cada uno de los factores condicionantes (*ej. Ignición, fallo de la contención*) que determinan la evolución de ese suceso hacia el escenario1 (*vertido fuera del emplazamiento y afección a la avifauna*) de este ejemplo.

²⁶ La secuencia de avance en el espacio-tiempo del suceso iniciador. La concatenación de una serie de factores condicionantes tras un suceso iniciador en el espacio-tiempo es lo que hace que un mismo suceso inicial pueda derivar en varios escenarios accidentales.

²⁷ Evento interno o externo anómalo que puede conducir a un accidente. Un ejemplo de suceso iniciador podría ser: fallo de un sistema de refrigeración, fuga, sismo, etc.

FIGURA 5

Ejemplo de la metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999 (SEVESO II)



El resultado final de la parte bajo la influencia del establecimiento afectado por el *Real Decreto 1254/1999*, constituye el punto de partida para la metodología de análisis del riesgo medioambiental en sí misma. A partir de los tres tipos de escenarios accidentales derivados y sus respectivas probabilidades/frecuencias, se procede a la estimación de un índice global de consecuencias medioambientales para cada escenario. El proceso alcanza su fin cuando cada uno de los escenarios identificados cuenta con su índice o valor de riesgo ambiental, que a su vez tienen asociados una probabilidad/frecuencia y un índice global de consecuencias medioambientales.

Una vez obtenida la fotografía o la imagen general del proceso de análisis de riesgos medioambientales, es interesante centrarse en el denominado índice global de consecuencias medioambientales (IGCM).

El IGCM constituye el pilar básico sobre el que se apoya toda la determinación de las consecuencias medioambientales para un escenario accidental. Para su estimación, la metodología se basa en la evaluación y parametrización de los cuatro componentes que constituyen el sistema de riesgo previamente definido en la Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, en base a los que se calcularán los índices globales de consecuencias medioambientales.

Las figuras 6 y 7, representan el esquema seguido a la hora de determinar el IGCM para un determinado escenario accidental.

2.6.1 Fuentes de Riesgo

Dentro del componente de fuentes de riesgo, las propiedades y la cantidad de las sustancias o mezclas implicadas en un accidente constituyen un aspecto muy importante a considerar para establecer un índice global de consecuencias medioambientales.

2.6.1.1 *Propiedades de la/s sustancia/s o mezcla/s*

El criterio recomendado seguido por la metodología a la hora de clasificar las sustancias químicas en función de sus propiedades intrínsecas, se apoya en un sistema de filtros a través de los cuales la sustancia es evaluada en términos de peligrosidad y comportamiento medioambiental para obtener una puntuación para fuentes de riesgo-sustancia (véase fig. 8).

Mediante un conjunto de cinco propiedades (toxicidad, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación) se procede a la estimación de una puntuación para fuentes de riesgo-sustancia, que puede variar desde un mínimo de 2 puntos en los casos más favorables, a un máximo de 21 puntos en los casos que suponen una mayor amenaza desde el punto de vista de las consecuencias medioambientales.

FIGURA 6

Esquema general del índice global de consecuencias medioambientales

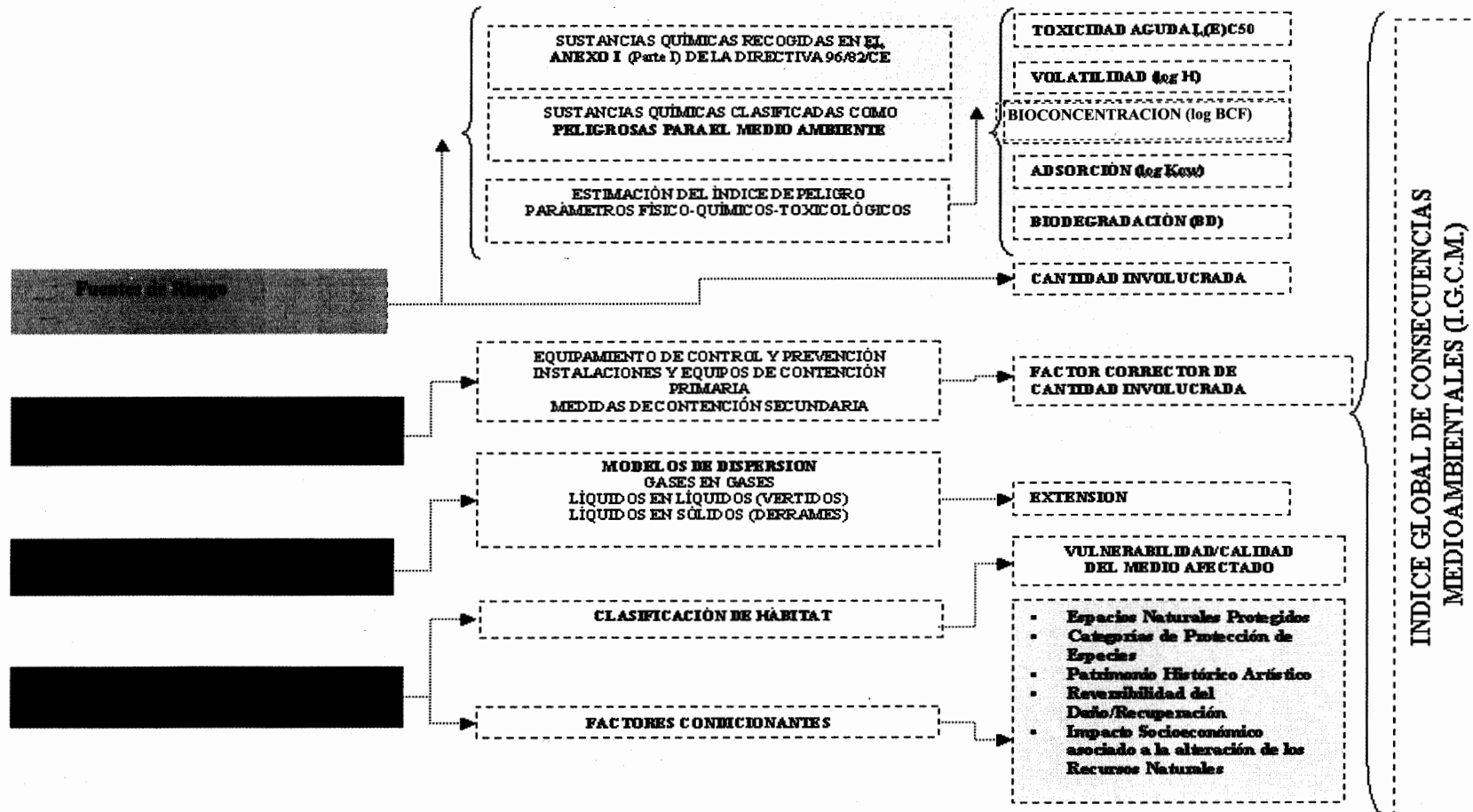


FIGURA 7

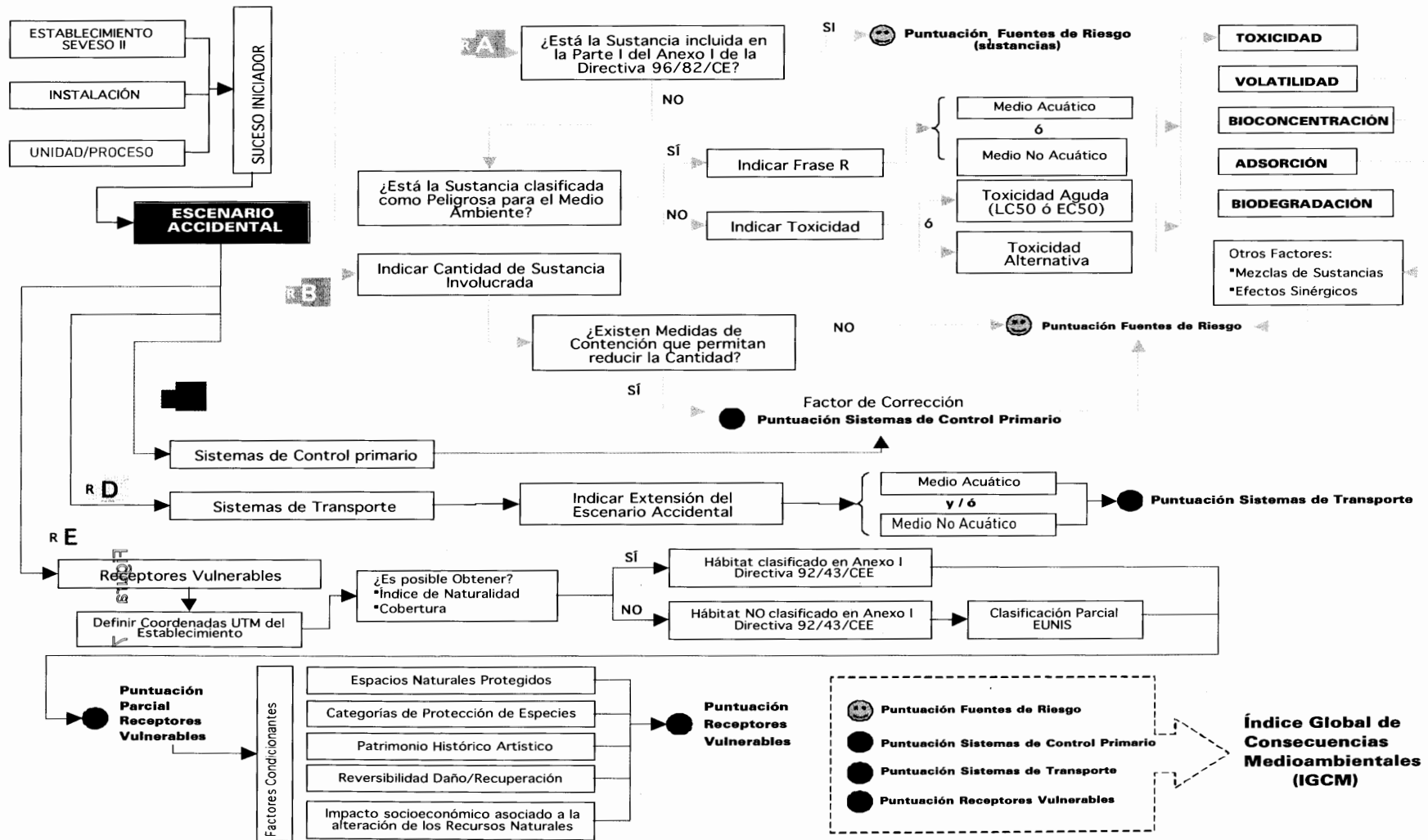


FIGURA 8

Algoritmo de cálculo para la puntuación parcial de fuentes de riesgo-sustancia

$$\text{TOTAL} = \left(\begin{array}{l} \text{Toxicidad Aguda L(E)}_{50} \text{C} \\ \text{ó en su defecto} \\ \text{Toxicidad (a)} \\ \text{Criterio Frases "R" Peligrosas} \\ \text{para el Medio Ambiente} \end{array} \right) \left(\begin{array}{l} \text{Volatilidad + Bioconcentración + Adsorción + Biodegradación} \\ \text{(1-5)} \quad \quad \quad \text{(0-2)} \quad \quad \quad \text{(0-2)} \quad \quad \quad \text{(0-2)} \end{array} \right)$$

(2-21) (1-10)

Como se puede apreciar en la figura 8, la metodología otorga a la toxicidad de las sustancias/s o mezcla/s un peso (1-10) que equivale aproximadamente al 50 por 100 de la puntuación obtenible mediante la suma del resto de los parámetros considerados.

El establecimiento de esta estructura está en línea con los criterios seguidos por otras metodologías (DETR, 1999), donde la toxicidad representa la característica más importante de cara a estimar un índice de peligrosidad para la/s sustancias/s o mezcla/s.

La puntuación para fuentes de riesgo-sustancia presenta la siguiente forma:

A) Las sustancias incluidas en la parte 1 del anexo I del Real Decreto 1254/1999 obtienen directamente la puntuación para fuentes de riesgo-sustancia. Dado el campo de aplicación de la guía, las sustancias que aparecen en la parte 1 del anexo I del Real Decreto 1254/1999 han sido previamente clasificadas (véase anexo 9) de acuerdo a las propiedades expuestas para tal fin por la metodología.

B) Para el resto de sustancias, no incluidas en el apartado anterior, es necesario determinar directamente la toxicidad, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación.

Dentro del resto de sustancias, aquellas clasificadas como sustancias clasificadas como peligrosas para el medio ambiente reciben directamente una puntuación para su toxicidad en función del tipo de frases «R» (véase fig. 9) que la sustancia presenta en su etiqueta de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE. Sin embargo, para las cuatro propiedades restantes (volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación) las sustancias peligrosas para el medio ambiente siguen el mismo camino que cualquier otra sustancia a la hora de obtener la puntuación para fuentes de riesgo-sustancia.

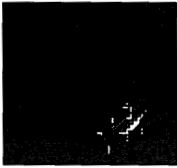
A partir de esta puntuación para fuentes de riesgo-sustancias, la metodología transfiere el rango de puntuación (2-21) a una escala de 1 a 6 puntos (véase fig. 10). El motivo del cambio de escala se encuentra en la inclusión de una serie de factores como son:

- Mezclas de sustancias.
- Efectos sinérgicos.

A través de este cambio de escala, la metodología asigna 6 puntos a las propiedades intrínsecas de la/s sustancias/s o mezcla/s y los restantes 4 puntos (puntuación para fuentes de riesgo-sustancias 1-10) a los aspectos relacionados con la existencia de mezclas (factor 4/3) o efectos sinérgicos (factor 5/4).

FIGURA 9

Frases «R» de medio ambiente



N

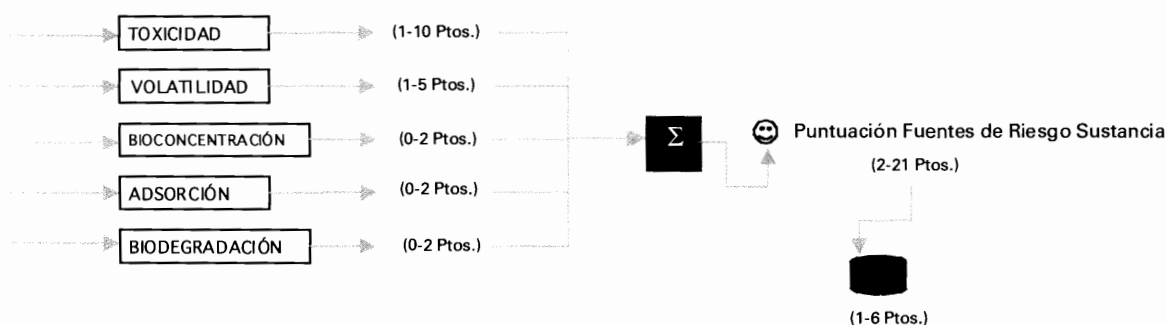
Peligroso para el Medio Ambiente

Acompañada de su correspondiente Frase "R"

Medio Acuático	
R50	Muy tóxico para los organismos acuáticos
R51	Tóxico para los organismos acuáticos
R52	Nocivo para los organismos acuáticos
R53	Puede producir efectos a largo plazo en el medio acuático
Medio No Acuático	
R54	Tóxico para la flora
R55	Tóxico para la fauna
R56	Tóxico para los organismos del suelo
R57	Tóxico para las abejas
R58	Puede producir efectos a largo plazo en el medio ambiente
R59	Peligroso para la capa de ozono

FIGURA 10

Esquema parcial de clasificación por filtros para fuentes de riesgo-sustancias



Una vez evaluada la posibilidad de que puedan concurrir los factores anteriormente mencionados, la puntuación, mediante una transformación, pasa a valorarse en un rango de 1 a 10 (véase fig. 11).

De forma general, cuando la metodología evalúa las sustancias implicadas en un determinado escenario accidental, existen las siguientes posibilidades:

- A) Implicación de una única sustancia. Para lo cual, se aplicará normalmente la metodología.
- B) Implicación de más de una sustancia, dando lugar a una mezcla que, a priori, no presenta efectos sinérgicos.
- C) Implicación de más de una sustancia, dando lugar a una mezcla que, a priori, presenta efectos sinérgicos.

En los supuestos B) y C) se aplicará la metodología hasta obtener la puntuación para fuentes de riesgo-sustancia, para cada una de las sustancias/mezclas del escenario accidental objeto de análisis. Una vez calculadas estas puntuaciones parciales, y aplicando el principio

de precaución²⁸ (Precautionary Principle), se escogerá la sustancia con mayor puntuación individual asociada.

A partir de esta fase de la metodología, la sustancia de la mezcla con la mayor puntuación asociada, se convertirá en la representante o sustancia indicadora del escenario accidental.

Finalmente, como ha sido mencionado anteriormente, tras la valoración de los supuestos de existencia de mezclas y efectos sinérgicos, la puntuación referente a fuentes de riesgo-sustancias, quedará enmarcada dentro de un rango de 1 a 10.

Entre las distintas fuentes de información a las que se puede recurrir a la hora de obtener los distintos parámetros de entrada utilizados en este apartado, destacan:

- Hojas/fichas de datos de seguridad del producto.
- EPI Suite (<http://www.epa.gov/oppt/exposure/docs/episuitedl.htm>). Aplicación informática perteneciente a la Agencia de protección norteamericana capaz de facilitar parámetros físicos, químicos, etc. de la sustancia a partir de su número CAS.
- SERIDA - Safety Environmental Risk Database (<http://arch.rivm.nl/serida>). Aplicación informática desarrollada por HASKONING Consulting Engineers and Architects para el Ministerio de Vivienda, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Holanda y el Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de aquel país.
- Información/consulta directa a través del fabricante o productor de la sustancia o producto.
- Instituto Nacional de Toxicología (Ministerio de Justicia, España).

En las tablas 2 y 3 se observan los criterios utilizados para cada uno de los aspectos (toxicidad, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación) considerados en relación con las propiedades de la/s sustancia/s y/o mezclas.

²⁸ El principio de precaución se definió como principio fundamental en el apartado 2 del artículo 174 del Tratado de la Comunidad Europea. Su aplicación debe ser activa sin esperar a la obtención de resultados definitivos. Es evidente que si un riesgo potencial es confirmado como real por la evidencia científica, no cabe ya la aplicación del principio de precaución, sino la adopción de estrategias técnicas, políticas y reguladoras de control del riesgo.

El principio de precaución (Doc. Com 2.2.2000) se aplica cuando una evaluación científica objetiva indica que hay motivos razonables de preocupación por los potenciales efectos peligrosos sobre la salud o el medio ambiente a pesar de los niveles de protección adoptados.

FIGURA 11

Esquema de clasificación por filtros para fuentes de riesgo-sustancias

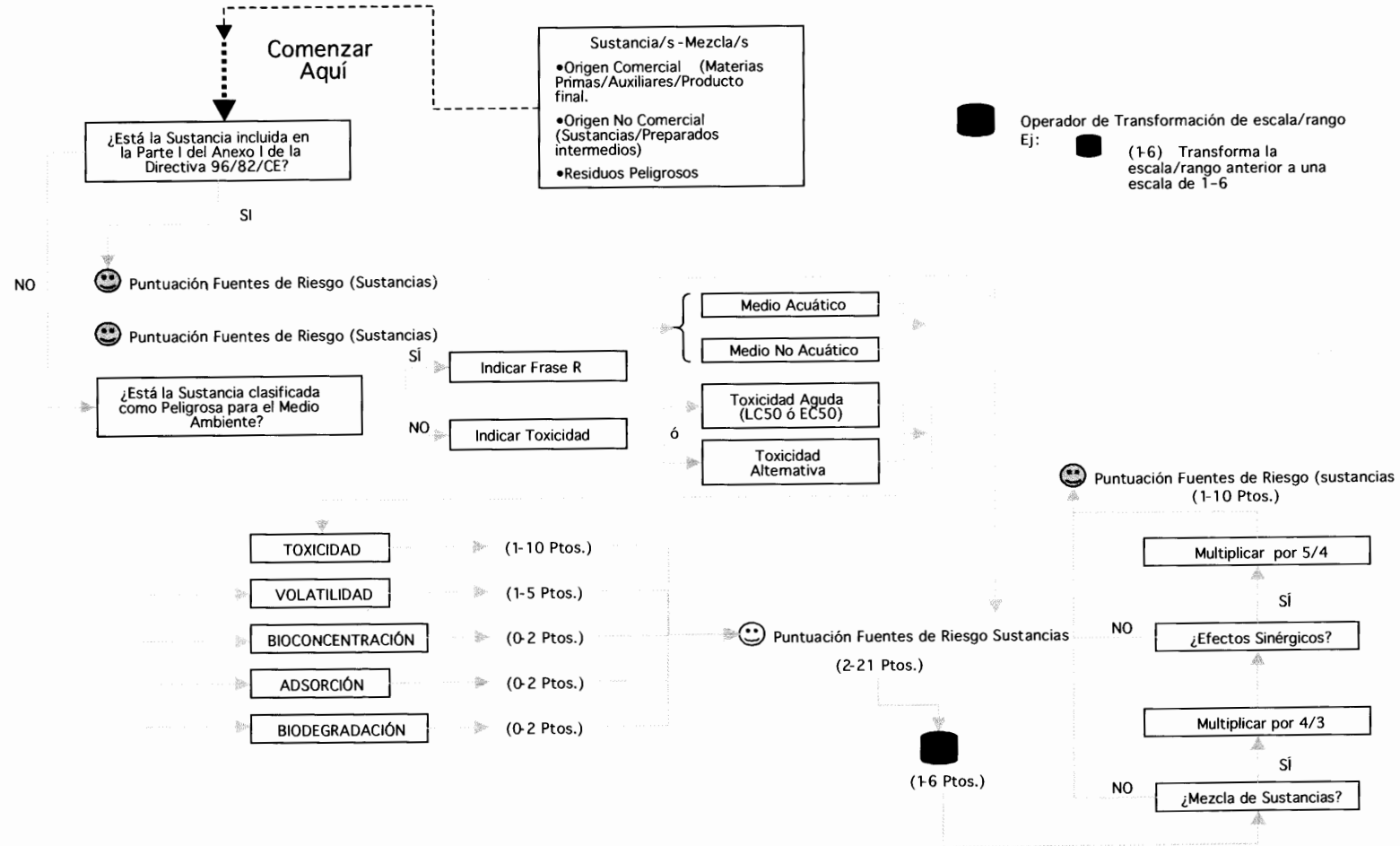


TABLA 2

**Criterios²⁹ utilizados para cada uno de los aspectos
«Toxicidad aguda, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación»**

Toxicidad Aguda (LC ₅₀ ó EC ₅₀) ³⁰	Puntos
LC ₅₀ ó EC ₅₀ < 1 mg/l	10
1-6 mg/l	8
6-30 mg/l	6
30-200 mg/l	4
200-1000 mg/l	2
LC ₅₀ ó EC ₅₀ > 1000 mg/l	1

Bioconcentración (log BCF) BCF-factor de bioconcentración	Puntos
Log BCF > 2	2
1 < Log BCF ≤ 2	1
Log BCF ≤ 1	0

Biodegradación (BD)	Puntos
BD < 2 (meses o periodos de tiempo mayores)	2
2 ≤ BD < 2,5 (meses/semanas)	1,5
2.5 ≤ BD < 3,5 (semanas/días)	1
3.5 ≤ BD < 4,5 (días/horas)	0,5
BD ≥ 4.5 (horas)	0

Volatilidad (log H) H- constante de Henry (atm m ³ / mol)
Log H < -3
-3 ≤ log H < -1
-1 ≤ log H < 1
1 ≤ log H < 2
Log H ≥ 3

Adsorción (log Kow) Kow- coeficiente de reparto octanol-agua
Log Kow > 2
1 < Log Kow ≤ 2
Log Kow ≤ 1

Toxicidad (a)
Muy Tóxico
Tóxico
Nocivo
Irritante, Corrosivo

²⁹ Criterios establecidos en base a:

- *Environmental Sampling after a Chemical Accident*, Department of the Environment, Transport and Regional Affairs, London, 1998.
- *Environment-accident index: validation of a model*, A. Scott, Defence Research Establishment, Division of Environmental Sciences, Sweden, 1998.
- EPI Suite (<http://www.epa.gov/oppt/exposure/docs/episuite1.htm>). Aplicación informática perteneciente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, versión 1.02, 1999.

³⁰ Utilizar la L(E) C50 para peces, Daphnia o algas más baja disponible.

Para los casos donde los datos requeridos no estén disponibles se procederá a utilizar el criterio de toxicidad (a)

TABLA 3
Criterios utilizados para
«Sustancias clasificadas como peligrosas para el medio ambiente»³¹

Medio acuático		Medio no acuático	
Frase «R»	Puntos	Frase «R»	Puntos
R 50	10	R54/R57	10
R50/R53	10	R54	10
R51/R53	8	R55/R57	8
R52/R53	5	R56/R57	5
R52 y/o R53	5	R58	4
		R59	4

2.6.1.2 Cantidad de sustancias o mezclas implicadas

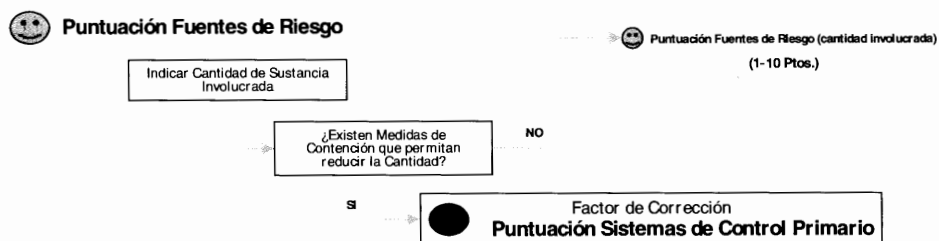
Otro de los aspectos a tener en cuenta, dentro del componente de fuentes de riesgo es la cantidad almacenada o involucrada en un accidente.

A pesar de que una vez ocurrido un accidente no toda la cantidad involucrada va a ser transportada hasta alcanzar los receptores vulnerables, este factor ofrece una idea de la magnitud del accidente. De su estimación y conocimiento dependen en gran medida los recursos necesarios de cara a disminuir los posibles impactos ocasionados por la liberación de la sustancia.

La figura 12 muestra el proceso seguido a la hora de asignar una puntuación para la cantidad involucrada en un accidente.

FIGURA 12

Esquema parcial de clasificación por filtros para fuentes de riesgo-cantidad involucrada



En la mayoría de las ocasiones, la información disponible acerca del escenario accidental va a ser muy limitada o inexistente. Las cantidades involucradas en estos casos, también resultarán difíciles de estimar en los primeros momentos de la emergencia. Por ello, de cara

³¹ Criterios establecidos en base a:

— Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo, que establece el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

— *Desarrollo de un Sistema de identificación/clasificación de peligros para el medio ambiente terrestre. Posición y aportación españolas en la Unión Europea*, Serie monografías (Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2000.

a establecer un factor de ponderación para la cantidad de sustancia química liberada, resulta más práctico recurrir a las cantidades almacenadas que se han visto implicadas. De esta forma, además de aplicar un principio de precaución para con el medio ambiente, el cálculo o la aproximación es más sencilla.

Por otro lado, es obvio que si se dispone de mediciones directas o estimaciones más exactas, se deberán utilizar las más precisas en comparación con la cantidad o cantidades almacenadas.

En cualquier caso, una vez estimada la cantidad de sustancia/s involucrada en un accidente, se deberá aplicar un factor de corrección relacionado con los sistemas de control primario existentes para un determinado escenario accidental.

Tras determinar la cantidad efectiva involucrada (sumatorio de todas las cantidades implicadas), la metodología procederá a aplicar los criterios recogidos en la tabla 4.

TABLA 4
Criterios utilizados para el factor cantidad involucrada ³²

Cantidad involucrada en el accidente (Tm.)	Puntos
> 500	10
50-500	7
5-49	5
0,5-4,9	3
< 0.5	1

2.6.1.3 Puntuación del componente fuentes de riesgo

Una vez estimadas las puntuaciones de fuentes de riesgo-cantidad involucrada (1-10) y fuentes de riesgo-sustancias (1-10), la metodología aplica un factor de ponderación de 2 (relacionado con la importancia de la peligrosidad de la sustancia) para la puntuación fuentes de riesgo-sustancias y procede al sumatorio con la puntuación obtenida para fuentes de riesgo-cantidad. El resultado es una puntuación fuentes de riesgo que puede variar en un rango de 3-30 puntos que será transformada a una escala (1-12) para la obtención del Índice global de consecuencias medioambientales (véase fig. 13).

2.6.2 Sistemas de Control Primario

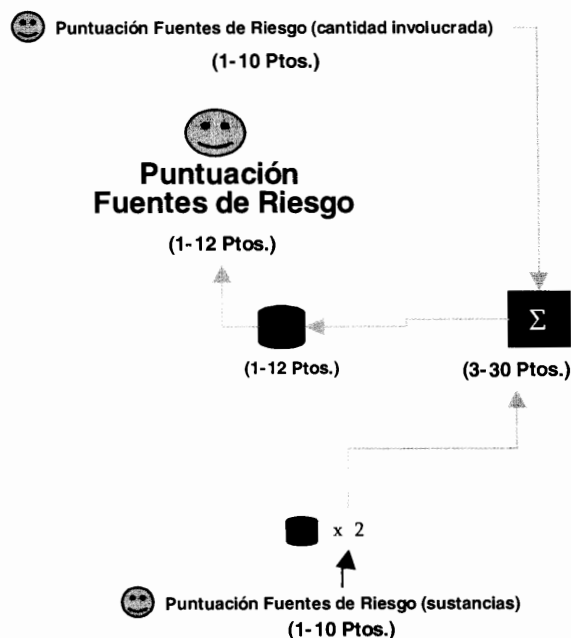
Dentro de la metodología desarrollada por la guía, el componente sistemas de control primario constituye un factor de corrección de la cantidad de sustancia/s involucrada en un escenario accidental.

En función de los sistemas de control primario existentes para un determinado escenario, la cantidad de sustancia involucrada podrá verse reducida en un determinado porcentaje que estará comprendido entre 0 por 100 para aquellos casos en los que no exista ningún sistema

³² Criterios establecidos en base a:

— «Environment-accident index: validation of a model», A. Scott. Defence Research Establishment, Division of NBC Defence, Sweden, 1998.

FIGURA 13

Puntuación del componente fuentes de riesgo

de control primario, y 100 por 100 donde la existencia de estos sistemas reduzca totalmente la cantidad de sustancia involucrada (ej. retención del 100 por 100 de la sustancia dentro del cubeto dispuesto debajo del depósito de almacenamiento).

En todos los casos, el factor de reducción deberá ser fijado por el industrial en base a los sistemas de control disponibles en su establecimiento.

2.6.3 Sistemas de transporte

La extensión espacial (véase fig. 14) del daño constituye uno de los criterios más estrechamente relacionados con el tipo de receptor afectado. La importancia de la extensión de un accidente dependerá en gran medida de la calidad/vulnerabilidad del hábitat afectado. En esta línea, la *Directiva 96/82/CE*, a través del anexo VI del *Real Decreto 1254/1999* que la traspone al ordenamiento jurídico español, propone una serie de criterios relacionados con los perjuicios directos al medio ambiente para la notificación del accidente a la Comisión:

- A) Daños permanentes o a largo plazo causados a hábitat terrestres.
- B) 0,5 hectáreas o más de un hábitat importante desde el punto de vista de la conservación y protegido por la ley.
- C) 10 hectáreas o más de un hábitat más extendido, incluidas tierras de labor.
- D) Daños significativos o a largo plazo causados a hábitat de aguas de superficie o hábitat marinos.
 - I. 10 kilómetros o más de un río, canal o riachuelo.
 - II. 1 hectárea o más de un lago o estanque.
 - III. 2 hectáreas o más de un delta.

IV. 2 hectáreas o más de una zona costera o marítima.

E) Daños significativos causados a un acuífero o aguas subterráneas: 1 hectárea o más.

Los criterios o umbrales para la extensión del daño presentados en la tabla 6, consideran la vulnerabilidad/calidad del medio o hábitat y establecen al mismo tiempo, una clara división para los hábitat de aguas de superficie, hábitat marinos y aguas subterráneas. En este sentido, la importancia de la extensión espacial del daño, queda estrechamente unida al tipo y valor de los hábitat afectados.

Otros criterios seguidos en este tipo de estudios, muestran una serie de valores o extensiones de referencia con los que comparar el tamaño de hábitat afectado. Es el caso de los valores utilizados por AEAT³³ (AEA Technology, UK) dentro de su índice de daño medioambiental (véase tabla 5).

TABLA 5
Valores utilizados por AEAT³³ (AEA Technology, UK)
dentro de su Índice de daño medioambiental

Tipo de medio receptor afectado	Tamaño de referencia afectado
Río	10 Km.
Estuario	6 Hectáreas
Lago	3 Hectáreas

A la vista de los distintos criterios y clasificaciones existentes, la metodología de la guía establece una serie de valores de referencia íntimamente ligados con los umbrales definidos por el *Real Decreto 1254/1999* para la notificación de accidentes.

En la tabla 6 aparecen los umbrales de extensión sugeridos y las puntuaciones máximas y mínimas asociadas. Los criterios seguidos en este caso diferencian claramente el medio acuático (vector de propagación normalmente mayor) y el medio no acuático. Sin embargo, no consideran los aspectos relacionados con la calidad/vulnerabilidad del medio debido a que éstos son objeto de estudio en un punto posterior de la guía.

TABLA 6
Criterios utilizados para el aspecto de extensión del daño

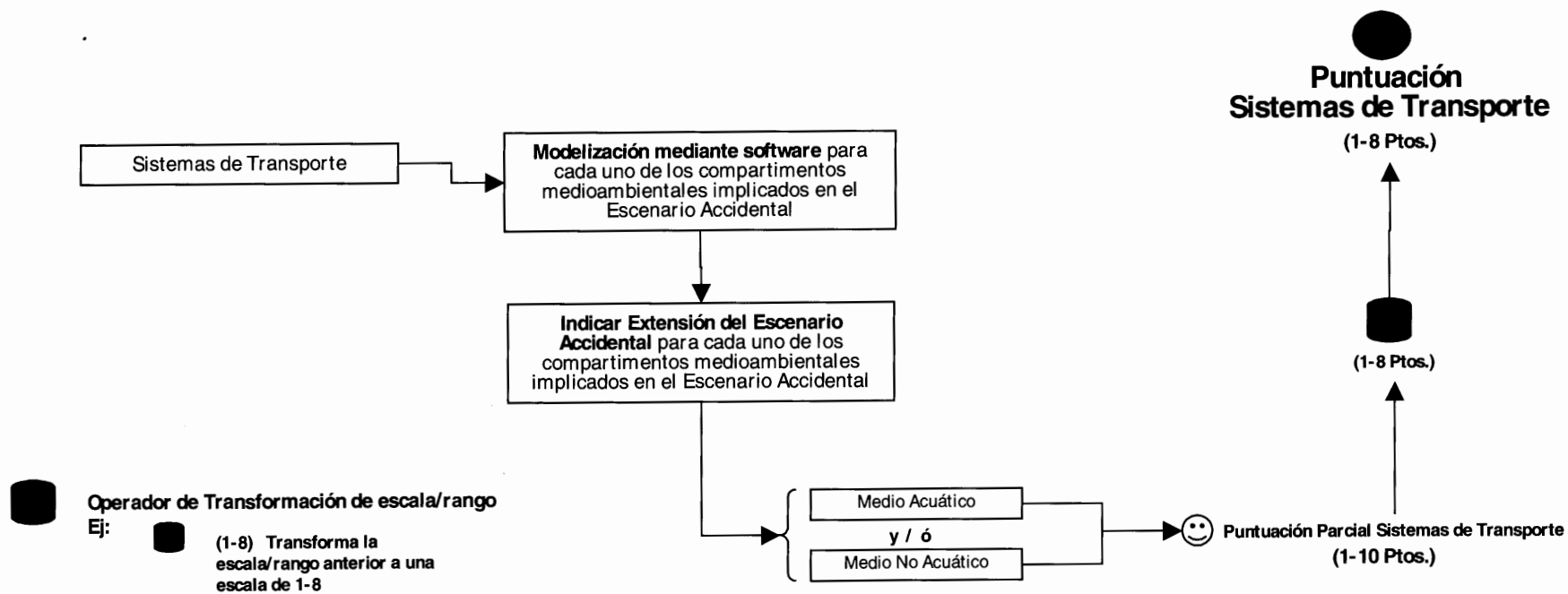
Puntos	Tipo de medio afectado y extensión		
	Medio No Acuático (incluyendo aguas subterráneas)	Medio Acuático	
		Corrientes de aguas superficiales (Ej. río, canal, riachuelo, etc.)	Otros tipos (Ej. lago, estanque, delta, estuario, zonas marítimo costeras)
10	Mayor o igual que 10 hectáreas	Mayor o igual que 10 Km	Mayor o igual que 2 hectáreas
↑ ↓	Relación logarítmica decimal del tipo $y = a + b \cdot \log_{10}(x)$.		
1	Dentro de los límites del emplazamiento		

³³ *Environmental Sampling after a Chemical Accident*, Department of the Environment, Transport and Regions, UK, 1999.

FIGURA 14

Esquema de clasificación por filtros para sistemas de transporte

● Puntuación Sistemas de Transporte



En aquellos casos en los que un escenario accidental pueda afectar a más de un compartimento medioambiental, el responsable de llevar a cabo el análisis de riesgos medioambientales deberá aplicar los modelos de dispersión apropiados para cada compartimento afectado.

Una vez determinada la extensión asociada a cada medio o compartimento, se procederá a aplicar el criterio para este aspecto (véase tabla 6) teniendo en cuenta que la relación extensión-puntuación no responde a un patrón lineal. El patrón en estos casos se asemeja más a una función de tipo logarítmico decimal [$y = a + b \cdot \log_{10}(x)$].

En el supuesto de obtener puntuaciones distintas en función del tipo de medio afectado, la metodología optará por asumir la mayor de las existentes, siguiendo con el principio de precaución en medio ambiente.

2.6.4 Receptores vulnerables

A la hora de establecer una puntuación para el criterio de vulnerabilidad/calidad de receptores vulnerables (véase fig. 15), la metodología seguirá la siguiente estructura.

I. Definición de las coordenadas UTM³⁴ (Universal Transverse Mercator coordinates) del establecimiento afectado por el Real Decreto 1254/1999.

II. Determinación del tipo de hábitat para las coordenadas UTM del establecimiento. Para ello se deberán seguir los siguientes pasos:

A) Realizar una consulta a la administración competente (Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma correspondiente, o, en su defecto, a la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza dependiente del Ministerio de Medio Ambiente) acerca del tipo de hábitat³⁵ correspondiente a las coordenadas UTM anteriormente definidas.

Una vez localizado el tipo de hábitat correspondiente mediante la cartografía existente del inventario nacional de hábitat, se procederá a conocer la información (véase tabla A del anexo V) correspondiente a la tesela cartográfica en la que se encuentran las coordenadas UTM facilitadas. De toda la información suministrada, la metodología presta especial atención al denominado índice de naturalidad del hábitat, que será utilizado, junto con otros factores, para establecer la puntuación del componente receptores vulnerables.

³⁴ Página web http://www.uco.es/~bb1rofra/documentos/utm/coordenadas_utm.html

³⁵ Este tipo de información (disgregada por provincias) está también disponible en la dirección web del Ministerio de Medio Ambiente (Banco de datos de la naturaleza) http://www.mma.es/conserv_nat/inventarios/bancodatos/html/habitat.htm#arriba

La cartografía de hábitat se ofrece en dos formatos vectoriales: EXPORT de ArcInfo® (formato E00) y Dxf de Autocad® (formato Dxf). En ambos formatos cada elemento viene identificado con un código (CODIGO). Para cargar la información de los atributos alfanuméricos es necesaria la relación de cada elemento con la base de datos de access (Microsoft access 97®) que se incluye para cada provincia (véase fig. 17).

Para facilitar la descarga, todos los ficheros se proporcionan en formato ZIP.

FIGURA 15

Esquema de clasificación por filtros para receptores vulnerables

Puntuación Receptores Vulnerables

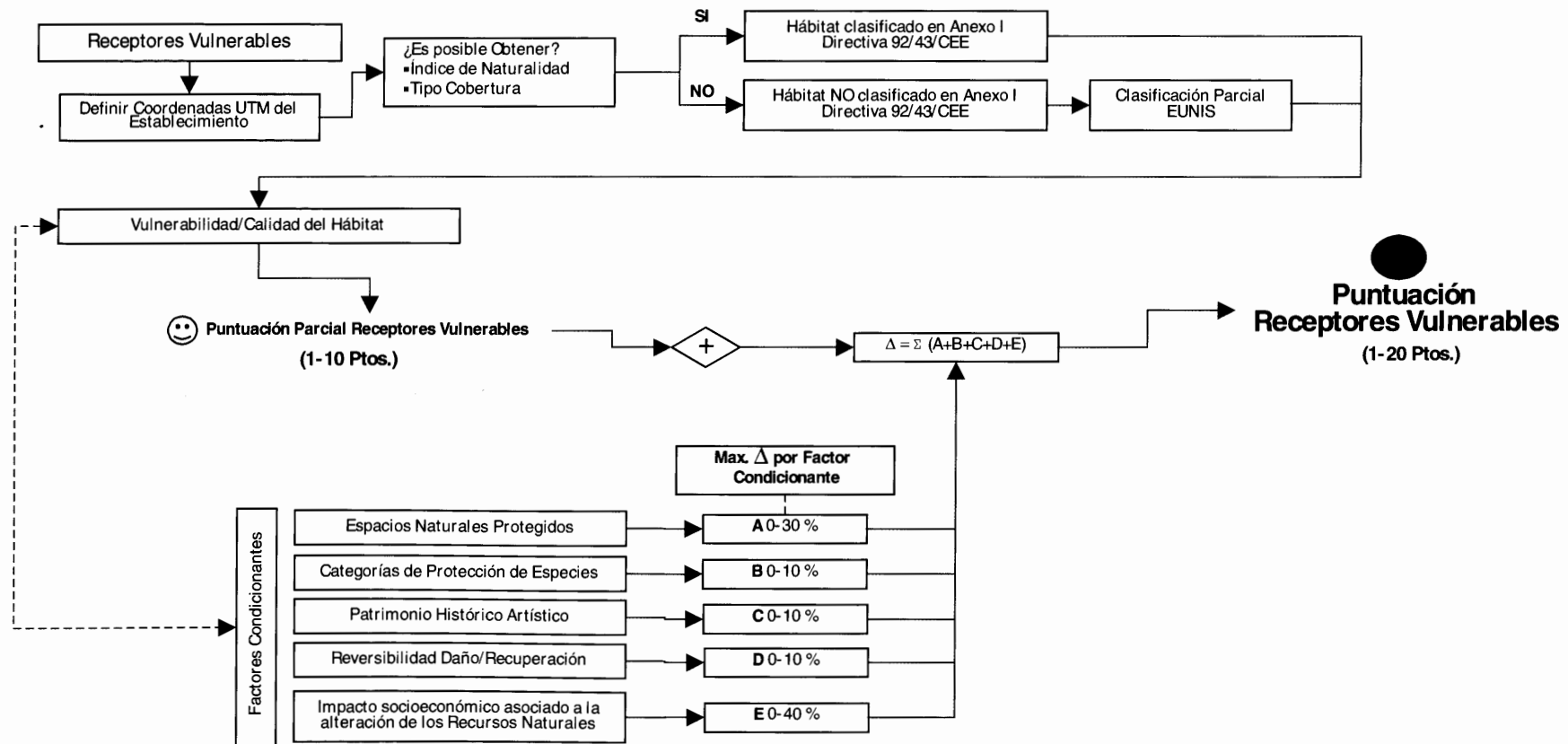
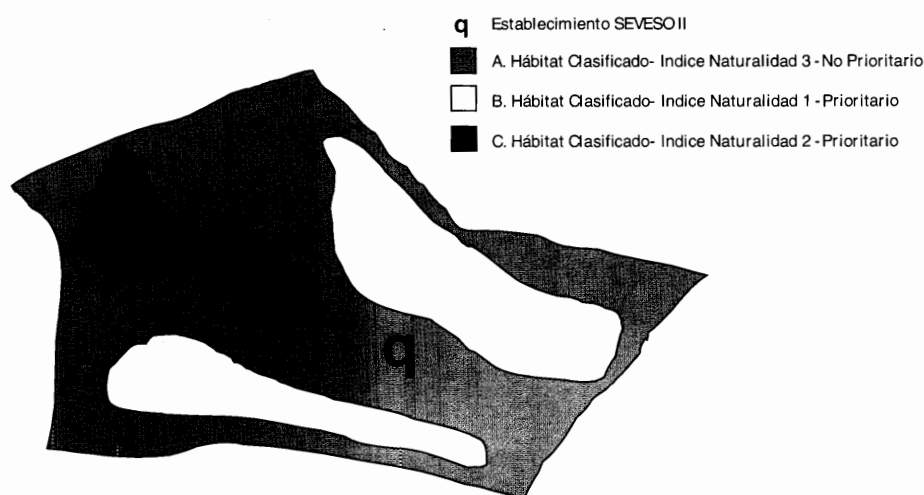


FIGURA 16

Ejemplo de varios tipos de hábitat dentro de un polígono ó tesela



Hábitat	Puntuación parcial ³⁶	Tipo_cobertura ³⁷	Puntuación del hábitat seleccionado
A	9	4	
B	6	1	
C	8	2	

En algunos casos, pueden coincidir varios tipos de hábitat dentro de una misma tesela o polígono (véase fig. 16). Para estos supuestos, la metodología escoge el índice de naturalidad del tipo de hábitat con un mayor índice de tipo de cobertura (Porcentaje de superficie del hábitat en el polígono expresado en intervalos) dentro de la tesela con las coordenadas UTM del establecimiento.

B) Como ha sido mencionado anteriormente, no todos los tipos de hábitat del territorio nacional están recogidos dentro del anexo I de la *Directiva 92/43/CEE* (y por lo tanto en el inventario nacional de hábitat).

Estos hábitat no incluidos coinciden con ciertos grupos de hábitat recogidos en la clasificación de hábitat EUNIS y que a continuación se mencionan.

- Código I: Hábitat agrícolas, hortícolas regular o recientemente cultivados (Regularly or recently cultivated agricultural, horticultural and domestic habitats).
 - Código I1: Tierras cultivadas o viveros (*Arable land and market gardens*).
 - Código I2: Jardines o parques (*Cultivated areas of gardens and parks*).

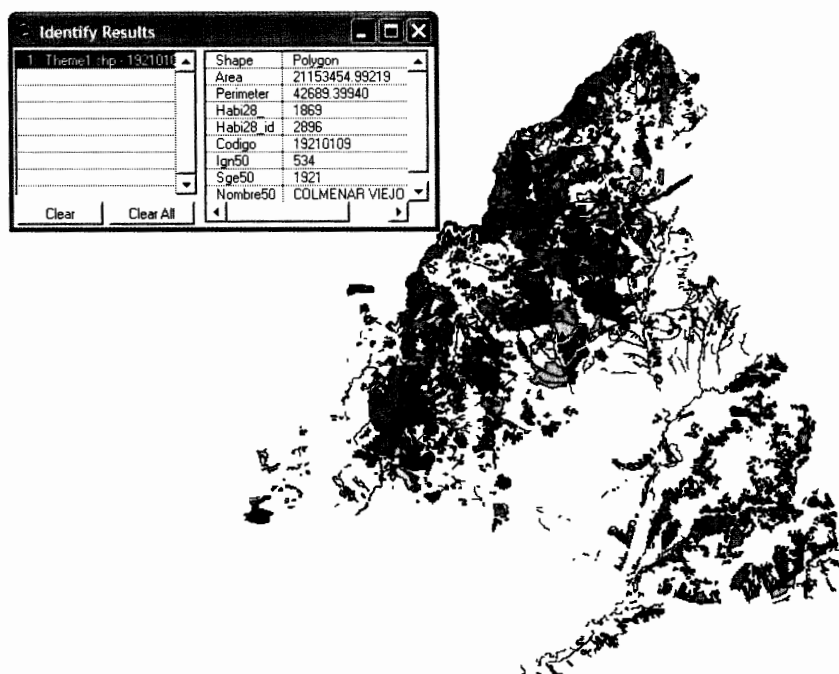
³⁶ Véase tabla 7

³⁷ Los valores de intervalo se especifican de la siguiente forma:

1-0 a 25% 2-26 a 50% 3-51 a 75% 4-76 a 100 %

FIGURA 17

Ejemplo de salida gráfica del inventario nacional de hábitat

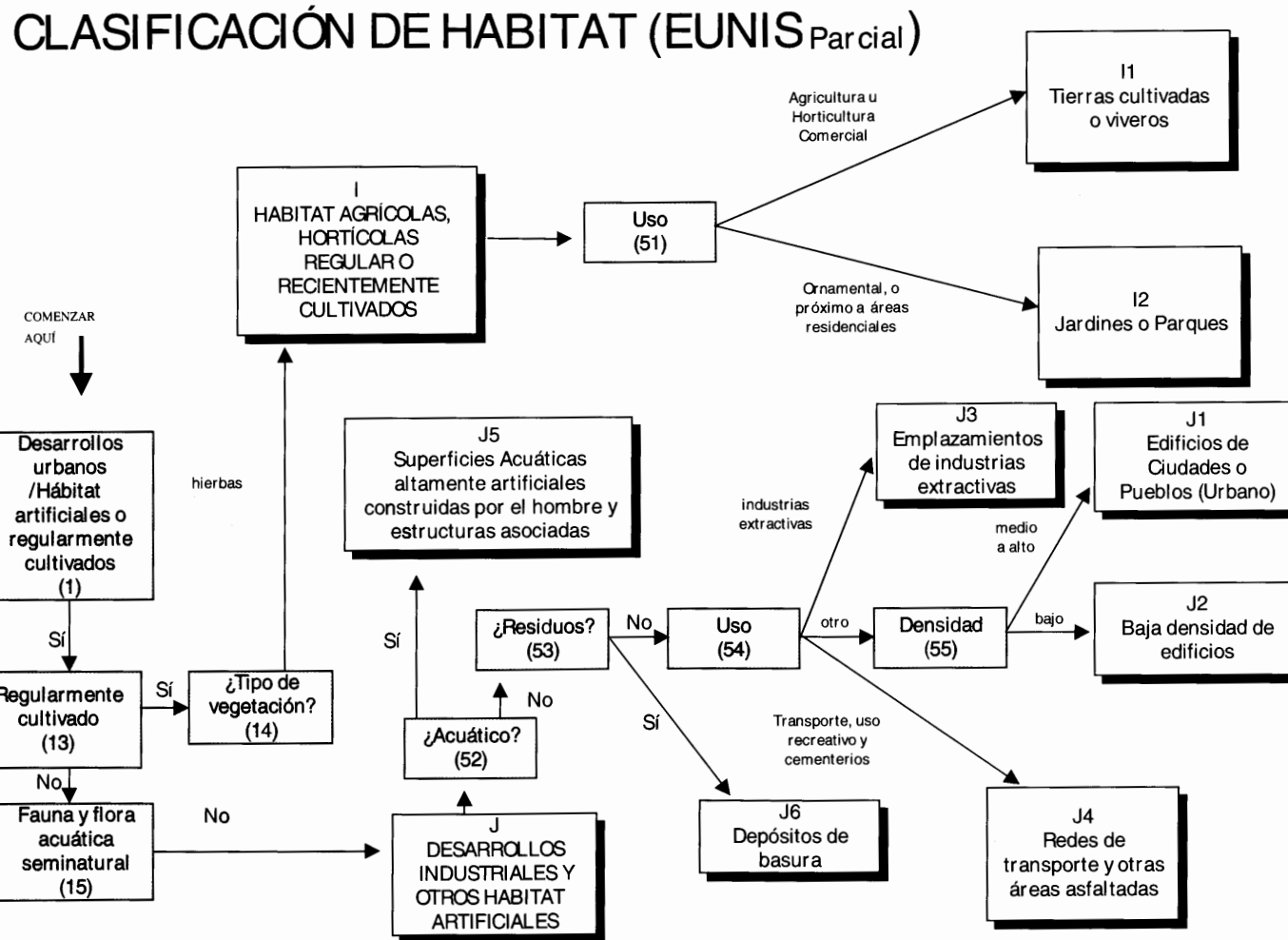


- Código J: Hábitat de desarrollos industriales y otros tipos de hábitat (Constructed industrial and other artificial habitats).
 - *Código J1: Edificios de ciudades o pueblos –Urbano– (Buildings of cities, towns and villages).*
 - *Código J2: Baja densidad de edificios (Low density buildings).*
 - *Código J3: Emplazamientos de industrias extractivas (Extractive industrial sites).*
 - *Código J4: Redes de transporte y otras áreas asfaltadas (Transport networks and other constructed hard-surfaced areas).*
 - *Código J5: Superficies acuáticas altamente artificiales construidas por el hombre y estructuras asociadas (Highly artificial man-made waters and associated structures).*
 - *Código J6: Depósitos de basura y vertederos (Waste deposits).*

Para estos casos, la metodología recurre a la clasificación de hábitat EUNIS de cara a la clasificación de estos hábitat mediante un flujograma de identificación (véase fig. 18):

FIGURA 18

Esquema de clasificación de hábitat EUNIS (flujograma parcial)



FUENTE: Página web <http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS/home.html>

El flujograma de identificación permite, mediante claves o cuestiones sencillas, identificar diferentes tipos de hábitat dentro de las categorías generales representadas por los códigos I y J. Siguiendo la terminología expuesta por la clasificación de hábitat EUNIS, la metodología desciende hasta el nivel 2 de detalle (Nivel 2 de detalle de la clasificación de hábitat EUNIS).

Con todo lo anterior, la metodología establece la siguiente clasificación de 1 a 10 para el criterio de receptores vulnerables (hábitat).

TABLA 7

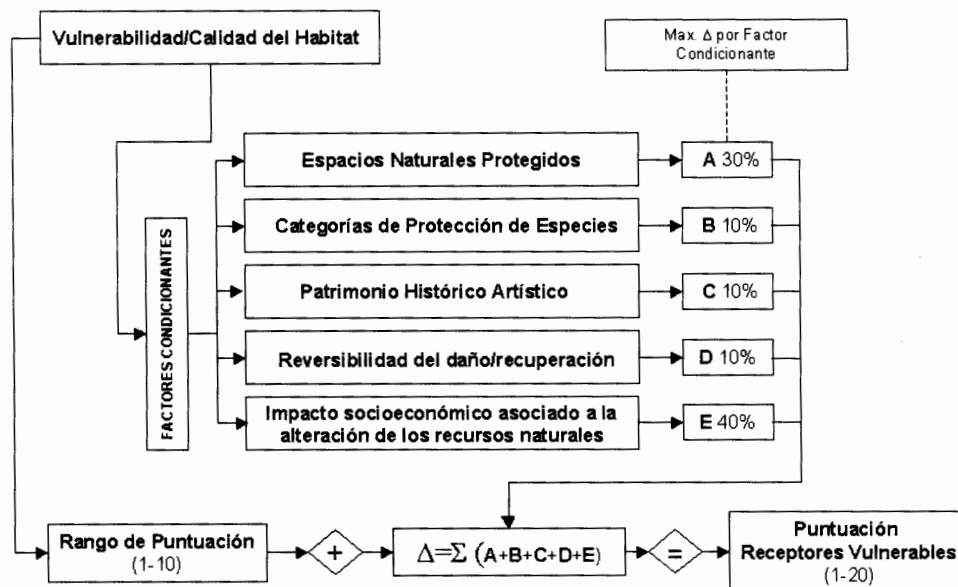
Criterios utilizados para el criterio de receptores vulnerables

Puntuación	Hábitat	Índice de naturalidad	Hábitat prioritario	Observaciones/recomendaciones
1	Código J Hábitat de desarrollos industriales y otros tipos de hábitat (Constructed industrial and other artificial habitats)	-	-	Código J1, Código J3, Código J4, Código J6
2		-	-	Código J2, Código J5
3	Código I Hábitat agrícolas, hortícolas regular o recientemente cultivados (Regularly or recently cultivated agricultural, horticultural and domestic habitats)	-	-	Código I2
4		-	-	Código I1
5	Hábitat clasificados dentro del anexo I de la Directiva 92/43/CEE de hábitat	1	NO	-
6		1	SI	-
7		2	NO	-
8		2	SI	-
9		3	NO	-
10		3	SI	-

Una vez determinado el valor asociado a la vulnerabilidad/calidad del hábitat en el que se encuentra el establecimiento SEVESO II, la metodología propone una serie de factores condicionantes que pueden modificar la puntuación otorgada con el criterio de la tabla anterior.

La siguiente figura muestra los distintos factores condicionantes a tener en cuenta.

FIGURA 19

Factores condicionantes del criterio receptores vulnerables**2.6.4.1 Factores condicionantes**

En este apartado la guía establece los distintos criterios para la aplicación de los factores condicionantes dentro de la mecánica establecida por la metodología.

Los incrementos sobre la puntuación parcial receptores vulnerables de la figura 19, vienen determinados por la importancia relativa que cada uno de los factores puede suponer de cara a estimar la puntuación de receptores vulnerables.

De este modo, destacan por su importancia la existencia de espacios naturales protegidos y el impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales con incrementos del 30 y 40 por 100 respectivamente.

2.6.4.1.1 Espacios naturales protegidos

La metodología otorga un incremento del 30 por 100 sobre la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat, en aquellos casos en los que el área de influencia de un escenario accidental, pudiese afectar a un espacio natural con una o más de categorías de protección de origen estatal o autonómico³⁸.

La elección de un criterio binario (sí-no) a la hora de aplicar este factor condicionante, se asienta sobre el concepto de protección en su sentido más amplio. El establecimiento de una determinada figura de protección sobre un determinado espacio natural, es, por sí misma, buena muestra de la representatividad de un área, por lo que, a pesar de las diferentes figuras existentes, la metodología opta por discriminar únicamente aquellas áreas que poseen una figura de protección oficial de las que no.

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría como muestra la tabla 8.

³⁸ Se excluyen expresamente otros tipos de figuras de protección establecidos por otras administraciones del Estado (Ej. Administración local).

TABLA 8

Criterios utilizados para el factor condicionante espacios naturales protegidos

Factor Condicionante Espacios Naturales Protegidos		Δ (%)
¿Existen espacios naturales protegidos en el área de influencia del escenario accidental?	SI	30
	NO	0

Para la obtención de este tipo de información se deberá realizar una consulta a la administración competente (Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma correspondiente, ó en su defecto a la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza dependiente del Ministerio de Medio Ambiente) acerca de los espacios naturales protegidos³⁹ existentes dentro del área de influencia del escenario accidental objeto de estudio.

2.6.4.1.2 *Categorías de protección de especies.*

La metodología otorga un incremento máximo del 10 por 100 sobre la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat, en aquellos casos en los que, el área de influencia de un escenario accidental, coincida con el área de distribución de una especie animal o vegetal contemplada bajo una de las siguientes figuras de protección a nivel nacional o equivalente a nivel autonómico⁴⁰:

TABLA 9

Criterios utilizados para el factor condicionante categorías de protección de especies

Categoría de Protección ⁴¹	Δ (%)
En peligro de extinción	10
Sensibles a la alteración de su hábitat	8
Vulnerables	5
De interés especial	2
Sin categoría de protección	0

En aquellos casos en los que se dé más de una categoría de protección de las arriba mencionadas en el mismo área, se deberá escoger, de entre las presentes, la que otorgue un mayor incremento a la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat.

³⁹ Este tipo de información (disgregada por provincias) esta también disponible en la dirección web del Ministerio de Medio Ambiente (Banco de datos de la naturaleza)

http://www.mma.es/conserv_nat/inventarios/espacios_protegidos/espacios.htm

⁴⁰ Como ha sido mencionado anteriormente, las Comunidades Autónomas con competencia en la materia podrán establecer, además de las categorías de especies amenazadas relacionadas en el artículo 29 de la Ley 4/1989, otras específicas, determinando las prohibiciones y actuaciones que se consideren necesarias. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones, estas categorías se corresponden con las establecidas en la Ley 4/1989.

⁴¹ Categorías de especies amenazadas relacionadas en el artículo 29 de la Ley 4/1989.

Para la obtención de este tipo de información⁴² se deberá realizar una consulta a la administración competente (Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma correspondiente, ó en su defecto, a la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza dependiente del Ministerio de Medio Ambiente) acerca de la flora y fauna bajo alguna de las figuras de protección existentes dentro del área de influencia del escenario accidental objeto de estudio.

2.6.4.1.3 *Patrimonio histórico artístico*

La metodología otorga para este factor condicionante un máximo de un 10 por 100 sobre la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat, conforme a los criterios expuestos en la tabla 10.

TABLA 10
Criterios utilizados para el factor condicionante patrimonio histórico artístico

Patrimonio Histórico Artístico	Δ (%)
Bienes inmuebles con la categoría de bien de interés cultural	10
Bienes inmuebles con cualquier otro tipo de categoría de protección.	5
Ninguna de las anteriores	0

La existencia de uno o más bienes inmuebles bajo una de las anteriores categorías de protección dentro del área de influencia del escenario accidental, significará un incremento de entre el 5 y 10 por 100.

En los casos en los que, bajo un mismo área de influencia, existan los dos tipos de protección de la tabla anterior, la metodología optará por escoger el bien inmueble que aporte un mayor porcentaje de incremento.

Para la obtención de este tipo de información⁴³ se deberá realizar una consulta a la administración competente (Consejería de Cultura de la Comunidad Autónoma correspondiente, ó en su defecto a la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, dependiente del Ministerio de Educación y Cultura) acerca de los bienes inmuebles bajo alguna de las figuras de protección existentes dentro del área de influencia del escenario accidental objeto de estudio.

2.6.4.1.4 *Reversibilidad del daño/recuperación*

La inclusión de este factor condicionante por parte de la metodología, pretende considerar el criterio temporal en la recuperación de una zona afectada por un accidente grave. Para ello, se han establecido una serie de criterios⁴⁴ a partir de los cuales se otorga un incremento

⁴² Otras fuentes de información:

- Catálogos regionales de especies amenazadas.
- Catálogo nacional de especies amenazadas.

⁴³ Se han introducido en INTERNET (<http://www.mcu.es/bases/spa/inmu/INMU.html>) dos bases de datos, gestionadas por la Dirección General de Bellas Artes, (Secretaría de Estado de Cultura, Ministerio de Educación y Cultura), que se denominan:

- Bienes muebles inventariados y los declarados BIC.
- Bienes inmuebles (BIC).

⁴⁴ Valores usados en el índice de daño medioambiental establecidos por AEA Technology en su estudio «Environmental Sampling after a Chemical Accident», Department of the Environment, Transport and the Regions, 1999.

máximo de un 10 por 100 para aquellas alteraciones cuyo tiempo estimado de recuperación exceda el plazo de un año.

TABLA 11
Criterios utilizados para el factor condicionante reversibilidad del daño/recuperación

Tiempo de Recuperación	Años	Δ (%)
Posible daño permanente	50	10
De 5 a 20 años	20	
De 1 a 5 años	5	
De semanas a 1 año	1	5
Días	0,1	

2.6.4.1.5 Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales

Para este factor condicionante, la metodología otorga un incremento máximo del 40 por 100 sobre la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat, conforme a los criterios expuestos en la tabla 12.

TABLA 12
Criterios utilizados para el factor condicionante. Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales

Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	Operador lógico	Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	Δ (%)
Alteración de más de una actividad económica recogida en el punto A. Alteración significativa de una actividad económica recogida en el punto A.	y	Afección a alguno de los tipos de infraestructuras recogidas en el punto B.	40
Alteración de más de una actividad económica recogida en el punto A. Alteración significativa de una actividad económica recogida en el punto A.	o	Afección a alguno de los tipos de infraestructuras recogidas en el punto B.	20
Ninguna de las anteriores			0

A) Actividades económicas directamente relacionadas con el medio ambiente.

- Agrícola.
- Ganadera.
- Forestal.
- Pesca.

- Minería.
- Industrial.
- Turismo.

B) Infraestructuras: Afección causada por el accidente a las infraestructuras del entorno.

- Redes de transporte y comunicación, incluyendo las vías pecuarias.
- Sistemas de almacenamiento y recogida de residuos (peligrosos, asimilables a urbanos, hospitalarios, etc.).
- Suministro y transporte de energía: tendidos eléctricos, combustibles, conducciones de gas, etc.
- Suministro de agua: efectos del consumo sobre las fuentes de abastecimiento del entorno, almacenamiento y transporte de recursos, sistemas locales de depuración, etc.
- Infraestructuras de telecomunicaciones.

A continuación se muestran a título de información complementaria una serie de indicadores⁴⁵ que pueden resultar de utilidad a la hora de escoger el incremento apropiado mostrado en la tabla anterior.

- Visitantes (número, tipología, calidad, satisfacción).
- Puestos de trabajo vinculados a la actividad económica.
- Sectores/actividades productivos.
- Tasa de empleo.
- Rentas.
- Vivienda (primera y segunda residencia).
- Equipamientos.

2.7 ESTIMACIÓN DEL VALOR O ÍNDICE DE RIESGO MEDIOAMBIENTAL PARA UN ESTABLECIMIENTO AFECTADO POR EL REAL DECRETO 1254/1999

Tras la obtención del índice global de consecuencias medioambientales para cada uno de los escenarios accidentales postulados, el siguiente paso de la metodología, consiste en la determinación del valor o índice de riesgo medioambiental.

El valor o índice de riesgo medioambiental para un escenario accidental (véase fig. 20), se obtiene a través del producto entre el factor probabilidad/frecuencia (1-5 puntos) y el factor IGCM (1-20 puntos).

2.7.1 Índice global de consecuencias medioambientales

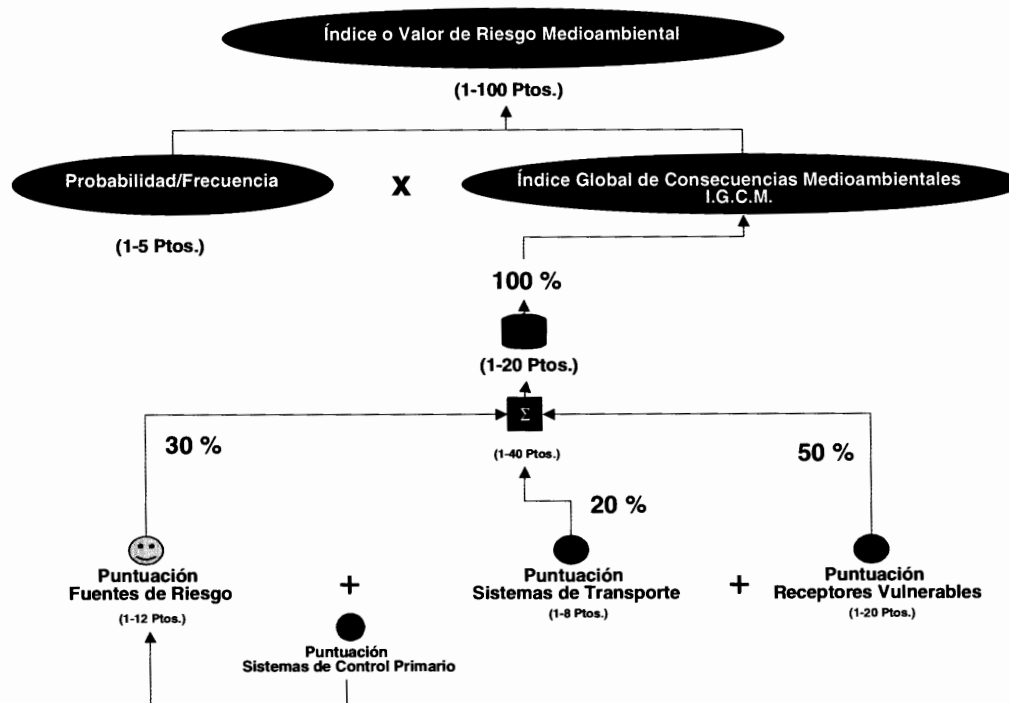
Fuentes de Riesgo

La puntuación global (3-30) es transformada teniendo en cuenta el peso relativo (30 por 100) que la metodología otorga a las fuentes de riesgo dentro del IGCM. Esto es, de los 40 puntos posibles, este componente puede alcanzar un máximo de 12 y un mínimo de 1.

⁴⁵ Los indicadores socioeconómicos se deberían restringir al ámbito del área bajo la influencia del escenario accidental, aunque a veces existen sólo datos de ámbito municipal.

FIGURA 20

Esquema general para la determinación del índice o valor de riesgo medioambiental



Sistemas de control primario

Dentro de la metodología desarrollada por la guía, el componente sistemas de control primario constituye un factor de corrección de la cantidad de sustancia/s involucrada/s en un escenario accidental.

Sistemas de transporte

La puntuación relacionada con la extensión del daño (puntuación sistemas de transporte) puede variar entre un rango de 1 a 10 puntos. Sin embargo, ésta es transformada como en el caso anterior, teniendo en cuenta el peso relativo (20 por 100) que la metodología otorga a los sistemas de transporte dentro del IGCM. Esto es, de los 40 puntos posibles, este componente puede alcanzar un máximo de 8 y un mínimo de 1.

Receptores vulnerables

Para este componente del sistema de riesgo, puntuación receptores vulnerables puede variar entre un rango de 1 a 20 puntos. De esta forma, el peso relativo de este componente constituye un 50 por 100 dentro del IGCM. Esto es, de los 40 puntos posibles, este componente puede alcanzar un máximo de 20 y un mínimo de 1.

Finalmente, el cálculo del IGCM consiste en el sumatorio de los tres componentes anteriormente mencionados (véase fig. 20). El resultado final de este sumatorio puede variar de 3 a 40 puntos, que por motivos de operatividad son sometidos a un cambio de escala de entre 1 y 20.

Básicamente la metodología otorga:

- Un peso relativo del 30 por 100 a la puntuación fuentes de riesgo, donde previamente ha sido integrado el componente sistemas de control primario.

- Un peso relativo del 20 por 100 a la puntuación sistemas de transporte.
- Un peso relativo del 50 por 100 a la puntuación receptores vulnerables

Claramente, la importancia del componente receptores vulnerables destaca por el carácter específico y la importancia de este aspecto en esta guía. En este sentido la puntuación de este componente va a suponer un 50 por 100 del valor obtenido para el IGCM.

2.7.2 Probabilidad/frecuencia asociada a escenarios accidentales

La probabilidad/frecuencia asociada a un determinado escenario accidental (véase fig. 21) vendrá dada, en algunos casos en el informe de seguridad, por el propio establecimiento a través de análisis de cuantitativos de riesgos (ACR) llevados a cabo con anterioridad en sus instalaciones. En estos casos, la tabla 13 proporciona las equivalencias necesarias a la hora de establecer las puntuaciones del factor probabilidad.

TABLA 13
Criterios para el factor probabilidad⁴⁶

Probabilidad (Análisis Cuantitativo de Riesgo, ACR)	Puntuación
$x \geq 1,00 \cdot 10^{-2}$	5
$1,00 \cdot 10^{-4} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-2}$	4
$1,00 \cdot 10^{-6} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-4}$	3
$1,00 \cdot 10^{-8} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-6}$	2
$x < 1,00 \cdot 10^{-8}$	1

Para aquellos supuestos (la mayoría) donde no sea posible obtener la información mencionada en el párrafo anterior, es aconsejable seguir los criterios orientativos basados en la norma UNE 150008 EX «Análisis y evaluación del riesgo medioambiental» (véase tabla 14).

TABLA 14
Criterios para el factor frecuencia (equivalencias)⁴⁷

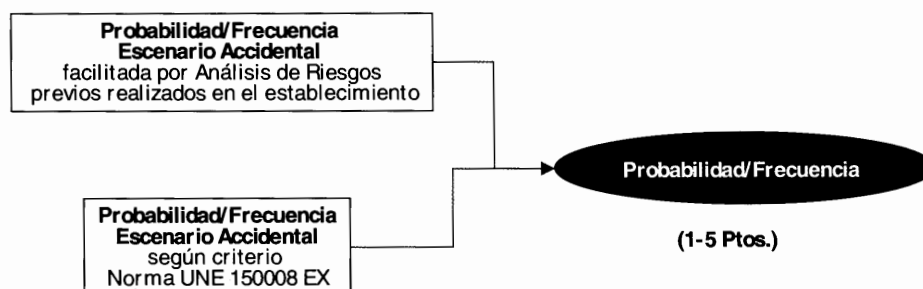
Frecuencia	Puntuación
Entre una vez al año y una vez cada 5 años	5
Entre una vez cada 5 años y una vez cada 25 años	4
Entre una vez cada 25 años y una vez cada 50 años	3
Entre una vez cada 50 años y una vez cada 100 años	2
Entre una vez cada 100 años y una vez cada 500 años	1

⁴⁶ Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports. COMAH Competent Authority, 1999.

⁴⁷ Modificado de la norma española experimental UNE 150008 EX, «Análisis y evaluación del riesgo medioambiental», Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), junio 2000.

FIGURA 21

Determinación del factor probabilidad/frecuencia de un escenario accidental



2.8 EVALUACIÓN Y TOLERABILIDAD DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

Una vez obtenidos los índices o valores de riesgo medioambiental para cada uno de los escenarios accidentales (EA) generados por el análisis de riesgos medioambientales, es necesario establecer los límites de tolerabilidad del riesgo medioambiental.

No existen ni en la legislación al respecto de accidentes graves ni en metodologías generalmente aceptadas, valores de tolerabilidad del riesgo. Por ello se ha optado por evaluar la tolerabilidad del riesgo en función de los dos factores que lo compone (IGCM y frecuencia o probabilidad).

Esto hace que en muchas ocasiones deben ser las propias empresas que elaboran su análisis de riesgos medioambientales quienes se decidan a colocar «la barrera» de la tolerabilidad, en base a datos propios o del sector y que por supuesto irán modificando en función de su experiencia en este ámbito.

No obstante y con objeto de facilitar el proceso de evaluación, la figura 22, muestra un ejemplo desarrollado dentro del estudio «Management of Harm to the Environment» desarrollado por el DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions, UK).

Las escalas del gráfico han sido adaptadas a los rangos utilizados por la metodología de la guía, de cara a ilustrar las distintas áreas o regiones de riesgo medioambiental, en las que se sitúa un determinado IGCM y su correspondiente frecuencia/probabilidad. Las tres regiones de riesgo medioambiental son:

- Región de riesgo elevado. En esta área deben ser implantadas medidas de reducción del riesgo, independientemente del coste asociado.
- Región ALARP (As low as reasonably practicable- Tan bajo como sea factible). El riesgo medioambiental delimitado por esta región, pese a ser tolerable, debería ser reducido hasta los niveles más bajos que sea factible, sin incurrir en costes desproporcionados.
El riesgo sería únicamente tolerable si reducciones mayores de su nivel fuesen impracticables, o tan sólo se alcanzasen mediante un excesivo coste, esfuerzo o tiempo.
- Región de riesgo moderado. El nivel de riesgo de esta área es insignificante y es probable que se incurra en excesivos costes si se toman medidas para alcanzar una mayor reducción.

En la figura 22, el concepto de IRM aparece reflejado indirectamente a través de sus dos componentes (Probabilidad-Frecuencia, IGCM). La ausencia de valores umbral de riesgo reconocidos (instituciones científicas, Universidades, etc.) con respecto al IRM, hace conveniente su descomposición en los factores anteriormente mencionados de cara a su evaluación.

Consecuentemente, el IRM se convierte en un valor indicativo del riesgo que, en ausencia de valores de referencia, es conveniente evaluar mediante la representación gráfica de sus componentes.

Sin embargo, a través de este valor (IRM), el responsable del establecimiento posee (a efectos de gestión) un conocimiento de los escenarios accidentales con mayor riesgo asociado, en la medida en que siguiendo la definición de riesgo, los IRMs más elevados se corresponderán con las probabilidades-frecuencias e IGCMs más altos.

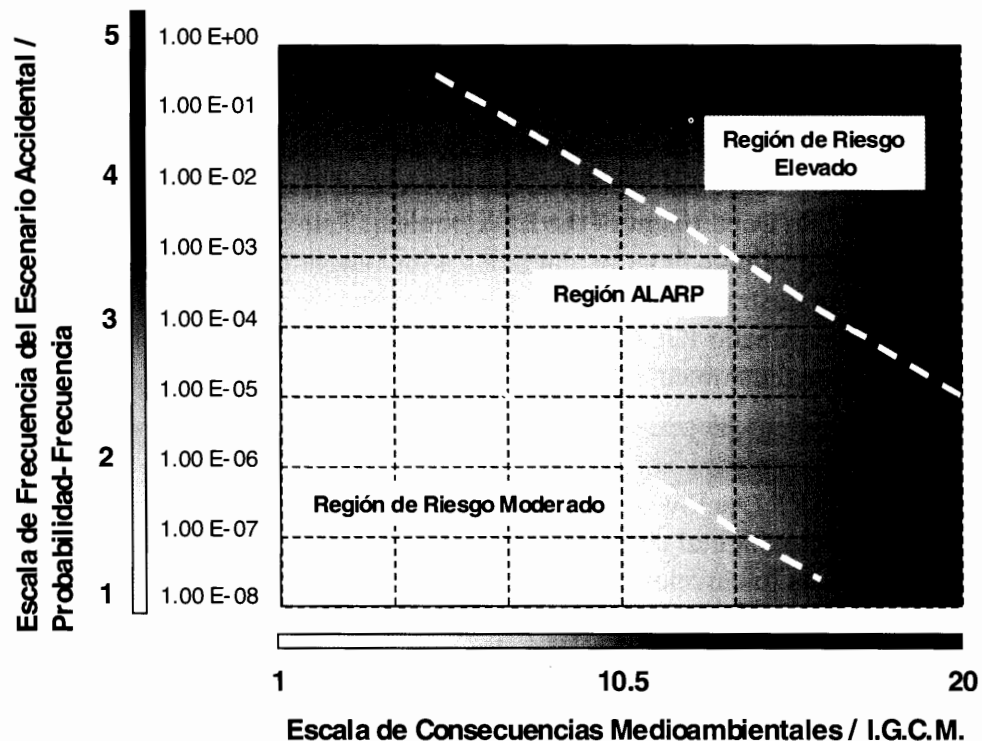
La evaluación del riesgo es un proceso posterior al propio análisis y que consiste en la toma de decisiones en el ámbito de la organización para los riesgos analizados.

Habitualmente este proceso es llevado a cabo por un comité en la empresa, como puede ser el de dirección, convenientemente asesorado en la materia.

El proceso de evaluación implica la posterior gestión y reducción del riesgo y está fundamentalmente condicionado por factores económicos, organizativos, técnicos y tecnológicos y de plazo, de forma que es habitual dentro de estos procesos de evaluación, que se aborde la reducción sólo de una serie de escenarios y no de la totalidad por las limitaciones anteriormente mencionadas. Si bien, deberán tenerse siempre en cuenta aquellos escenarios con un mayor nivel de riesgo asociado.

FIGURA 22

Evaluación y tolerabilidad del riesgo medioambiental⁴⁸



⁴⁸ Modificado de Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports. COMAH Competent Authority, 1999.

Capítulo 3

Definición de medios de protección necesarios en accidentes medioambientales y planes de emergencia exterior (PEE)

En este punto, la guía aborda dos aspectos fundamentales a la hora de articular los resultados obtenidos mediante la realización del análisis del riesgo medioambiental y los planes de emergencia exterior (PEE)⁴⁹.

Por un lado, las aportaciones y el conocimiento adquiridos a lo largo de la fase de análisis del riesgo medioambiental constituyen una importante herramienta en el diseño de los planes de emergencia exterior.

Por otro lado, en este punto se pone también de manifiesto la necesidad de contar con una serie de medios de protección necesarios para los supuestos de materialización de los escenarios accidentales obtenidos a través de la metodología propuesta en el punto 2. En estos casos, el análisis del riesgo medioambiental se presenta de gran utilidad en el dimensionamiento apropiado de este tipo de equipos o medios de protección necesarios para los establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999.

3.1 DEFINICIÓN DE MEDIOS DE PROTECCIÓN NECESARIOS EN ACCIDENTES MEDIOAMBIENTALES TIPO

Tras la definición de un escenario accidental, surge la necesidad de:

- Proceder al control de la/s sustancia/s implicadas antes de que entren en contacto con el medio receptor susceptible de ser afectado.
- Mitigar en la medida de lo posible la afección de éste mediante barreras.

En general, los medios o combinaciones de medios que se deberán utilizar estarán estrechamente relacionados, principalmente, con el estado y características de las sustancias implicadas en el accidente grave. La figura 23 muestra, a modo de resumen, una sencilla clasificación de medios de protección necesarios en función del tipo/estado de la sustancia/s involucradas.

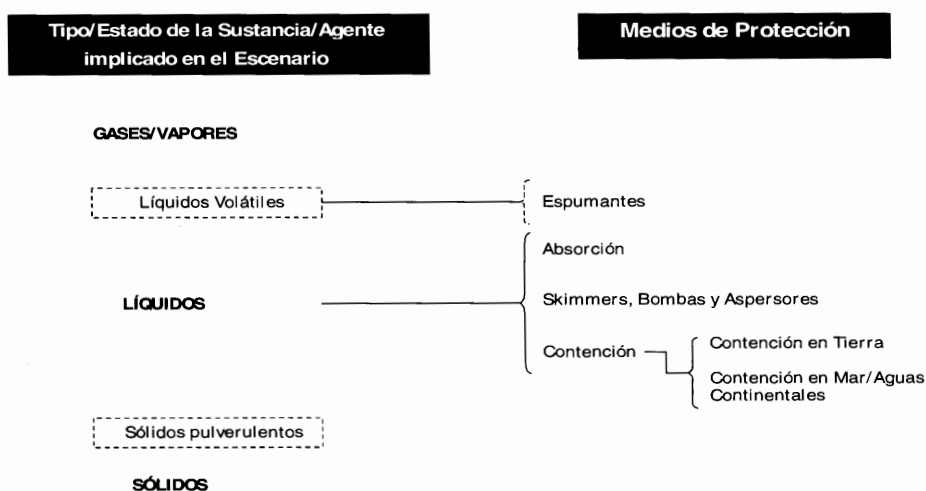
Sin embargo, la disponibilidad de este tipo de medios de protección según el estado físico que la/s sustancia/s puedan adoptar en un accidente no resulta homogénea. La mayor parte de ellos han sido desarrollados para el control de derrames de sustancias en estado

⁴⁹ Ver nueva Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.

líquido, mientras que son prácticamente inexistentes para sustancias en estado gaseoso o volátiles.

FIGURA 23

Esquema general de los medios de protección



En los casos en los que la sustancia involucrada se encuentra en estado sólido, la recolección y almacenamiento en recipientes adecuados constituye la alternativa más adecuada para su control.

A continuación se muestra una selección de medios de protección para líquidos y sólidos, respectivamente, existentes en el mercado.

MEDIOS DE PROTECCIÓN

ABSORCIÓN DE HIDROCARBUROS Y DERIVADOS



▣ **TUBULARES:** Indicados para formar una barrera de contención, evitando que el derrame se extienda (longitud: 1,2-3 m.). Pueden emplearse tanto en interiores como en exteriores y son resistentes a productos químicos agresivos (disolventes, ácidos, bases...). Blandos y flexibles, pueden rodear máquinas que gotean o colocarse en ángulos o esquinas, formando barreras de contención que impiden el avance del fluido y contribuye a su absorción (hasta 10 l de aceite por tubular).



Hay un tipo específico para fosas o diques de difícil acceso (& 2,5-30 cm. Absorben hasta 28 l de hidrocarburos en la superficie del agua) que incluye un formato para recuperar grandes volúmenes de fondos o decantadores.



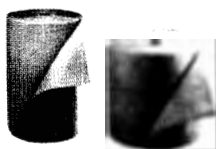
▣ **ALMOHADAS:** Absorben gran cantidad de líquido confinado en zonas tales como pozos, máquinas que gotean o en la proximidad de desagües. Pueden usarse en combinación con los tubulares, para recoger el líquido cercado por éstos. Al tener mayor superficie de absorción que los tubulares absorben más rápidamente el líquido derramado.



▣ **ALFOMBRILLAS:** Absorben todo tipo de líquidos. Son muy resistentes (hasta al paso de vehículos o carretillas) y algunas impermeables en su reverso, por lo que resultan muy útiles en áreas de mantenimiento y vías de circulación. Permiten recoger salpicaduras o pequeños derrames alrededor de maquinaria, tuberías, válvulas o bidones manteniendo limpia y segura la zona. Existen precortadas (diferentes dimensiones) y enrolladas (15-92 m de longitud).



▣ **ALFOMBRILLAS ESPECIALES:** Existe un tipo específico para descontaminación de superficies y protección de riberas, reforzado en los extremos y toda su longitud por una resistente cuerda.



▣ **ROLLOS:** Adecuados para cubrir grandes superficies o para recubrir grandes vertidos. Permiten ser cortados a medida.



▣ **PARTICULADO ABSORBENTE:** para aplicar en lugares de difícil acceso o emparar derrames por roturas de recipientes. Se encuentran en envases de distintos pesos.



▣ **GRÁNULOS SOLIDIFICANTES:** Retienen los hidrocarburos y sus derivados, procedentes de vertidos contaminantes. Al solidificarse de forma selectiva, hacen la función de barrera de contención. El producto resultante flota en la superficie del agua aunque esté saturado, disponible para su recuperación.

MEDIOS DE PROTECCIÓN

ABSORCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS



▣ **TUBULARES:** Se trata de barreras eficaces para evitar que se extiendan los vertidos químicos (ácidos, bases, disolventes, compuestos aromáticos,...) sobre el suelo. Miden de 1,5-3 m. La absorción de los tubulares varía en función de su contenido, pudiendo ser de: microfibra pura, fibra artificial y carga mineral o vegetal.



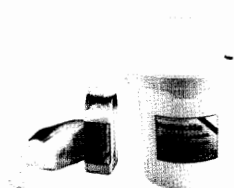
▣ **ALMOHADAS O COJINES:** Composición: polipropileno. Resistentes hasta a los productos más abrasivos. Absorben los derrames con gran rapidez. Son muy prácticas ya que se pueden recoger con facilidad incluso saturados.



▣ **ALFOMBRIILLAS:** Poseen las siguientes propiedades: excelente resistencia mecánica, gran poder de absorción y resistencia a la abrasión. Al presentarse precortadas permiten adaptar la cantidad de absorbente a la extensión del vertido. Aplicación: zonas de riesgo, laboratorios, etc.



▣ **ROLLOS:** Se utilizan para vertidos voluminosos o sobre grandes superficies (miden hasta 48 m). Su composición es también de polipropileno.



▣ **NEUTRALIZADORES/GELIFICANTES:** Absorben y solidifican el vertido instantáneamente, ya sean ácidos, bases o fluidos biológicos. Presentación: en envases de distinta capacidad.

Fotografías:
www.haleco.com

Todos los productos absorbentes, tanto para hidrocarburos como para productos químicos, son incinerables y generan una pequeñísima cantidad de ceniza (0,02 por 100).

MEDIOS DE PROTECCIÓN

KITS DE ABSORCIÓN

SPILL KITS (KITS DE INTERVENCIÓN)

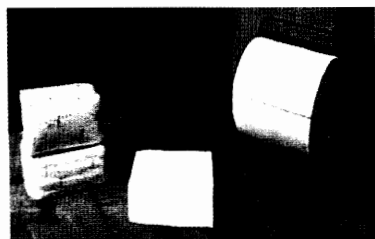
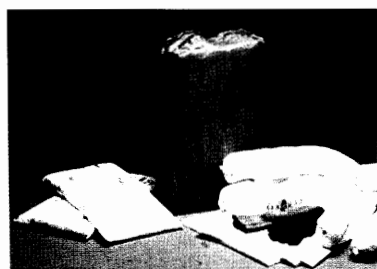
Constituyen equipos de fácil y rápida manipulación que contienen varios formatos de absorbentes para ser colocados en las zonas donde exista peligro de derrame.



Fácilmente transportables hasta el lugar del derrame.

Existe una gran gama de modelos en el mercado que se ajustan a las necesidades de cada industrial, presentándose en forma de bolsas de intervención rápida, contenedores rígidos o plegables, maletines, carritos, bidones... Hay kits para hidrocarburos, para productos químicos y también para vertidos de todo tipo o indeterminados.

Estos equipos tienen una capacidad de absorción que va desde los 10-20 l de maletines y bolsas, hasta los más de 800 l que pueden recogerse mediante los contenedores de intervención.

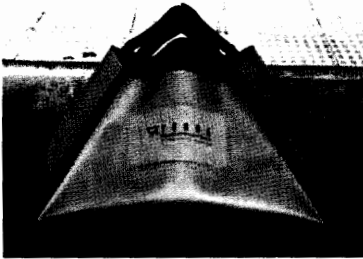


Fotografías:
www.markleen.com

Fotografías: www.haleco.com

MEDIOS DE PROTECCIÓN CONTENCIÓN EN TIERRA

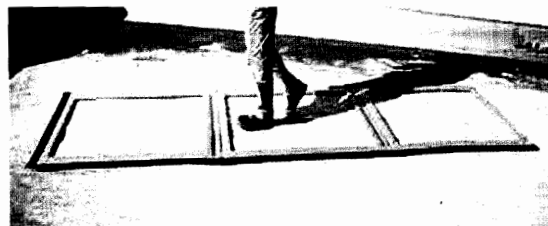
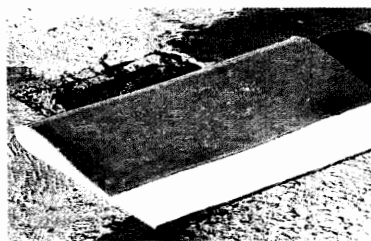
SISTEMAS DE CONTENCIÓN TEMPORALES PARA ALCANTARILLAS



▣ **Pirámide bloque de alcantarillas:** se coloca sobre una alcantarilla o imbornal, impidiendo que un líquido derramado vaya al sistema de alcantarillado. La estanqueidad que proporciona varía según las irregularidades del suelo. El producto está indicado para intervenir ante un derrame, no para uso permanente como tapa de alcantarilla. ▣



▣ **Bloque de alcantarillas:** placa rectangular de material elástico con gran capacidad de adaptación a cualquier superficie y, por tanto, de sellado. ▣



Fotografías: www.markleen.com

MEDIOS DE PROTECCIÓN CONTENCIÓN EN TIERRA



DEPÓSITOS PARA ALMACENAJE de hidrocarburos o líquidos contaminantes, especialmente indicados para intervención en situaciones de emergencia.

Tipos:

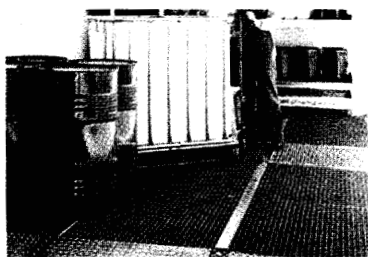
▣ **Plegables con estructura:** se suministran listos para ser montados en pocos minutos por una sola persona, sin herramientas ni entrenamiento previo.



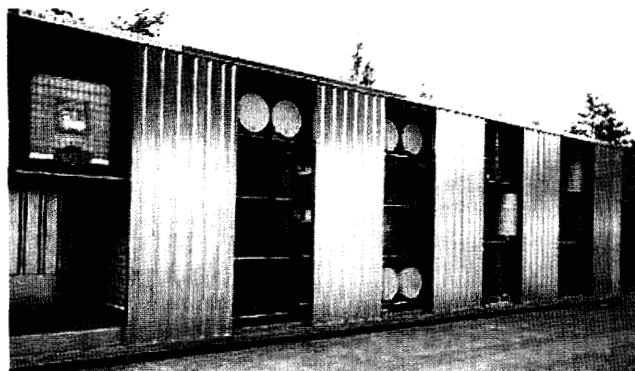
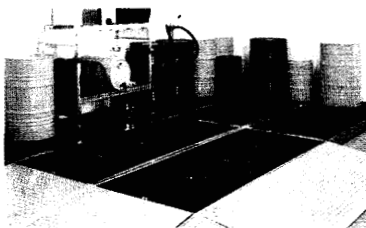
▣ **Plegables apilables:** se utilizan en el ámbito industrial para el almacenaje y transporte de líquidos y compuestos químicos de diferentes viscosidades.



▣ **Autoportantes:** tanques plegables autoportantes utilizados para el almacenamiento de hidrocarburos, agua potable y otros líquidos.



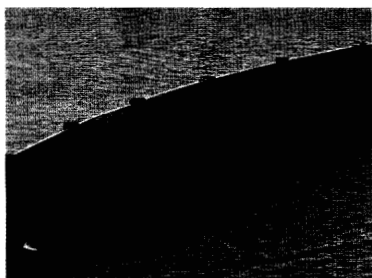
▣ **BANDEJAS DE CONTENCIÓN:** Indicadas para colocarlas bajo máquinas que gotean, zonas de almacenaje y manejo de líquidos, donde siempre existe la posibilidad de que se produzcan fugas o derrames. De montaje fácil y rápido, pueden soportar hasta 6500 kg/m² o 600 kg. de peso puntual.▣



Fotografías: www.markleen.com

MEDIOS DE PROTECCIÓN

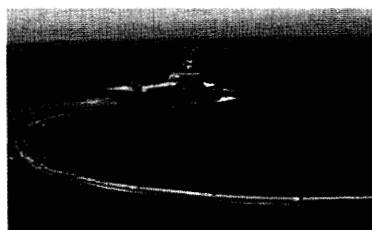
CONTENCIÓN EN MAR/ AGUAS CONTINENTALES



BARRERAS DE CONTENCIÓN de hidrocarburos o líquidos contaminantes para su uso en puertos, canales, aguas tranquilas o alta mar. Permiten contener derrames sobre la superficie del agua, constituyendo la primera medida de actuación para evitar la extensión de la mancha contaminante. Existen diferentes tipos:

▣ De **flotadores planos o cilíndricos**, indicadas para su uso en puertos o aguas tranquilas. Están listas para su despliegue inmediato sin necesidad de hinchado, desplegándose 250 m en menos de 5 minutos. Barreras robustas, ligeras y compactas.

▣ De **flotadores hinchables**, indicadas para costas expuestas y mar abierto. Diseñadas para respuestas rápidas y seguras con requerimientos mínimos de personal. Excelente flotabilidad y adaptación a las olas.



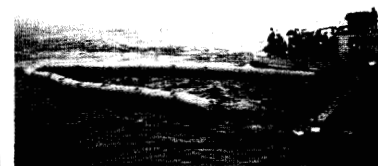
▣ **Permanentes**, indicadas para uso permanente en aguas expuestas. El diseño de los flotadores da una alta relación volumen/peso y una excelente estabilidad, garantizando una respuesta flexible y dinámica ante el oleaje. Pueden ir estibadas en carretes de accionamiento hidráulico para su despliegue, mientras que otras van plegadas en zig-zag en contenedores.



▣ **Selladoras**, indicadas para zonas de interfase entre agua y tierra. Están compuestas por tres compartimentos separados, uno superior que funciona de cámara de flotación y dos inferiores que se llenan de agua y actúan de lastre.



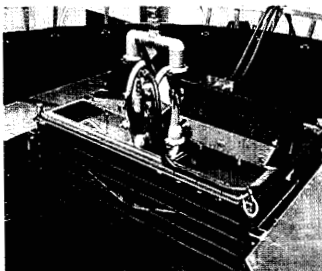
▣ **Sumergibles**, para zonas sometidas al tránsito de embarcaciones (dársenas, atraques, canales, etc.), donde se requiera el inmediato sellado de una zona contaminada y su rápida apertura (2 y 3 minutos respectivamente, según el sistema) para permitir el paso de dichas embarcaciones, pudiendo ser accionado por una sola persona.



▣ **SISTEMAS DE BARRIDO**: permiten recuperar los hidrocarburos aprovechando las fuerzas hidrodinámicas del agua al concentrar el derrame en una zona. Así, se duplica casi la eficacia de los skimmers.

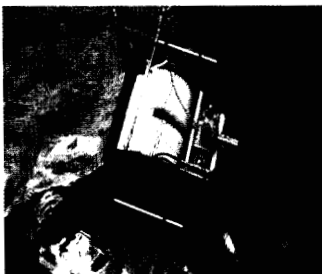
MEDIOS DE PROTECCIÓN

SKIMMERS, BOMBAS Y ASPIRADORES



SKIMMERS: equipos de alta capacidad de recuperación para hidrocarburos y grasas que contaminan aguas de procesos industriales, puertos o costas.

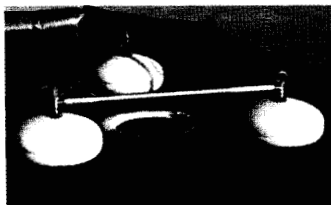
□Skimmers de tambor: permiten recoger desde hidrocarburos ligeros hasta fuel de viscosidades medias. De fácil instalación y manejo, resultan de gran utilidad en el ámbito industrial. Tienen un peso de 25-100 kg. Su mínimo calado les permite trabajar en aguas poco profundas.



□Skimmers de cepillos: poseen un sistema de cepillos rotatorios que logra mayor eficacia que otros sistemas al recoger los hidrocarburos, dada su mayor superficie de adherencia. Indicados para hidrocarburos de viscosidad media y alta. Similares características de peso y calado que el sistema anterior.



□Skimmers de discos: pueden recuperar todo tipo de hidrocarburos, incluso en presencia de sólidos. Trabajan mediante un sistema de discos giratorios de alta eficiencia. Su peso oscila entre 100 y 300 kg.



□Skimmers de rebosadero: permiten recuperar desde capas finas hasta capas gruesas variando la succión de la bomba. Hay modelos para aguas poco profundas y otros para alta mar, de forma que su peso aumenta con el calado máximo.



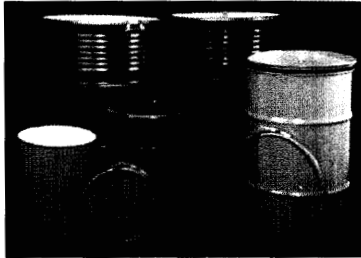
□**BOMBAS DE DESCARGA:** Diseñadas para la descarga o trasvase de productos de alta viscosidad al purgar tanques subterráneos, drenar cisternas, trampas de grasa, etc. Son portátiles y fáciles de utilizar. Su capacidad de descarga (30-140 m³/h) aumenta con el tamaño de la bomba (35-120 kg de peso).



□**ASPIRADOR:** Destinados a la retirada de sustancias líquidas derramadas.

MEDIOS DE PROTECCIÓN

ALMACENAJE Y TRANSPORTE



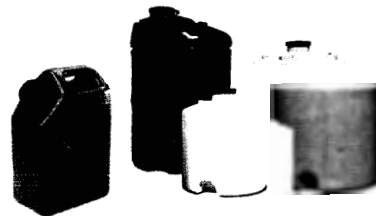
BIDONES METÁLICOS DE APERTURA TOTAL: aptos para el envasado de productos sólidos, semisólidos o pulverulentos. Homologados para el transporte de mercancías peligrosas. Reciclados, se fabrican con chapa de acero laminado en origen. Tapas desmontables con diversos tipos de cierres. Fijación de la tapa: palanca, ballesta o tornillo, todas con junta de estanqueidad. Acabado interior: con chapa (neutro) o recubierto con Epoxi. Capacidad: 200 l. Altura exterior: +/- 900 mm.



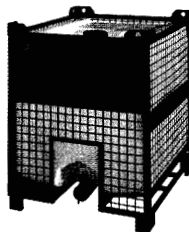
BIDONES METÁLICOS DE DOS BOCAS: aptos para productos líquidos. Homologados para el transporte de mercancías peligrosas. Similares características a los anteriores en cuanto a composición y altura, pero con tapas de dos cierres (precintables). Capacidad: 30-230 l.



ENVASES PLÁSTICOS: fabricados en polietileno de alta densidad y peso molecular que les confiere alta resistencia química y mecánica frente a la mayor parte de productos químicos. Distintos tipos de tapas y cierres. Capacidad: 15-200 l.



Los contenedores de 1.000 l están recubiertos por una jaula de acero galvanizado y llevan una tapa roscada. Van montados sobre palets de madera o acero galvanizado.



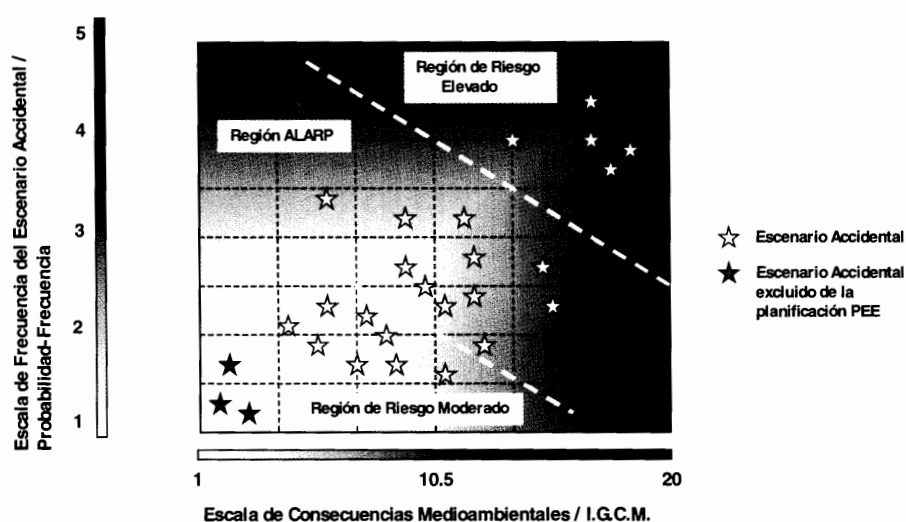
3.2 PLANES DE EMERGENCIA EXTERIOR (PEE)

La integración de los resultados obtenidos a través de la metodología para el análisis del riesgo medioambiental propuesta en el punto 2.6 de la presente guía, constituye una herramienta de gestión a la hora de encarar la planificación de emergencias derivadas de un hipotético escenario accidental.

Mediante la identificación de los valores o índices de riesgo medioambiental y su posterior evaluación, en función del IGCM y la probabilidad/frecuencia, el responsable del diseño del PEE cuenta con una radiografía de la situación del establecimiento, así como con los resultados de una herramienta (análisis del riesgo medioambiental), que le permitirá optimizar la asignación de recursos (humanos y materiales) hacia determinados escenarios accidentales, en función de sus consecuencias o frecuencia/probabilidad.

FIGURA 24

Ejemplo de distribución de escenarios accidentales sobre la matriz de riesgo



En este sentido, y según el apartado 7.3.3 de la nueva Directriz básica, el análisis del riesgo medioambiental también puede facilitar la labor de la autoridad competente a la hora de descartar de la planificación aquellos escenarios accidentales que, por presentar una frecuencia/probabilidad de ocurrencia o unas consecuencias medioambientales extremadamente bajas, se considere muy improbable su materialización, justificándolo convenientemente.

Como ha sido mencionado en el apartado 2.8, las distintas áreas o regiones de riesgo medioambiental en las que un determinado valor o índice de riesgo podría estar situado son:

Región de riesgo elevado. En esta área deben ser implantadas medidas de reducción del riesgo, independientemente del coste asociado.

Región ALARP (As low as reasonably practicable- Tan bajo como sea factible). El riesgo medioambiental delimitado por esta región, pese a ser tolerable, debería ser reducido hasta los niveles más bajos que sea factible, sin incurrir en costes desproporcionados.

El riesgo sería únicamente tolerable si reducciones mayores de su nivel fuesen impracticables, o tan sólo se alcanzasen mediante un excesivo coste, esfuerzo o tiempo.

Región de riesgo moderado. El nivel de riesgo de esta área no es significativo y es probable que se incurra en excesivos costes si se toman medidas para alcanzar una mayor reducción.



Aplicación Informática CIRMA

El CD que se adjunta a esta guía contiene la aplicación informática CIRMA y su manual de usuario (archivo MU) en el que se describen las especificaciones funcionales de la aplicación, fundamentalmente para el cálculo del IGCM de un establecimiento afectado por el Real Decreto 1254/1999 (SEVESO II).

CIRMA gestiona el Cálculo del Índice de Riesgo Medioambiental de los escenarios accidentales que se definan para un establecimiento, en base a los índices globales de consecuencias medioambientales obtenidos y a sus probabilidades/frecuencias.

La aplicación informática consiste en una herramienta MsAccess 97, que puede ser utilizada en cualquier PC que tenga instalado MS Office. Es necesario disponer del programa Acrobat Reader incluido en el CD.



Caso práctico

El presente apartado constituye la aplicación práctica de la metodología de análisis del riesgo medioambiental desarrollada en puntos anteriores.

A través de un caso práctico, se procederá a la aplicación del conjunto de los criterios expuestos a lo largo de la guía, de cara a la obtención del valor o índice de riesgo medioambiental en función del índice global de consecuencias medioambientales (IGCM) y su probabilidad/frecuencia.

DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL

Se ha realizado una selección de aquellos accidentes cuyos efectos y consecuencias resultan representativos dentro de los identificados para las instalaciones y unidades de un establecimiento dedicado a la síntesis química.

El escenario accidental escogido es el siguiente (véase tabla 1):

Rotura o fuga del tanque cilíndrico vertical C-O64 de acroleína perteneciente al área de almacenamiento oeste del establecimiento y derrame que alcanza el cauce fluvial cercano.

La sustancia involucrada en este escenario es la acroleína (aldehído acrílico). Se trata de un líquido incoloro muy tóxico utilizado en la síntesis química que en este caso se encuentra almacenado en un tanque cilíndrico vertical de 100 m³ de capacidad y con un grado de llenado del 80 por 100.

TABLA 1
Características del escenario accidental

Características del escenario accidental	
Modelo	Escape de líquidos
Sustancia involucrada	Acroleína
Tipo	Tanque cilíndrico vertical
Tipo de fuga	Escape a través de orificio en tanque
Volumen del tanque	100 m ³
Longitud del cilindro	10 m
Grado de llenado	80%
Sobrepresión sobre el líquido	0 bar
Diámetro del orificio	100 mm
Altura del orificio de fuga con referencia a la base del tanque	0 m
Temperatura inicial	15 °C
Coeficiente de descarga	0,62
Tiempo t tras el comienzo de la fuga	120 s

Tras la introducción de los datos anteriores en el módulo de cálculo para fugas líquidas de un modelo reconocido en el campo de simulación de accidentes, las condiciones de partida del escenario son las siguientes (véase tabla 2):

TABLA 2
Condiciones de partida del escenario accidental

Resultados	
Tasa de flujo másico en tiempo t	49,08 kg/s
Masa total fugada en tiempo t	6.157,3 kg
Grado de llenado en tiempo t	73 %
Altura del líquido en tiempo t	7,27 m
Masa total fugada	66.169 kg

A continuación se presentan los resultados de la simulación:

Project: Standard project

----- START OF SESSION 1 MODEL 1 (SCENARIO CALCULATION)-----

INPUT

Model : Liquid release from vessel or pipe (131)
 Case description : Caso Práctico-Fuga Tanque
 Chemical name : Acrolein
 Type of release : Release through hole in vessel
 Vessel volume : 100 m³
 Vessel type : Vertical cylinder
 Length cylinder : 10 m
 Filling degree : 80 %
 Overpressure above liquid : 0 Bar
 Hole diameter : 100 mm
 Height leak above tank bottom : 0 m
 Initial temperature : 15 °C
 Discharge coefficient : 0.62 -
 Time t after start release : 120 s

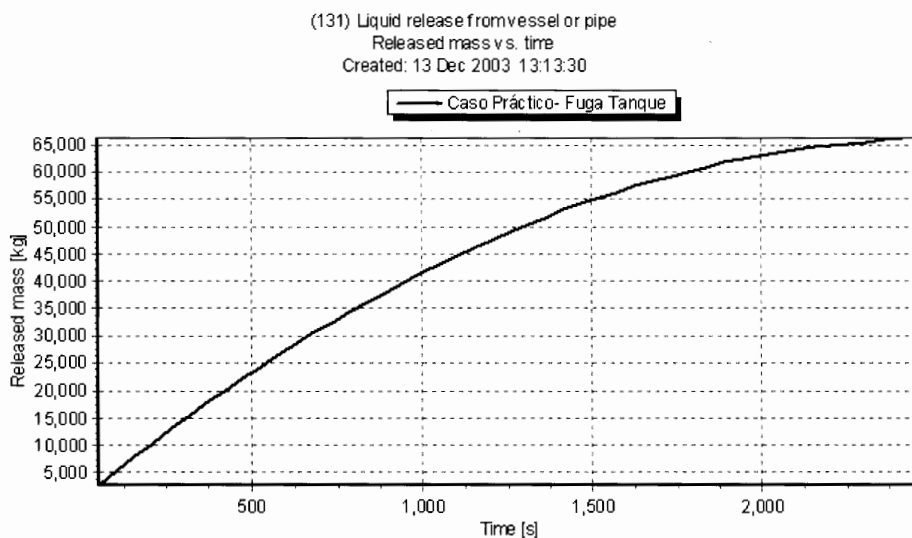
RESULTS

Mass flow rate at time t : 49.08 kg/s
 Total mass released at time t : 6157.3 kg
 Filling degree at time t : 73 %
 Height of liquid at time t : 7.27 m
 Total mass released : 66169 kg

----- END OF SESSION 1 MODEL 1 (SCENARIO CALCULATION)-----

FIGURA 1

Masa fugada (kg) en función del tiempo (s)

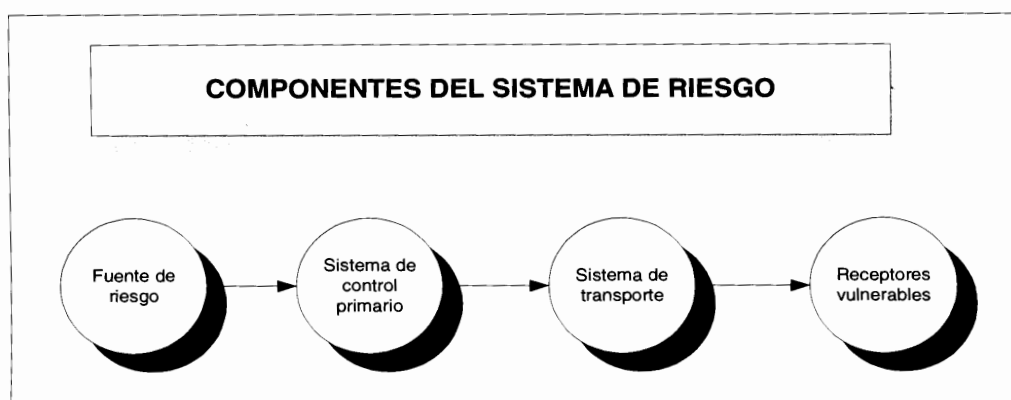


APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Tras la descripción del escenario accidental objeto de estudio, se procede a la aplicación práctica de la metodología siguiendo cada uno de los cuatro componentes del sistema de riesgo.

FIGURA 2

Componentes del sistema de riesgo



FUENTES DE RIESGO

El primero de estos elementos lo constituyen las denominadas fuentes de riesgo involucradas en el escenario accidental.

En este caso, como ha sido descrito anteriormente, la sustancia química involucrada es la acroleína (núm. CAS 107-02-8).

Se ha realizado una recopilación de información acerca de la sustancia a través de diferentes fuentes de información:

- Fichas internacionales de seguridad química. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Base de datos del programa EFFECTS de TNO.
- Fichas de intervención ante accidentes con materias peligrosas. Dirección de atención de emergencias del Departamento de Interior del Gobierno Vasco, 1997.
- **EPI suite** (<http://www.epa.gov/oppt/exposure/docs/episuitedl.htm>). Aplicación informática perteneciente a la agencia de protección medioambiental norteamericana capaz de facilitar parámetros físicos, químicos, etc. de la sustancia a partir de su número CAS.
- **SERIDA** - Safety Environmental Risk Database (<http://arch.rivm.nl/serida>). Aplicación informática desarrollada por Haskoning Consulting engineers and architects para el Ministerio de Vivienda, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Holanda y el Instituto Nacional de salud pública y medio ambiente de aquel país.

Se concluye que,

- La acroleína (aldehído acrílico) no se encuentra entre las sustancias incluidas en la parte 1 del anexo I del Real Decreto 1254/1999.
- La acroleína no se encuentra clasificada como sustancia peligrosa para el medio ambiente.

Además, en la búsqueda de información se han obtenido una serie de parámetros (véase tabla 3) que son necesarios para la obtención de las puntuaciones de este componente del sistema de riesgo:

TABLA 3
Parámetros de la sustancia química

Sustancia	Acroleína
Número CAS	000107-02-8
Fórmula molecular	C3 H4 O1
Peso Molecular	56,06
Adsorción (log Kow)	-0.01 (EPI suite)
Volatilidad (log H)	-3,913640 (EPI suite)
Bioconcentración (log BCF)	0,5 (EPI suite)
Biodegradación (BD)	3,9635 -días- (EPI suite)
Toxicidad	Muy tóxico

Aplicando los criterios (véase tabla 4) utilizados para cada uno de los aspectos de toxicidad aguda, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación, se sigue:

TABLA 4
Criterios utilizados para cada uno de los aspectos
Toxicidad aguda, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación

Toxicidad Aguda (LC ₅₀ ó EC ₅₀)	Puntos	Volatilidad (log H) H- constante de Henry (atm m ³ / mol)	Puntos
LC ₅₀ ó EC ₅₀ < 1 mg/l	10	Log H < -3	5
1-6 mg/l	8	-3 ≤ log H < -1	4
6-30 mg/l	6	-1 ≤ log H < 1	3
30-200 mg/l	4	1 ≤ log H < 2	2
200-1000 mg/l	2	Log H ≥ 3	1
LC ₅₀ ó EC ₅₀ > 1000 mg/l	1		
Bioconcentración (log BCF) BCF-factor de bioconcentración	Puntos	Adsorción (log Kow) Kow- coeficiente de reparto octanol-agua	Puntos
Log BCF > 2	2	Log Kow > 2	2
1 < Log BCF ≤ 2	1	1 < Log Kow ≤ 2	1
Log BCF ≤ 1	0	Log Kow ≤ 1	0

Biodegradación (BD)	Puntos
BD < 2 (meses ó periodos de tiempo mayores)	2
2 ≤ BD < 2.5 (meses/semanas)	1,5
2.5 ≤ BD < 3.5 (semanas/días)	1
3.5 ≤ BD < 4.5 (días/horas)	0,5
BD ≥ 4.5 (horas)	0

Toxicidad (a)	Puntos
Muy Tóxico	10
Tóxico	6
Nocivo	3
Irritante, Corrosivo	1

Con lo que la puntuación parcial de fuentes de riesgo-sustancias resulta (véase tabla 5):

TABLA 5

Puntuación parcial de fuentes de riesgo-sustancias

Propiedad	Puntos
Adsorción (log Kow)	0
Volatilidad (log H)	5
Bioconcentración (log BCF)	0
Biodegradación (BD)	0,5
Toxicidad	10
Puntuación fuentes de riesgo – sustancia (2-21)	15,5

En este caso no existe mezcla de sustancias y no se han constatado efectos sinérgicos, con lo cual la puntuación de fuentes de riesgo-sustancias obtenida y transformada es de 4,55 puntos.

En las siguientes figuras se puede observar, a título de ejemplo, la información de referencia utilizada.

FIGURA 3

Fichas de intervención ante accidentes con materias peligrosas (Gobierno vasco, 1997)

663		ACROLEINA	
1092	Nº de ficha: 66	Nº CAS: 107-02-8	Fórmula: C3H4O
Sinónimos y marcas comerciales: Propenal 2-propenal Aldehído acrílico Acrilaldehído Alilo aldehído Aldehído de etileno Aqualin NSC 8819 Prop-2-en-1-ona Alimcida Biocida Trans-acroleina Acquitina Croelano Magnicida H Acrolein Acroleine		Características importantes: LIQUIDO INCOLORO con olor FUERTE, DESAGRADABLE. MUY TOXICO por inhalacion, ingestion y contacto. PRODUCTO MUY PELIGROSO PARA LA SALUD. INFLAMABLE. PRODUCTO ESTABILIZADO. MUY VOLATIL. VAPOR MAS PESADO QUE EL AIRE. EL FUEGO puede INICIARSE a cierta DISTANCIA de la FUGA. BASTANTE SOLUBLE en AGUA. FLOTA. POLIMERIZA por exposicion a la luz, bases, acidos fuertes y temperaturas altas. RIESGO DE EXPLOSION. INCOMPATIBLE con bases, zinc y cadmio. EVITAR exposicion a la luz, chispas, llamas, calor y otras fuentes de ignicion. ATACA a plasticos. Se utiliza en sintesis quimica, como herbicida y como agente antibacteriano. Transporte en estado liquido.	
Estado físico: Líquido		Reacción con el agua: No reacciona	
Toxicidad:		Combustión:	
Corrosividad: Nula		Sin importancia	
Inflamabilidad:		Aumento de la temperatura:	
Umbral de olor: 1,8 ppm IPVS: 2 ppm 3,66 mg/m3 Conversión: ppm x 1,83 -> mg/m3			
Límite inferior-superior de inflamabilidad: 2,8 - 31 % vol.		Mínima energía de ignición: 0,13 mJ	
Temperatura de inflamación: -26 °C		Temperatura de autoignición: 220 °C	
Calor de combustión: -6950 kcal/kg		Velocidad de combustión: 3,8 mm/min	
Densidad relativa del líquido (agua=1): 0,8389		Solubilidad en el agua: 20,6 g/100g Bastante soluble	
Densidad relativa del gas (aire=1): 1,9		Solubilidad en otros productos:	
Densidad relativa de la mezcla saturada (aire=1): 1,27		Alcohol, dietil éter, éter de petróleo, acetona.	
Presión de vapor: 214 mmHg Muy volátil		Detección:	
Punto de fusión: -88 °C		Detección en aire por tubos colorimétricos.	
Punto de ebullición: 52,5 °C Peso molecular: 44,06 g/mol		Material necesario: tubo colorimétrico y bomba. Tubo colorimétrico para dimetil sulfuro.	
Conductividad eléctrica: 1,2E+08 pS/m		Rangos de medida a 20° C y 1 atm/ número de emboladas/ tiempo de medida (minutos)	
Otras propiedades:		De 1 a 15 ppm/20/15	
Comentarios:		Factor de conversión a 25° C Presión de vapor a 20° C	

FIGURA 3 (CONT.)

Fichas de intervención ante accidentes con materias peligrosas (Gobierno vasco, 1997)



663 1092	ACROLEINA	Ayuda Imprimir										
Nº de ficha: 66	Nº CAS: 107-02-8	Fórmula: C3H4O										
 nº 3 Líquidos inflamables	 nº 6.1 Tóxicas											
Almacenamiento y transporte:	Estado físico del transporte: líquido. INHIBIDOR: 1% de hidroquinona.											
Clasificación ADR:	Almacenar en áreas frías, secas, bien ventiladas, alejadas de la radiación solar y de fuentes de calor e ignición. Almacenar alejado de agentes oxidantes, bases y otras materias incompatibles. Almacenar en recipientes irrompibles de materiales compatibles. Cerrar los contenedores herméticamente. TRASVASE Emplear contenedores y equipos adecuados para líquidos inflamables (bomba de acero inoxidable y conducciones de EPR). Para evitar descargas eléctricas, contenedores y conducciones se conectarán entre sí y a tierra.											
6.1.8.a												
Frases R(riesgos):	<table border="1"> <tr><td>R11</td><td>Fácilmente inflamable.</td></tr> <tr><td>R25</td><td>Tóxico por ingestión.</td></tr> <tr><td>R26</td><td>Muy tóxico por inhalación.</td></tr> <tr><td>R34</td><td>Provoca quemaduras.</td></tr> </table>		R11	Fácilmente inflamable.	R25	Tóxico por ingestión.	R26	Muy tóxico por inhalación.	R34	Provoca quemaduras.		
R11	Fácilmente inflamable.											
R25	Tóxico por ingestión.											
R26	Muy tóxico por inhalación.											
R34	Provoca quemaduras.											
Frases S(consejos):	<table border="1"> <tr><td>S1/2</td><td>Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.</td></tr> <tr><td>S3/9/14</td><td>Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)</td></tr> <tr><td>S26</td><td>En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.</td></tr> <tr><td>S36/37</td><td>Usen indumentaria y guantes de protección adecuados.</td></tr> <tr><td>S36/39</td><td>Usen indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara.</td></tr> </table>		S1/2	Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.	S3/9/14	Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)	S26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.	S36/37	Usen indumentaria y guantes de protección adecuados.	S36/39	Usen indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara.
S1/2	Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.											
S3/9/14	Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)											
S26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.											
S36/37	Usen indumentaria y guantes de protección adecuados.											
S36/39	Usen indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara.											

FIGURA 4

EPI Suite (Agencia de protección americana, US EPA)

EPI v3.11

File Edit Functions BatchMode ShowStructure Output Fugacity Other Help

PhysProp Previous Get User Save User CAS Input **CALCULATE**


Enter SMILES:
 000107-02-8

Enter NAME:

Henry LC (atm-m3/mole): Wat Sol (mg/L): MP:

Vap Pr (mm Hg): BP:

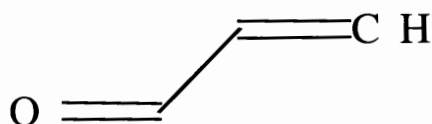
Water Depth (meters):	River: <input type="text" value="1"/>	Lake: <input type="text" value="1"/>	Log Kow :	<input type="text"/>	Output <input checked="" type="checkbox"/> Summary <input type="checkbox"/> Full
Wind Velocity (m/sec):	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0.5"/>	Bio P (hr):	<input type="text" value="10000.0"/>	
Current Velocity(m/sec):	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.05"/>	Bio A (hr):	<input type="text" value="10000.0"/>	
			Bio S (hr):	<input type="text" value="10000.0"/>	



The EPI (Estimation Programs Interface) Suite™ was developed by the EPA's Office of Pollution Prevention Toxics and Syracuse Research Corporation (SRC). Important information on the application of the individual models contained within the EPI Suite™ is included in the EPI Suite™ User's Guide.
 © 2000 U.S. Environmental Protection Agency

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el programa EPI Suite v.3.10 para la sustancia química acroleína:

SMILES : O=CC=C
 CHEM : 2-Propenal
 CAS NU : 000107-02-8
 MOL FOR : C3 H4 O1
 MOL WT : 56.06



MolWt: 56.06 C3 H4 O1
 000107-02-8 2-Propenal

----- EPI SUMMARY (v3.11) -----

Physical Property Inputs:

Water Solubility (mg/L) :
 Vapor Pressure (mm Hg) :
 Henry LC (atm-m³/mole):
 Log Kow (octanol-water):
 Boiling Point (deg C) :
 Melting Point (deg C) :

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

Log Kow (KOWWIN v1.67 estimate) = 0.19
Log Kow (Exper. database match) = -0.01
 Exper. Ref: Hansch,C et al. (1995)

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPWIN v1.41):

Boiling Pt (deg C) : 57.87 (Adapted Stein & Brown method)
 Melting Pt (deg C) : -94.61 (Mean or Weighted MP)
 VP(mm Hg,25 deg C): 264 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
 MP (exp database) : -87.7 deg C
 BP (exp database) : 52.6 deg C
 VP (exp database) : 2.74E+02 mm Hg at 25 deg C

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.41):

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 1.397e+005
 log Kow used: -0.01 (expkow database)
 no-melting pt equation used
 Water Sol (Exper. database match) = 2.12e+005 mg/L (25 deg C)
 Exper. Ref: SEIDELL,A (1941)

Water Sol Estimate from Fragments:

Wat Sol (v1.01 est) = 1.8227e+005 mg/L
 Wat Sol (Exper. database match) = 212000.00
 Exper. Ref: SEIDELL,A (1941)

ECOSAR Class Program (ECOSAR v0.99g):

Class(es) found:
 Aldehydes

Henry's Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.10]:

Bond Method : 3.58E-005 atm-m3/mole

Group Method : 1.94E-005 atm-m3/mole

Exper Database : 1.22E-04 atm-m3/mole

Henry's LC [VP/WSol estimate using EPI values]: 1.394E-004 atm-m3/mole

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.01):

Linear Model : 1.0055

Non-Linear Model : 0.9999

Expert Survey Biodegradation Results:

Ultimate Survey Model: 3.0976 (weeks)

Primary Survey Model : 3.9635 (days)

Readily Biodegradable Probability (MITI Model):

Linear Model : 0.9753

Non-Linear Model : 0.9767

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.91]:

Hydroxyl Radicals Reaction:

OVERALL OH Rate Constant = 25.8200 E-12 cm3/molecule-sec

Half-Life = 0.414 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm3)

Half-Life = 4.971 Hrs

Ozone Reaction:

OVERALL Ozone Rate Constant = 0.028000 E-17 cm3/molecule-sec

Half-Life = 40.929 Days (at 7E11 mol/cm3)

Soil Adsorption Coefficient (PCKOCWIN v1.66):

Koc : 2.763

Log Koc: 0.441

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v1.67]:

Rate constants can NOT be estimated for this structure!

BCF Estimate from Log Kow (BCFWIN v2.15):

Log BCF = 0.500 (BCF = 3.162)

log Kow used: -0.01 (expkow database)

Volatilization from Water:

Henry LC: 0.000122 atm-m3/mole (Henry experimental database)

Half-Life from Model River: 4.357 hours

Half-Life from Model Lake : 110.3 hours (4.596 days)

Removal In Wastewater Treatment (recommended maximum 99%):

Total removal: 7.57 percent

Total biodegradation: 0.09 percent

Total sludge adsorption: 1.67 percent

Total to Air: 5.81 percent

Level III Fugacity Model:

	Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air	4.52	12.7	1000
Water	55.9	360	1000
Soil	39.4	360	1000
Sediment	0.094	1.44e+003	0
Persistence Time: 188 hr			

SISTEMAS DE CONTROL PRIMARIO

De la cantidad de sustancia química involucrada en el escenario accidental, los sistemas de control primario existentes, han sido capaces de retener aproximadamente un 10 por 100 de la *masa total fugada* (66.169 kg).

Los sistemas de control primario en este caso estaban formados por el cubeto de retención del tanque cilíndrico y una serie de drenajes que han sido capaces de retener aproximadamente 6.600 kg de acroleína.

De este modo, la cantidad efectiva implicada en el escenario accidental de la fuga es 59,552 Tm.

TABLA 6

Criterios utilizados para la cantidad efectiva involucrada

Cantidad involucrada en el accidente (Tm)	Puntos
> 500	10
50-500	7
5-49	5
0,5-4,9	3
< 0,5	1

Aplicando los criterios (véase tabla 6) establecidos en la metodología, la puntuación correspondiente es (véase tabla 7):

TABLA 7

Puntuación parcial fuentes de riesgo-cantidad involucrada

Cantidad involucrada	Puntos
59,552 Tm	7

La puntuación parcial de fuentes de riesgo-cantidad involucrada es de siete puntos.

La puntuación del componente fuentes de riesgo será el resultado de introducir las puntuaciones obtenidas dentro del esquema representado por la figura 5.

SISTEMAS DE TRANSPORTE

El establecimiento Seveso II protagonista del escenario accidental se encuentra a orillas de un cauce fluvial que sufre las consecuencias inmediatas del vertido de aproximadamente 59 Tm de acroleína.

La simulación de este vertido requiere de un modelo de dispersión sobre aguas superficiales que relacione la concentración de la sustancia en función de la distancia al origen del punto de vertido.

La figura 6 muestra una modelización topográfica del terreno donde se desarrolla el escenario accidental.

FIGURA 5

Puntuación del componente fuentes de riesgo

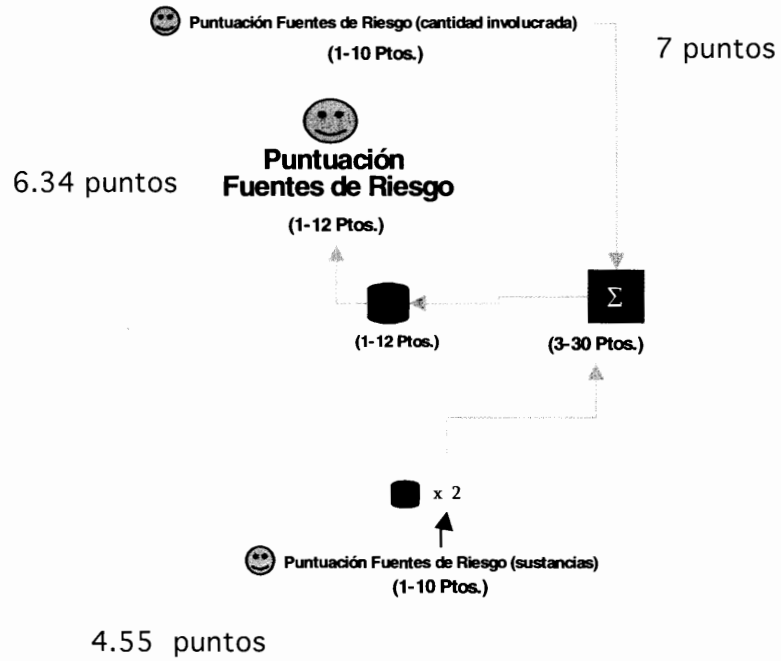
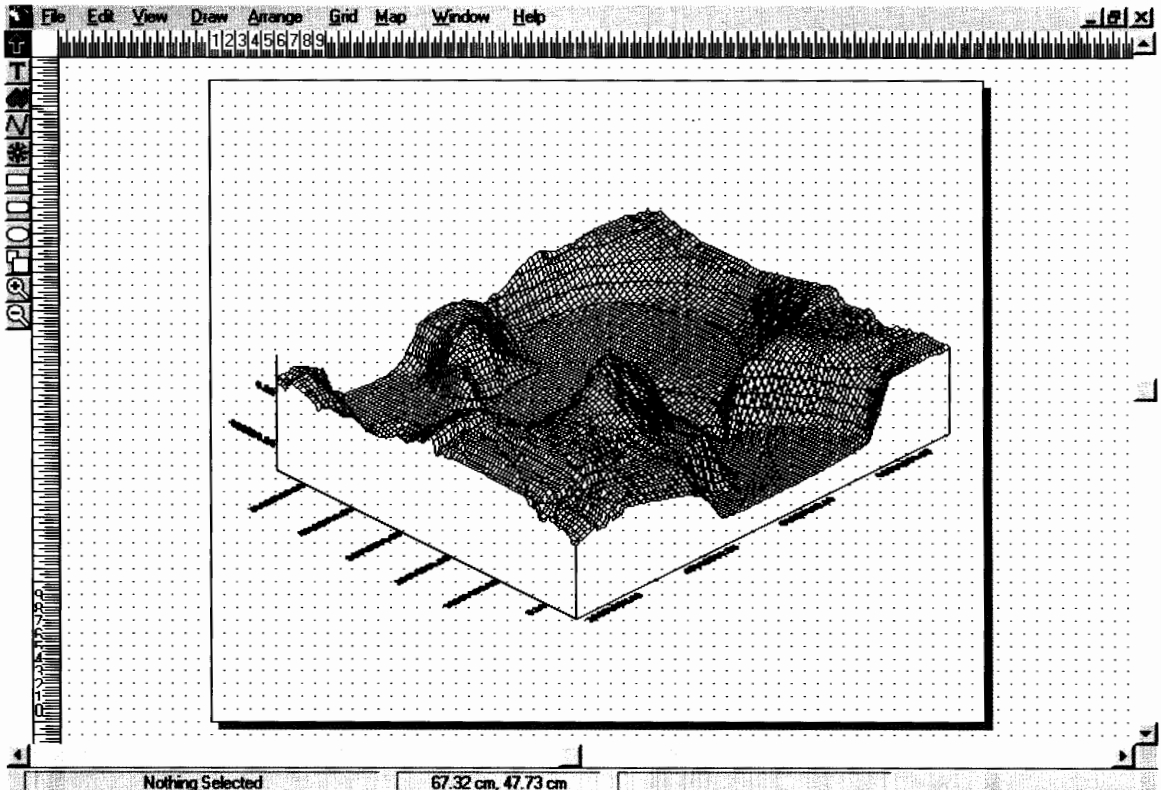


FIGURA 6

Modelización de la topográfica del terreno



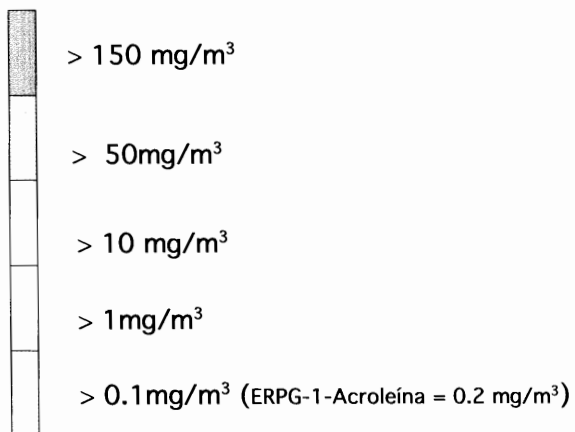
Los resultados ofrecidos por el modelo muestran las diferentes plumas de concentración aguas abajo del punto de vertido (véase figura 7).

FIGURA 7

Salida gráfica del modelo (Concentración- mg/m^3 en función distancia - km , $t = 4\text{h}$)



Concentraciones de Acroleína (mg/m^3)



Con los datos proporcionados por el modelo, la puntuación de sistemas de transporte obtenida siguiendo los criterios de la tabla 8 se sitúa en torno a siete puntos (véase tabla 9).

En este caso se ha considerado una interpolación de tipo logarítmico [$y = a + b \cdot \log_{10}(x)$] al considerarse que la relación extensión-puntuación sistema de transporte no obedece a un criterio lineal.

TABLA 8
Criterios utilizados para el aspecto de extensión del daño

Puntos	Tipo de medio afectado y extensión		
	Medio no acuático (incluyendo aguas subterráneas)	Medio acuático	
		Corrientes de aguas superficiales (ej. río, canal, riachuelo, etc.)	Otros tipos (ej. lago, estanque, delta, estuario, zonas marítimo-costeras)
10	Mayor o igual que 10 hectáreas	Mayor o igual que 10 Km	Mayor o igual que 2 hectáreas
↑ ↓	Relación logarítmica decimal del tipo [$y = a + b \cdot \log_{10}(x)$]		
1	Dentro de los límites del emplazamiento		

TABLA 9
Puntuación sistemas de transporte

Sistemas de transporte (extensión)	Puntos
2,1 km	7

RECEPTORES VULNERABLES

La puntuación asociada a receptores vulnerables requiere de un conocimiento de la zona de influencia, que en gran parte queda recogido en la información básica para la elaboración de planes de emergencia exterior⁵⁰.

En este caso práctico, tras la determinación de las coordenadas UTM del establecimiento, se procede a la solicitud de información a la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente) sobre la cartografía existente del inventario nacional de hábitat para esas coordenadas UTM (véase tabla 10 y fig. 8).

⁵⁰ Información básica (IBA) mencionada en el artículo 4 del Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas

TABLA 10

Extracto del inventario nacional de hábitat. Directiva 92/43 CEE

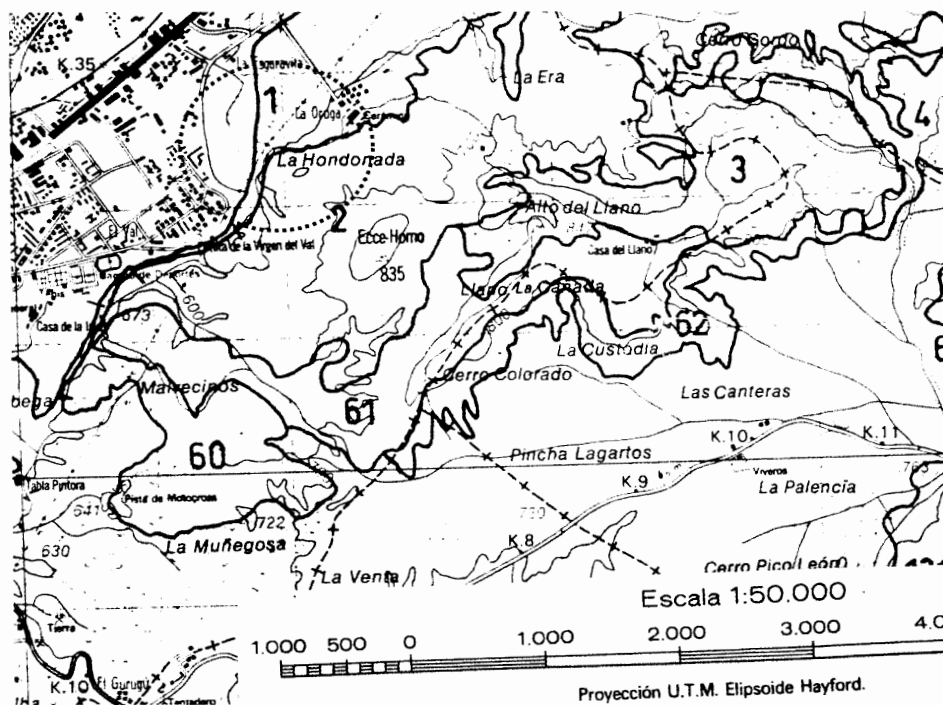
Hoja 1:50000 Servicio Geográfico del Ejército (SGE)

Código	Códigos hábitat	Hábitat	EC	Cobertura — Porcentaje
20220001	82 A 034 (92A0)	+Rubio tinctorum-Populetum albae+ Br.-Bl. & O. Bolòs 1958	3	40
20220001	215050 (3150)	\$Potamion pectinati\$ (W. Koch 1926) Oberdorfer 1957	2	5
20220001	228014 (3280)	+Ranunculo scelerati-Paspaleum paspalodis+ Rivas Goday 1964 corr. Peinado & Bartolomé 1987	2	5
20220001	82D013 (92D0)	+Tamaricetum gallicae+ Br.-Bl. & O. Bolòs 1958	2	10
20220001	82 ^a 061 (92A0)	+Salicetum discoloro-angustifoliae+ Rivas-Martínez ex G. López 1976 corr. Alcaraz, Sánchez Gómez, De la Torre, Ríos & Alvarez Rogel 1991	2	10

* Hábitat prioritario. (XXXX) Código Anexo I. \$ Alianza. + Asociación vegetal.
 EC = Estado de conservación, equivalente al índice de naturalidad (3-Excelente, 2-Bueno, 1-Medio).

FIGURA 8

Cartografía existente del inventario nacional de hábitat para las coordenadas UTM del caso práctico



Tras la recepción de la cartografía 1:50000, se comprueba que las coordenadas del establecimiento coinciden con un polígono inventariado (20220001, correspondiente al núm. 1 en la cartografía de la fig. 8) del cual es posible obtener tanto el índice de naturalidad como el tipo de cobertura.

Siguiendo con el desarrollo de la metodología, se escoge el hábitat 82 A 034 (92A0) por ser el de mayor cobertura en el polígono (véase tabla 10).

La puntuación parcial receptores vulnerables obtenida según los criterios (véase tabla 11) utilizados por la metodología es de nueve puntos.

TABLA 11

Criterios utilizados para el componente de receptores vulnerables

Puntuación	Hábitat	Índice de naturalidad	Hábitat prioritario	Observaciones/recomendaciones
1	Código J	–	–	Código J1, Código J3, Código J4, Código J6
2	Hábitat de desarrollos industriales y otros tipos de hábitat (<i>Constructed industrial and other artificial habitats</i>)	–	–	Código J2, Código J5
3	Código I	–	–	Código I2
4	Hábitat agrícolas, hortícolas regular o recientemente cultivados (<i>Regularly or recently cultivated agricultural, horticultural and domestic habitats</i>)	–	–	Código I1
5	Hábitat clasificados dentro del anexo I de la Directiva 92/43/CEE, de hábitat	1	No	–
6		1	Sí	–
7		2	No	–
8		2	Sí	–
9		3	No	–
10		3	Sí	–

A continuación se procede a recopilar la información para todos y cada uno de los factores condicionantes a considerar:

ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

Previa consulta a la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma, se constata la ausencia de espacios naturales protegidos en un radio de 10 km a partir del punto de vertido.

TABLA 12

Δ (%) Factor condicionante espacios naturales protegidos

Factor condicionante espacios naturales protegidos	Δ (%)	
¿Existen espacios naturales protegidos en el área de influencia del escenario accidental?	Sí	30
	No	0

CATEGORÍAS DE PROTECCIÓN DE ESPECIES

Previa consulta a la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma, se constata la existencia de las siguientes especies de flora y fauna sometidas a alguna figura de protección:

TABLA 13
Especies de flora y fauna sometidas a figuras de protección

Nombre científico	Nombre común	Ecosistema	Categoría de protección
Glycyrrhiza glabra	Regaliz	Riberas	De interés especial
Culebra viperina	Natrix maura	Riberas y lagunas	De interés especial

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 14
 Δ (%) Factor condicionante protección de especies

Categoría de protección	Δ (%)
En peligro de extinción	10
Sensibles a la alteración de su hábitat	8
Vulnerables	5
De interés especial	2
Sin categoría de protección	0

PATRIMONIO HISTÓRICO ARTÍSTICO

Previa consulta en la página web de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales (Secretaría de Estado de Cultura, Ministerio de Educación y Ciencia) se constata la existencia de dos bienes inmuebles con la categoría de bien de interés cultural dentro de los límites del municipio situado a 1 km aguas abajo del punto de vertido.

Los bienes de interés cultural son:

- Yacimiento neolítico villa romana del Vado.
- Zona arqueológica de Veracruz.

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 15
 Δ (%) Factor condicionante patrimonio histórico-artístico

Patrimonio histórico-artístico	Δ (%)
Bienes inmuebles con la categoría de bien de interés cultural	10
Bienes inmuebles con cualquier otro tipo de categoría de protección	5
Ninguna de las anteriores	0

REVERSIBILIDAD DEL DAÑO/RECUPERACIÓN

Se estima que el tiempo de recuperación estimado del río se enmarca dentro de un plazo que oscila entre semanas y un año según datos del programa EPI Suite v.3.10 para la sustancia química acroleína.

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.01):

Linear Model : 1.0055

Non-Linear Model : 0.9999

Expert Survey Biodegradation Results:

Ultimate Survey Model: 3.0976 (weeks)

Primary Survey Model : 3.9635 (days)

Readily Biodegradable Probability (MITI Model):

Linear Model : 0.9753

Non-Linear Model : 0.9767

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 16

Δ (%) Factor condicionante reversibilidad del daño/recuperación

Tiempo de recuperación	Años	Δ (%)
Posible daño permanente	50	10
De 5 a 20 años	20	
De 1 a 5 años	5	
De semanas a 1 año	1	5
Días	0,1	

IMPACTO SOCIOECONÓMICO ASOCIADO A LA ALTERACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

En base a la información básica recopilada para la elaboración de planes de emergencia exterior, se estima que la materialización de este escenario accidental supondría la alteración de las siguientes actividades económicas e infraestructuras:

- Actividad económica agrícola.
- Actividad económica industrial.
- Infraestructuras relacionadas con el suministro de agua y sistemas locales de depuración.

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 17

Δ (%) Factor condicionante impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales

Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	Operador lógico	Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	Δ (%)
Alteración de más de una actividad económica recogida en el punto A Alteración significativa de una actividad económica recogida en el punto A	y	Afección a alguno de los tipos de infraestructuras recogidas en el punto B	40
Alteración de más de una actividad económica recogida en el punto A Alteración significativa de una actividad económica recogida en el punto A	o	Afección a alguno de los tipos de infraestructuras recogidas en el punto B	20
Ninguna de las anteriores			0

Con todo lo anterior, la puntuación receptores vulnerables quedaría del siguiente modo:

TABLA 18

Puntuación receptores vulnerables

Puntuación receptores vulnerables	Puntos
Puntuación parcial receptores vulnerables	9
Δ (%) Espacios naturales protegidos	0 %
Δ (%) Categorías de protección de especies	2 %
Δ (%) Patrimonio histórico-artístico	10 %
Δ (%) Reversibilidad daño/recuperación	5 %
Δ (%) Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	40 %
Puntuación receptores vulnerables (Σ)	14,13

El sumatorio de Δ (%) supone un 57 por 100 sobre la puntuación parcial receptores vulnerables (9).

La puntuación para el componente receptores vulnerables será de 14,13 puntos.

VALOR O ÍNDICE DE RIESGO MEDIOAMBIENTAL DEL ESCENARIO ACCIDENTAL

Una vez determinado el índice global de consecuencias (véase figura 9) a través de las puntuaciones asociadas a cada uno de los componentes del sistema de riesgo y sus transformaciones correspondientes, es necesario proceder al cálculo del valor o índice de riesgo medioambiental.

El valor o índice de riesgo medioambiental se obtiene mediante la multiplicación del IGCM y la frecuencia/probabilidad asociada al escenario accidental objeto de estudio (véase tabla 19).

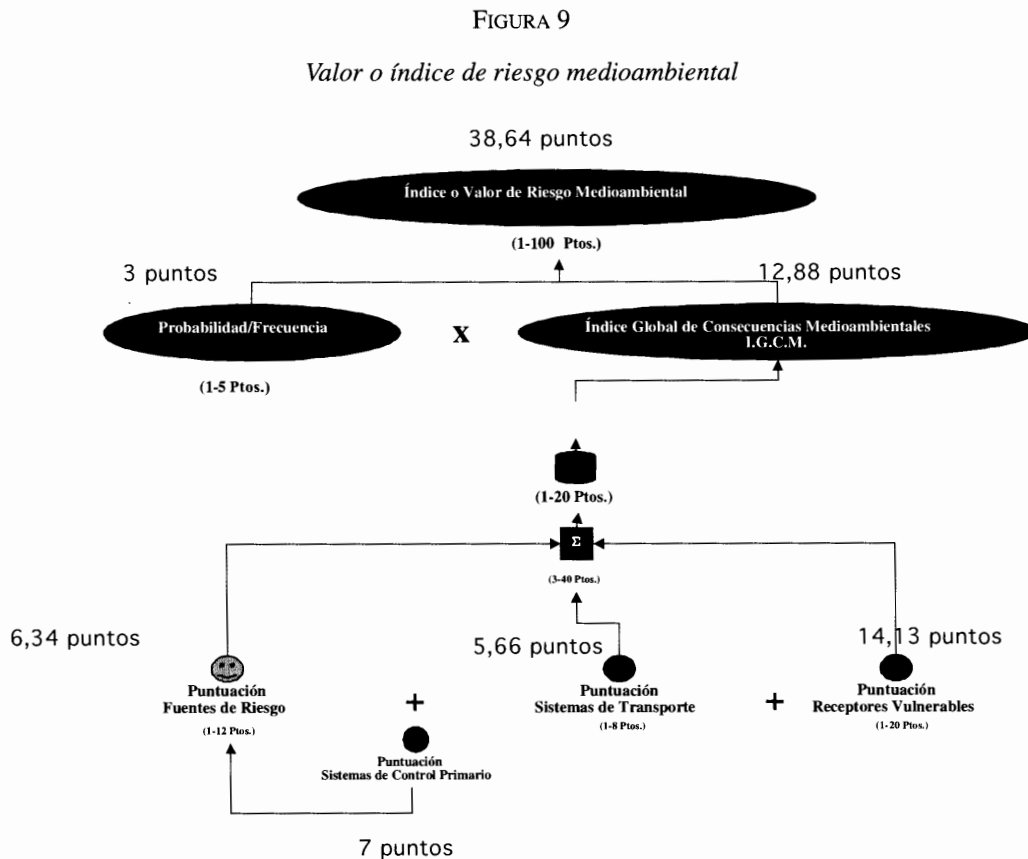
TABLA 19
Resumen de puntuaciones

Componente del sistema de riesgo	Puntuación
Fuentes de riesgo + Sistemas de control primario	6,34
Sistemas de transporte	5,66
Receptores vulnerables	14,13
<i>I.G.C.M. (1-20)</i>	12,88
<i>Probabilidad/Frecuencia</i>	3
<i>Valor o índice de riesgo medioambiental (1-100)</i>	38,64

En este caso, al carecer de análisis cuantitativos del riesgo previos en el establecimiento, se ha estimado (utilizando bases de datos sobre accidentes graves) que la frecuencia de un escenario de estas características estaría *entre una vez cada veinticinco años y una vez cada cincuenta años*. Por tanto, el valor de probabilidad/frecuencia adoptado es 3 (véase tabla 20).

TABLA 20
Criterios para el factor frecuencia

Frecuencia	Puntuación
Entre una vez al año y una vez cada 5 años	5
Entre una vez cada 5 años y una vez cada 25 años	4
Entre una vez cada 25 años y una vez cada 50 años	3
Entre una vez cada 50 años y una vez cada 100 años	2
Entre una vez cada 100 años y una vez cada 500 años	1



CONCLUSIONES

La figura 10 muestra el *escenario accidental estudiado* en el gráfico de evaluación y tolerabilidad del riesgo.

Como se observa en la figura, el valor o índice de riesgo medioambiental se sitúa en la región ALARP (*As low as reasonably practicable*). El riesgo medioambiental delimitado por esta región, pese a ser tolerable, debería ser reducido hasta los niveles más bajos que sea factible, sin incurrir en costes desproporcionados.

Entre las medidas a considerar estarían, entre otras, las encaminadas a:

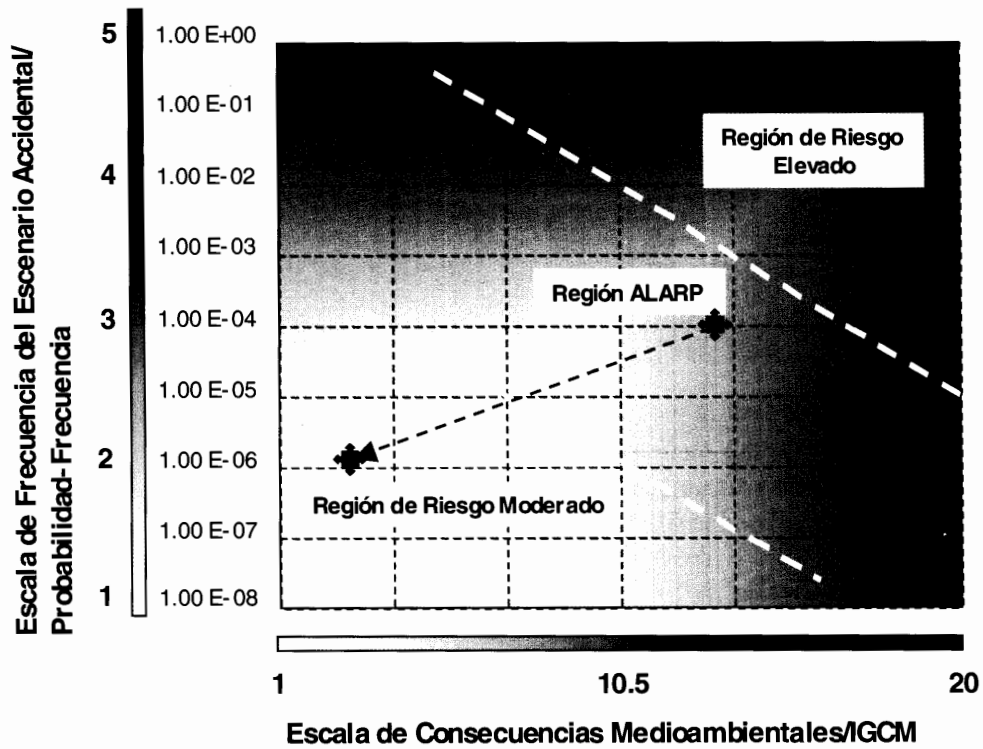
- Reducir la cantidad efectiva de sustancia química involucrada por medio del aumento de la capacidad de retención de cubetos.
- Instalación de una balsa de desastres de 5 m³ de capacidad.
- Aumento de la frecuencia de inspecciones a las que el tanque se ve sometido de cara a disminuir el valor de la probabilidad/frecuencia asociada al escenario accidental.

La tabla 21 muestra las puntuaciones para el mismo escenario y las siguientes condiciones:

- Reducción en un 95 por 100 de la cantidad involucrada en el accidente (cantidad fugada en torno a 3,3 Tm).
- Contención dentro de los límites del establecimiento (hábitat afectado del tipo J1 y afección a la actividad económica industrial).
- Reducción de la frecuencia asociada al escenario a entre una vez cada cincuenta años y una vez cada cien años (frecuencia 2).

FIGURA 10

Evaluación y tolerabilidad del riesgo medioambiental.



La figura 10 muestra el *escenario accidental corregido* en el gráfico de evaluación y tolerabilidad del riesgo.

TABLA 21

Resumen de puntuaciones

Componente del sistema de riesgo	Puntuación
Fuentes de riesgo + Sistemas de control primario	4,71
Sistemas de transporte	1
Receptores vulnerables	1,25
<i>IGCM (1-20)</i>	3,03
<i>Probabilidad/frecuencia</i>	2
<i>Valor o índice de riesgo medioambiental (1-100)</i>	6,06

ANEXOS

Sustancias peligrosas para el medio ambiente

La *Directiva 67/548/CEE* establece para las sustancias consideradas peligrosas para el medio ambiente un conjunto de 10 frases «R»⁵¹, las cuales cubren la toxicidad⁵² para los organismos acuáticos y diversos grupos terrestres considerados clave, así como los peligros para la capa de ozono:

— Medio acuático:

- R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R51 Tóxico para los organismos acuáticos.
- R52 Nocivo para los organismos acuáticos.
- R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

— Medio no acuático:

- R54 Tóxico para la flora.
- R55 Tóxico para la fauna.
- R56 Tóxico para los organismos del suelo.
- R57 Tóxico para las abejas.
- R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
- R59 Peligroso para la capa de ozono.

No obstante, y en lo referente al medio acuático, los criterios científicos se han establecido para cada categoría, no para cada frase «R», por lo que las categorías aceptadas actualmente para la clasificación de sustancias peligrosas para el medio ambiente acuático son:

- N R50 Muy tóxico para organismos acuáticos.
- N R50/R53 Muy tóxico para organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- N R51/R53 Tóxico para los organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

⁵¹ Ver anexo VI de la Orden Presidencial 2317/2002, de 16 de septiembre, por la que se modifican los anexos I, II, II, IV, V, VI y VII del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, que traspone al ordenamiento jurídico español la Directiva 67/548/CEE.

⁵² La toxicidad de la sustancia, valorada como una propiedad intrínseca, se estima mediante una serie de ensayos de laboratorio. Las condiciones ambientales, normalizadas para cada test, no pueden ser consideradas en la valoración. Además, los efectos de las condiciones ambientales (condiciones de calidad del suelo, del agua o del sedimento tales como el pH, la dureza del agua, el contenido en materia orgánica del suelo o del sedimento) sobre la viabilidad y/o la toxicidad de la sustancia, no son tenidas en cuenta dentro del rango considerado como condiciones ambientales realistas, dentro de las condiciones europeas.

- R52/R53 Nocivo para los organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R52 y/o R53 Nocivo para los organismos del medio ambiente acuático y/o puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. (Cubre otros peligros identificados y no considerados por los criterios específicos en las categorías anteriores.)

Las bases científicas de los criterios ya aprobados para el compartimento acuático pueden resumirse como sigue:

- I. El primer criterio es la toxicidad aguda de la sustancia sobre tres grupos taxonómicos: peces, invertebrados (daphnia) y algas.
- II. Cada grupo taxonómico tiene el mismo peso específico.
- III. Para una sustancia determinada, se selecciona la LC_{50} *más baja*, es decir, se considera la especie más sensible.
- IV. Las sustancias son clasificadas en cuatro grupos, según su toxicidad (muy tóxica, tóxica, nociva, no-clasificada), utilizando para ello los siguientes valores de corte:

Valores de corte
< 1 mg/l
1-10 mg/l
10-100 mg/l
> 100 mg/l

V. Se consideran las características intrínsecas de la sustancia para matizar la clasificación. De modo que la propuesta final clasifica como peligrosas para el medio ambiente acuático:

- Aquellas sustancias muy tóxicas.
- Sustancias tóxicas con alta persistencia o potencial de bioacumulación.
- Sustancias nocivas persistentes.

En lo referente al medio ambiente no acuático, la Directiva establece una serie de frases de riesgo que van desde la frase R54 a la R58.

Sin embargo, los criterios científicos necesarios para cada una de estas frases «R», en relación con el medio ambiente no acuático, aún no se han desarrollado.

En resumen, la clasificación y el etiquetado de las sustancias químicas trata de concienciar y alertar, tanto al usuario como al gestor medioambiental, sobre el potencial daño que las emisiones podrían acarrear.

A través de un adecuado sistema de clasificación, los industriales estarán informados del peligro potencial de una sustancia para los organismos acuáticos y los organismos terrestres.

Es por ello que, como una de las primeras fases del análisis de riesgo, el industrial debe proceder a la identificación de las sustancias químicas existentes en su establecimiento, prestando una mayor atención, en el caso de la presente guía, a aquellas clasificadas como peligrosas para el medio ambiente, ya que, si bien no es la única forma de dañar el medio ambiente, sí constituyen a priori la principal fuente de riesgo.

Anexo 2

Comportamiento medioambiental de las sustancias

Las tablas A y B muestran a modo de resumen una serie de datos de interés que pueden ser deducidos a partir de la magnitud de una propiedad físico-química o proceso del compartimento medioambiental.

TABLA A

Propiedades físico-químicas frente a procesos dentro del compartimento medioambiental

		Procesos dentro del compartimento medioambiental			
		Volatilidad	Hidrólisis	Adsorción	Bioconcentración
Propiedades físico-químicas	Hidrosolubilidad				
	Presión de vapor				
	Coefficiente de reparto octanol/agua				
	Constante de la Ley de Henry				
	Coefficiente de adsorción en la materia orgánica				

TABLA B

Propiedades de la sustancia química	¿Qué indica esta propiedad acerca de la sustancia química?	¿Qué es probable que ocurra si la sustancia química tiene...?	
<p>Hidrosolubilidad (Hs)</p> <p><i>¿Qué es?</i> La hidrosolubilidad o solubilidad acuosa es comúnmente definida como la máxima cantidad de sustancia química por unidad de volumen de la fase acuosa cuando la solución está en equilibrio y a una determinada presión y temperatura (25 °C, 1 atm).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad ▪ Potencial de acumulación (indirectamente) ▪ Potencial de bioacumulación (indirectamente) 	<p>Alta hidrosolubilidad:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad ▪ Biodegradación ▪ Metabolización <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acumulación ▪ Bioacumulación ▪ Volatilización ▪ Persistencia 	<p>Baja hidrosolubilidad:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inmovilización por adsorción ▪ Acumulación ▪ Bioacumulación ▪ Persistencia <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad
<p>Coefficiente de reparto octanol-agua (K_{ow}):</p> <p><i>¿Qué es?</i> Es una medida de la hidrofobicidad o la afinidad hacia los lípidos, de una sustancia disuelta en agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencial de adsorción ▪ Potencial de bioconcentración (de una sustancia química en los tejidos grasos) 	<p>Alto K_{ow}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioacumulación ▪ Bioconcentración ▪ Adsorción en suelo y sedimentos <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad 	<p>Bajo K_{ow}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad ▪ Solubilidad ▪ Biodegradación ▪ Metabolización <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioacumulación
<p>Presión de vapor (Pv):</p> <p><i>¿Qué es?</i> Estimación de la tendencia de un determinado compuesto para volatilizarse y repartirse dentro de la fase gaseosa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentración en el aire ▪ Tendencia a volatilizarse 	<p>Alta Pv:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Existencia de riesgo potencial por inhalación ▪ Evaporación rápida <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Persistencia 	<p>Baja Pv:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Persistencia <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo potencial de inhalación
<p>Coefficiente de adsorción en la materia orgánica del suelo (K_{oc}):</p> <p><i>¿Qué mide?</i> La afinidad de una sustancia química a su adsorción en suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es probable su persistencia en el suelo ▪ El potencial de adsorción de la sustancia química por el suelo 	<p>Alta K_{oc}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adsorción ▪ Acumulación <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad 	<p>Baja K_{oc}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adsorción



Propiedades físico-químicas

HIDROSOLUBILIDAD (Hs)

Esta propiedad constituye uno de los factores claves que van a determinar tanto el comportamiento como el impacto de la sustancia química.

La hidrosolubilidad o solubilidad acuosa es comúnmente definida como la máxima cantidad de sustancia química por unidad de volumen de la fase acuosa cuando la solución está en equilibrio y a una determinada presión y temperatura (25 °C, 1 atm). Por encima de esa concentración existirán dos fases dentro del sistema disolvente-soluto.

Los compuestos muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos. Por lo tanto, son rápidamente transportados desde el suelo contaminado hasta los cuerpos de agua superficial y/o profunda. La hidrosolubilidad también afecta la volatilidad desde el agua. Por ejemplo, los compuestos muy solubles en agua tienden a ser menos volátiles y también muy biodegradables.

La hidrosolubilidad se expresa normalmente en términos de masa por unidad de volumen (mg/l o $\mu\text{g/l}$).

PRESIÓN DE VAPOR (Pv)

La presión de vapor constituye otra propiedad físico-química muy importante. A través de este parámetro es posible estimar la tendencia de un determinado compuesto para volatilizarse y repartirse dentro de la fase gaseosa.

La presión de vapor se define como la presión parcial ejercida por el vapor de un compuesto en equilibrio con su fase condensada, sea líquida o sólida y a una temperatura dada. La presión de vapor de un compuesto puro será igual a 1 atm a su temperatura de ebullición.

COEFICIENTE DE REPARTO OCTANOL/AGUA (K_{ow})

El coeficiente de reparto n-octanol-agua (K_{ow}) representa la relación entre la concentración en la fase de n-octanol y en la fase acuosa en el equilibrio. Es una medida de la hidrofobicidad o la afinidad hacia los lípidos, de una sustancia disuelta en agua.

Los compuestos químicos con valores altos de K_{ow} tienden a acumularse en las porciones lipídicas de los organismos y a concentrarse en suelos y sedimentos. Por el contrario, los compuestos con bajos K_{ow} tienden a distribuirse en el agua o aire.

CONSTANTE DE LA LEY DE HENRY (K_h)

Ley en virtud de la cual la cantidad de gas que se disuelve en una cantidad determinada de líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas en el líquido, a temperatura constante. En otras palabras, la Ley de Henry (coeficiente de reparto aire-agua) viene a cuantificar la tendencia relativa de un compuesto a existir en forma de moléculas de vapor en contraposición a estar disuelto en agua.

COEFICIENTE DE ADSORCIÓN EN MATERIA ORGÁNICA (K_{oc})

En concentraciones bajas de contaminantes, la isoterma de adsorción en los suelos y los sedimentos es lineal y reversible, $S = K_p C$, en donde S es la concentración de la sustancia química en la fase adsorbida, C la concentración de la sustancia en la fase acuosa y K_p el coeficiente de reparto entre el suelo o el sedimento y el agua.

Los suelos y sedimentos diferentes, normalizados para la misma concentración de carbono orgánico (OC), tienen valores de K_p muy parecidos y la adsorción ocurre principalmente en la materia orgánica. Por lo tanto, la relación anterior entre S y C se convierte en: $S = K_{oc} C$, en donde K_{oc} es el coeficiente de adsorción de carbono orgánico, el cual se relaciona con K_p del siguiente modo: $K_{oc} = K_p/F_{oc}$, en donde F_{oc} representa la fracción de carbono orgánico en la fase de suelo y sedimento. El K_{oc} es adimensional y proporciona una medida de la afinidad de una molécula hacia un suelo.

Un K_{oc} alto indica que el compuesto orgánico se fija con firmeza a la materia orgánica en el suelo, por lo que se va poca cantidad del compuesto a las aguas superficiales o acuíferos. Un bajo K_{oc} sugiere la posibilidad de que el compuesto pueda ir a las aguas superficiales o acuíferos.

Procesos dentro del compartimento medioambiental

VOLATILIDAD

Cualidad de una sustancia a evaporarse a determinada temperatura y presión.

BIODEGRADACIÓN

Proceso de descomposición de la sustancia química a través de la acción de microorganismos.

METABOLIZACIÓN

Suma de todos los procesos químicos y físicos en el interior de un organismo vivo.

ADSORCIÓN

Proceso mediante el cual la sustancia química es fijada de una manera física en suelos o sedimentos. Los compuestos adsorbidos son difícilmente solubles en agua y su comportamiento medioambiental quedará unido a la matriz del suelo en el que permanecen retenidos.

BIOCONCENTRACIÓN

Capacidad de un producto químico de acumularse en tejidos vivos en cantidades superiores a las del medio circundante.

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (BCF)

Relación de la concentración de productos químicos en un organismo y la concentración en el medio ambiente o los alimentos.

Este factor se determina dividiendo la concentración de equilibrio de un compuesto químico en un organismo o tejido entre la concentración del mismo compuesto en un medio. En general, los compuestos que tienen un alto valor de K_{ow} tienen un alto BCF. Sin embargo, algunos compuestos como los hidrocarburos aromáticos no se acumulan en peces y vertebrados a pesar de su alto K_{ow} . Esto se debe a que los peces tienen la habilidad de metabolizar rápidamente dichos compuestos.

El anexo III presenta un directorio de modelos de dispersión junto con una breve descripción de las aplicaciones informáticas comerciales relacionadas con accidentes químicos con consecuencias medioambientales.

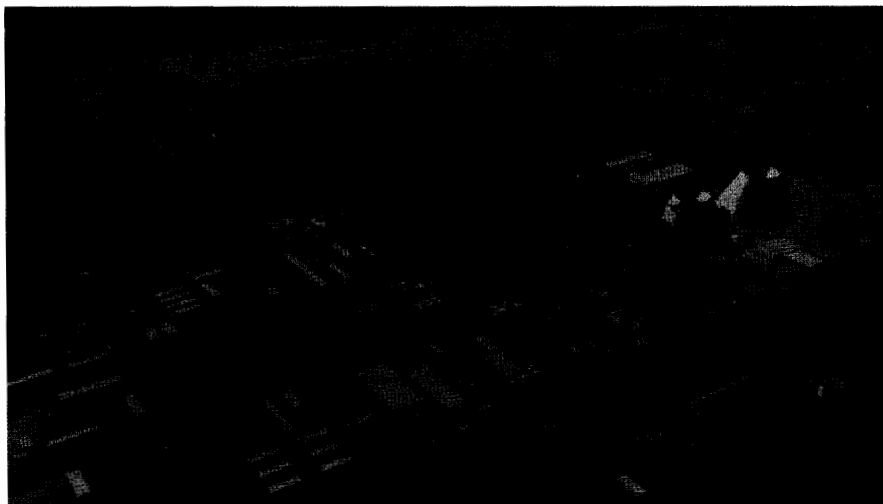
GASES EN GASES

Los modelos de dispersión atmosférica estiman de forma teórica la distribución espacial de concentraciones de contaminantes emitidos al exterior por una fuente conocida, una fuga, una explosión o cualquier otro tipo de accidente.

Para plantear las emisiones se establecen escenarios de accidentes, por ejemplo una fuga de un centímetro de diámetro de un contaminante determinado en un tanque o conducción en el que se conoce la presión del gas en cuestión. El modelo requiere información sobre el medio, corrientes de aire, presión exterior, temperatura, orografía, etc.

FIGURA A

Ejemplo de salida gráfica de un modelo de dispersión atmosférica.



Características principales: los modelos destinados al estudio de riesgos medioambientales deben contemplar los efectos de topografía y edificios, ser adaptables al contaminante modelizado, así como ayudar a delimitar zonas seguras para transportes peligrosos o inflamables.

Las herramientas o modelos empleados pueden arrojar resultados diferentes en función de las hipótesis y algoritmos de cálculo en que se basan cada uno de ellos.

La correcta definición del alcance, condiciones climáticas y geográficas puede ayudar a definir los límites de aplicación del modelo óptimo para cada caso. En particular, hay situaciones en las que los efectos climáticos puntuales (atmósferas muy estables, valles con vientos muy direccionados, etc.) siguen patrones de comportamiento muy singulares no exportables a otras condiciones.

Tipos de modelos

Los modelos más sencillos se basan en algoritmos de conservación, transporte y deposición de fluidos, considerando que las condiciones son iguales en la totalidad del área estudiada.

Modelos más complejos dividen el espacio en celdas (el volumen queda dividido en celdas tridimensionales) y en cada una se consideran unas condiciones particulares. El contaminante va pasando de una celda a la celda adyacente y puede sufrir transformaciones en función al cambio de condiciones. Estos modelos son dinámicos y requieren un módulo climático más complejo, por lo que resultan más complicados de aplicar, y por lo tanto más costosos, siendo también más precisos en sus estimaciones.

A continuación se indica una clasificación de los modelos de dispersión en función a las hipótesis y algoritmos en los que se fundamentan.

A) Modelo gaussiano

Modelo sencillo en el que se contemplan datos meteorológicos comunes para todo el área de estudio y considera los efectos de la topografía, edificios, etc.

El modelo se basa en la fórmula de distribución de Gauss, y está recomendado para contaminantes no reactivos. Emplea cálculos relativamente sencillos para estimar las concentraciones que se encuentran lejos del centro de la pluma, asumiendo una distribución gaussiana.

Este modelo pierde su eficacia a largas distancias (superiores a los 50 km) y para la modelización de contaminantes reactivos.

B) Modelo euleriano

En este tipo de modelos se analiza el comportamiento de los compuestos químicos en relación con un sistema fijo de coordenadas, analizando la evolución a lo largo del espacio a través de algoritmos de conservación de masa y calor y de las transformaciones químicas que puedan sufrir.

Es bastante más preciso y costoso, recomendado para contaminantes reactivos y situaciones complejas.

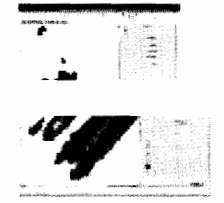



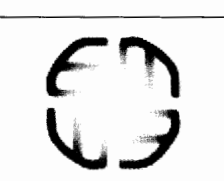

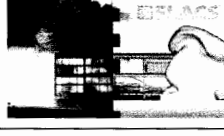

C) Modelo lagrangiano


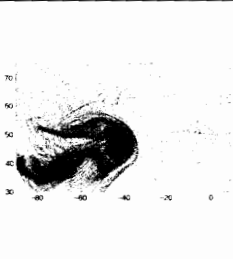
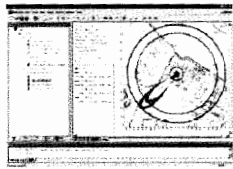
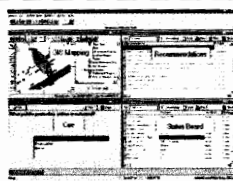
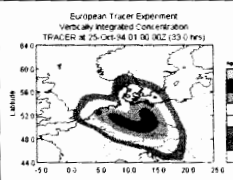

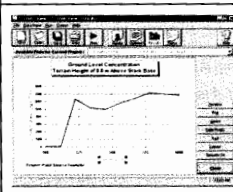
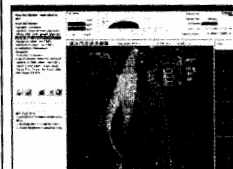
Basándose en el estudio de fluidos, analiza el comportamiento de los compuestos químicos desde un sistema de referencia que acompaña el movimiento del fluido.

Modelo complejo recomendado para situaciones en las que intervengan sustancias altamente peligrosas.

Diferentes modelos existentes en el mercado

La siguiente tabla ha sido concebida para facilitar la elección por parte del industrial de una serie de modelos de referencia presentes en el mercado, destinados al análisis de fugas y accidentes a la atmósfera. Todos ellos contemplan la topografía, barreras y efectos producidos por edificios.

Modelo	Salida gráfica/ logotipo	Público/ privado	Empresa y comentarios
Aria Risk		Privado	<i>ARIA Technologies</i> , modelo gaussiano para accidentes industriales y terrorismo.
BREEZE HAZ		Privado	<i>Trinity Consultants of Dallas</i> , modelo gaussiano para fugas y emisiones. Aplica los modelos AFTOX DEGADIS INPUFF y SLAB con formato de Windows. http://www.breeze-software.com/Content/Products/Haz/BREEZE_haz_products.asp
CAMEO		Público	<i>NOAA</i> , especial para accidentes químicos de gases inflamables y pesados. Diseñado para planificar intervenciones en accidentes. http://www.epa.gov/ceppo/comeo/
DEGADIS		Público	<i>EPA/Gas Research Institute or the American Petroleum Institute</i> . Modelo euleriano para gases densos (aplicación especial para Gas Natural Licuado), modeliza la dispersión en cortos períodos de tiempo y define las áreas de exposición con concentraciones que superen los niveles establecidos. http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#rec
CalDESK/ CAMxDESK		Privado demo de 15 días	<i>EnviroModeling Ltd. (Chile)</i> , adaptación del <i>Calpuff</i> con un módulo fotoquímico. http://www.enviromodeling.com/home.html
CALPUFF		Público	<i>EPA (Earth Tech Atmospheric Studies Group)</i> modelo californiano para un amplio rango de opciones (en entorno MSDOS). http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm
FLACS		Privado	<i>GexCon AS</i> , de modelización de explosiones, principalmente de gases en áreas complejas. http://www.gexcon.com/
INPUFF		Público	Desarrollado por la EPA para un único foco de gases no reactivos y terreno plano, este modelo suele incorporarse como integrante de otros más completos. Ha sido empleado para estudios de olores. http://www.epa.gov/asmdner1/files.html

Modelo	Salida gráfica/ logotipo	Público/ privado	Empresa y comentarios
MIDAS		Privado	<i>PLG Inc.</i> Adaptado a contaminantes peligrosos y radiactivos http://www.plg.com/pages/model.html
NAME		Público	<i>National Meteorological Center of the UK's Met. Office at Bracknell, Berkshire.</i> Modeliza accidentes con emisiones puntuales y de larga duración (accidentes nucleares), con una verdadera simulación del comportamiento de partículas. Se adapta a extensiones de terreno grandes, con opción de anidamientos de mallas menores y a un amplio rango temporal. http://www.met-office.gov.uk/research/nwp/publications/nwp_gazette/3rd96/name2.html
PHAST		Privado	<i>Det Norske Veritas</i> , modeliza varios tipos de accidentes: incendios, explosiones de nubes gaseosas, etc., en instalaciones industriales. http://www2.dnv.com/software/Products/Risk_Management/phast.htm
QuikPlume (PlantSafe)		Privado	<i>GEOSphere Systems</i> , sistema de toma rápida de decisiones, que incorpora un modelo de dispersión. http://www.geospheresystems.com/product/plantsafe.html
SCIPUFF		Público	<i>Titan Systems Corporation</i> , modelo lagrangiano empleado para sistemas de Defensa y Seguridad Nacional http://www.4dwx.org/software/scipuff.html
SCREEN 3		Público	<i>EPA</i> , modelo gaussiano que calcula concentraciones máximas superficiales para focos puntuales, antorchas, áreas y volúmenes. Es la versión de análisis de escenarios del modelo ISC (Industrial Source Complex). http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#rec
SCREEN VIEW		Privado	<i>Lakes Environmental Software</i> , Interfaz para utilizar el SCREEN 3 de la EPA, analiza los posibles peores escenarios para el estudio de accidentes, explosiones, etc. http://www.weblakes.com/lakescr1.html
TRACE		Privado	<i>Safer Systems L.L.C.</i> , Camarillo, California, modelo adaptable a una industria, un polígono, ciudad o toda una región. Ofrece análisis de riesgos integrales de maquinaria, transporte, conducciones explosiones de contaminantes químicos, sustancias tóxicas, malos olores, etc. http://www.saferssystem.com/

Otros modelos públicos de la EPA en <http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#rec>

Otros modelos que sin ser de la EPA aparecen en su base de datos en <http://yosemite.epa.gov/oswer/>

LÍQUIDOS EN LÍQUIDOS

El conocimiento de los mecanismos de transporte y los fenómenos de interacción entre sustancias en estado líquido (dilución, disolución, etc.) cuando una o ambas tienen un marcado carácter peligroso, es de vital importancia para poder predecir y evaluar los riesgos que potencialmente podrían originar cuándo entran en interacción estas sustancias para un conjunto variado de escenarios.

Como consecuencia de los accidentes del tipo «líquidos en líquidos», se pueden producir interacciones de una sustancia química líquida, más o menos peligrosa, con el agua (p.e. aguas superficiales, aguas subterráneas, lagos, lagunas, agua de mar...).


Ejemplo: sustancia química A + agua = sustancia química A + afección a los ecosistemas.

Características principales:

- El área de afección es desconocida, difícil de determinar y variable con el tiempo de exposición en el medio.
- Los aspectos más relevantes por investigar o simular son la evolución de la pluma contaminante con el tiempo, la degradación de la sustancia en el medio afectado y los efectos sobre los medios receptores (afección de lechos fluviales, lechos marinos, efectos nocivos sobre la flora y fauna autóctona, etc.).

Diferentes modelos existentes en el mercado

A continuación se adjunta una referencia de modelos presentes en el mercado, destinados a simular los efectos de las reacciones químicas que pueden aparecer cuando entran en contacto varias sustancias, así como la evolución física de una pluma de contaminación en un medio acuático para diferentes períodos de tiempo, las repercusiones de la pluma contaminante sobre los medios afectados y las condiciones de degradación de una sustancia química en el medio acuático.

Modelo	Salida gráfica	Carácter	Empresa y comentarios
BLTM		Público	USGS. Modelo unidimensional Lagrangiano que simula distintos fenómenos de transporte y la evolución de la calidad en ríos como consecuencia de vertidos o derrames accidentales de sustancias químicas. http://smig.usgs.gov/cgi-bin/SMIC/model_home_pages/model_home?selection=rma4
CORMIX		Público	EPA. Es un modelo que simula la disminución de la calidad del agua de un medio (lagos, ríos o estuarios) como consecuencia de uno o varios puntos de vertido. http://www.epa.gov/waterscience/models/cormix.html

Modelo	Salida gráfica	Carácter	Empresa y comentarios
DYNTOX		Público	EPA. Modelo que simula la concentración de sustancias tóxicas en ríos y lagos producida por derrames o vertidos accidentales de contaminantes. http://www.epa.gov/owow/wtr1/tmdl/decisions/decape.html
EXAMS II		Público	EPA. Modelo que simula los efectos de un episodio contaminante sobre los ecosistemas fluviales. Simula los fenómenos de transporte y concentraciones previsibles para una carga contaminante determinada. http://www.epa.gov/opptintr/cahp/actlocal/pcgems/index.pdf (guía de usuario)
MIKE3		Privado	DHI (Dansk Hydraulisk Institut). Modelo de dispersión para vertidos en el mar, lagos, ríos, estuarios, etc., que representa las plumas en 3D. Se trata de un modelo muy completo empleado para diversas aplicaciones de ingeniería. http://www.dhisoftware.com/mike3/index.htm
MULTIMED		Público	EPA. Modelo que simula fenómenos de transporte y transformaciones físico-químicas de la pluma contaminante que se produce en un medio acuático (ríos, lagos y mar), como consecuencia de un vertido continuo. http://www.epa.gov/ceampubl/mmedia/multim2/
PLUMES		Público	EPA. Modelo de simulación de plumas contaminantes por dilución de contaminantes a ríos y aguas marinas. Muy útil para simular fuentes actuando simultáneamente. http://www.epa.gov/ceampubl/swater/plumes/
PRAIRIE		Privado	AEA Technology. Modelo tridimensional para la simulación de dispersión de contaminantes en ríos y estuarios. http://www.aeat.com/netcen/airqual/netcen.html
RMA4		Público	US Army Corps. Es un modelo bidimensional en elementos finitos que simula procesos de transporte por advección y difusión en el agua por contaminantes de hasta seis constituyentes químicos diferentes. http://chl.wes.army.mil/software/tabs/models.htm
WASP 6.1		Público	EPA. Es un modelo que simula fenómenos de eutrofización, persistencia de metales y compuestos orgánicos y desarrollo de coliformes fecales en el agua, debido a vertidos o derrames accidentales de sustancias químicas. http://www.epa.gov/region4/water/tmdl/tools/wasp.htm

LÍQUIDOS EN SÓLIDOS

Este apartado se centra en los tipos de accidentes en los que se liberan sustancias en estado líquido sobre el terreno.

La modelización del flujo de aguas subterráneas y de los mecanismos de transporte de contaminantes en suelos saturados y no saturados constituye una herramienta básica y fundamental para conocer la evolución de un determinado compuesto en el medio y prever su comportamiento a lo largo de un período determinado, con vistas a una posible recuperación del medio afectado.

Un modelo matemático de simulación permite reproducir el comportamiento de un sistema natural bajo distintas situaciones.

Tipos de modelos

Los modelos que actualmente existen en el mercado para simular los distintos procesos físico-químicos que tienen lugar en el subsuelo pueden ser:

A) *Modelos físicos:*

Reproducen a escala un fenómeno natural. Problema: «efecto escala». En ocasiones no representan el comportamiento real del proceso simulado.

B) *Modelos analógicos:*

Están basados en formulaciones matemáticas simples. Problema: no admiten irregularidades o heterogeneidades. Actualmente se encuentran en desuso.

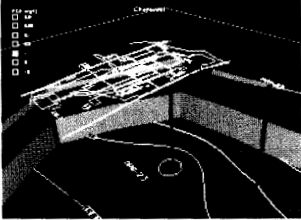

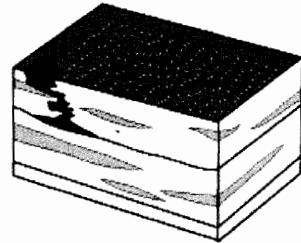
C) *Modelos numéricos:*

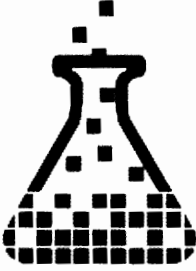
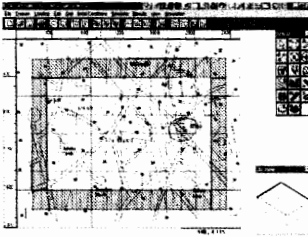
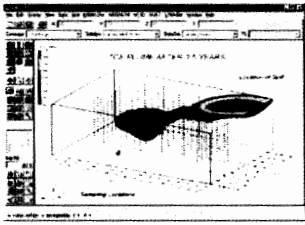
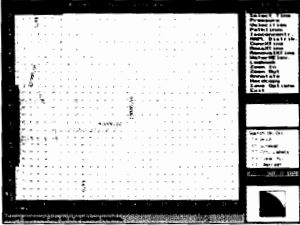
Precisan la definición de unas condiciones de contorno. Requieren una discretización espacial y temporal. Resuelven la ecuación diferencial de la continuidad mediante matrices para un conjunto de celdas predefinidas. Admiten irregularidades y heterogeneidades. Son los más utilizados. Para los riesgos que se precisaría simular, se pueden diferenciar dos (2) tipos: de flujo y de transporte en masa.

- Numéricos de flujo: Simula la distribución espacial y temporal del gradiente hidráulico en cada una de las celdas definidas.
- Numéricos de transporte en masa: Calculan la concentración y simulan la evolución espacial y temporal de una sustancia química.

Como en los apartados anteriores, en la siguiente tabla se relacionan diferentes modelos presentes en el mercado.

Diferentes modelos existentes en el mercado

Modelo	Salida gráfica	Carácter	Empresa y comentarios
VISUAL MODFLOW		Privado	<p>THE HYDROGEOLOGIC GROUP. Modelo tridimensional en diferencias finitas para la simulación del flujo de aguas subterráneas.</p> <ul style="list-style-type: none"> — El más extendido en empresas públicas y privadas (alta versatilidad). — Permite la simulación de formaciones geológicas libres, confinadas y semi-confinadas. — Calcula las variaciones del flujo subterráneo en distintos escenarios (instalación de pozos, zonas de recarga, inyección de pozos, etc.). <p>http://www.ground-water-models.com/html/waterloo-training.html</p>
SEEP 2D		Público	<p>US ARMY CORPS. Modelo bidimensional en elementos finitos para la simulación del flujo subterráneo y distribución de redes de filtración.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Muy efectivo para simular el flujo subterráneo en áreas con estructuras y elementos artificiales (presas, pozos, tablestacados, etc.). — Simula acuíferos libres, semi-confinados y confinados. — Calcula el valor de la permeabilidad en cada nodo. <p>http://www.ground-water-models.com/html/waterloo-training.html</p>
MT3DMS		Privado	<p>THE HYDROGEOLOGIC GROUP. Modelo tridimensional en diferencias finitas para la simulación de migración de contaminantes en aguas subterráneas (fenómenos de advección, adsorción, dispersión y reacciones químicas y biológicas de los contaminantes).</p> <ul style="list-style-type: none"> — Simulación en régimen permanente y transitorio. — Introduce un desarrollo matemático para la resolución de fenómenos de transporte por advección (a third order total variation diminishing (TVD), reduciendo la dispersión de los valores obtenidos en nodos próximos). <p>http://gms.watermodeling.org/html/mt3dms.html</p>

Modelo	Salida gráfica	Carácter	Empresa y comentarios
BIOSCREEN		Público	<p>US AIR FORCE. Modelo tridimensional en diferencias finitas que simula la biodegradación natural de suelos contaminados por hidrocarburos.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Simula el avance de una potencial pluma contaminante — Simula la persistencia de la pluma contaminante en el medio hasta que los procesos naturales de biodegradación consiguieran disiparla. — El modelo pierde eficacia en zonas próximas a pozos de extracción de agua que modifiquen considerablemente el nivel freático y en zonas próximas a áreas afectadas por flujos verticales. <p>http://www.bioscreen.com/</p>
BIOPLUME		Público	<p>EPA. Modelo bidimensional en elementos finitos para la simulación de fenómenos de biodegradación de contaminantes orgánicos en aguas subterráneas.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Simula procesos de biodegradación en condiciones aerobias y anaerobias, y su interacción con otros procesos: advección, dispersión, adsorción e intercambio iónico. — Para la simulación emplea los siguientes elementos: oxígeno, nitratos, hierro (III), sulfatos y dióxido de carbono. <p>http://www.epa.gov/ada/csmos/models/bioplume3.html</p>
HSSM		Público	<p>EPA. Modelo para la simulación de la contaminación inducida por hidrocarburos.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Simula el transporte de fases líquidas ligeras no acuosas (LNAPL), como los hidrocarburos, en el subsuelo. — Incluye dos módulos separados: <ul style="list-style-type: none"> — El flujo de LNAPL a través de la zona vadosa y la franja capilar. — El transporte de constituyentes químicos de LNAPL en la capa freática. <p>http://www.scisoftware.com/products/hssm_model_details/hssm_model_details.html</p>
AIRFLOW/ SVE		Privado	<p>WATERLOO HYDROGEOLOGIC. Modelo tridimensional en diferencias finitas para la simulación del transporte de compuestos gaseosos (vapores) en suelos anisótropos y en la franja no saturada.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Simula la extracción de vapores en suelos contaminados por compuestos volátiles a través de pozos y/o piezómetros. <p>http://www.scisoftware.com/products/airflowsve_overview/airflowsve_overview.html</p>

Anexo 4

Información sobre la zona de influencia (anexo I A de la Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas)

Tiene por objeto la descripción de las características geográficas, geológicas, ecológicas, meteorológicas, demográficas y de edificaciones, usos y equipamientos de la zona de influencia del establecimiento, necesarias para la elaboración del PEE.

A.1 INFORMACIÓN Y DATOS A APORTAR POR EL INDUSTRIAL

A.1.1 Geografía

- Localización del emplazamiento, indicando su longitud y latitud redondeadas al segundo arco más próximo y sus coordenadas UTM. Asimismo, se indicará el municipio o cualquier otra división política necesaria, así como la relación del emplazamiento con respecto a cualquier elemento notable, natural u obra humana (como ríos o lagos).
- Mapa del entorno del emplazamiento en una escala conveniente conteniendo, como mínimo:
 - Demarcación de los límites de propiedad de la instalación industrial e indicación de su superficie.
 - Emplazamiento y orientación de las principales estructuras de la instalación industrial, debidamente identificadas.
 - Indicación del norte geográfico.
 - Carreteras, líneas de ferrocarril y corrientes de agua que atraviesen la zona.

A.1.2 Topografía

- Se incluirá un plano topográfico a escala 1:10.000 o superior, donde se indiquen las curvas de nivel con una equidistancia adecuada. Por lo menos un punto del mapa estará referenciado en el sistema de coordenadas UTM.

A.2 INFORMACIÓN Y DATOS A COMPLEMENTAR POR LA ADMINISTRACIÓN COMPETENTE

Se refieren básicamente a la descripción y ubicación de los elementos vulnerables presentes en la zona de influencia

A.2.1 Demografía

- Población residente en la zona de influencia, determinada a partir de los estudios de análisis de consecuencias, considerándose para ello la situación más desfavorable. Se reflejarán sobre mapa, a escala adecuada, las acumulaciones de población, tales como pueblos, ciudades, etc., existentes en círculos concéntricos en torno al establecimiento. Los datos de población incluida en cada una de las zonas, se recogerán en forma de tabla.
- Si en la zona de influencia existen flujos de población itinerante significativos, se harán constar éstos en los mapas y tablas demográficos.

A.2.2 Elementos de valor histórico, cultural o natural

- Ubicación y breve descripción de los elementos de valor histórico, cultural o natural en la zona de influencia.

A.2.3 Red viaria

- Indicación de las vías de comunicación (carreteras, ferrocarriles, canales, puertos, etc.) situados en la zona de influencia, resaltando aquellos que tengan especial importancia en cuanto a su densidad de tráfico.

A.2.4 Geología

- Descripción de la naturaleza del terreno en el emplazamiento y su entorno, además de la tipología del suelo, que se reflejarán en mapas geológicos a una escala adecuada.
- Localización del medio acuífero de la zona, hasta una profundidad adecuada según el riesgo.
- Estimación del caudal transportado por el acuífero, grado de explotación, así como puntos de bombeo y sus usos.

A.2.5 Hidrología

- Características físico-químicas, biológicas e hidrológicas generales de los cauces de agua situados en la zona de influencia.

- Regímenes típicos de los citados cauces y, en su caso, se indicarán las variaciones estacionales significativas.

A.2.6 Usos del agua y suelos

- Sobre los planos topográficos, a escala conveniente, deberá indicarse en la zona de influencia:
 - Perímetro del establecimiento.
 - Clasificación oficial de los tipos de suelo (industrial, urbano, urbanizable...), de acuerdo con los planes de ordenación existentes.
 - Zonas residenciales, industriales, comerciales, agrícolas, ganaderas, recreativas o cualquier otro tipo de instalaciones públicas.
 - Ubicación de las edificaciones y estructuras más próximas al establecimiento industrial, incluyendo una breve descripción de aquellas dedicadas a la concentración de público, regular u ocasional, así como de las de mayor vulnerabilidad, tales como colegios, residencias, centrales telefónicas, etc.
 - Localización y usos de las fuentes de agua.

A.2.7 Ecología

- Breve descripción en la zona de influencia de la flora, fauna, zonas arboladas, unidades de paisaje, etc.; con especial énfasis en aquellas especies que debido a su indudable valor biológico puedan ser susceptibles de impacto por accidente industrial.

A.2.8 Meteorología

- Información respecto a las frecuencias anuales de cada una de las situaciones meteorológicas definidas por la velocidad del viento y su dirección y la categoría de estabilidad atmosférica (resaltando las situaciones de inversión térmica). La velocidad del viento quedará definida en cuatro clases y la dirección en ocho sectores. En cuanto a la estabilidad se utilizará la clasificación de Pasquill en siete categorías.
- Estadística sobre pluviometría del emplazamiento.
- Estadística sobre otros meteoros de interés.

A.2.9 Red de asistencia sanitaria

- Se incluirá un inventario de los centros asistenciales situados en el ámbito territorial del establecimiento y zona de influencia, con indicación de su capacidad y, en su caso, de sus especialidades.

A.2.10 Red de saneamiento

- Se describirán brevemente las principales características de los siguientes equipamientos, situados en la zona de influencia:
 - Red de alcantarillado.
 - Red de suministro de agua.
 - Sistemas de depuración (si los hubiere).
 - Vertederos (controlados, incontrolados).
 - Otros que se consideren necesarios.

A.2.11 Otros servicios públicos

- Descripción general de los principales servicios, en la zona de influencia, que pudieran verse afectados por las consecuencias de un accidente. Tales como:
 - Suministro eléctrico.
 - Suministro de gas.
 - Instalaciones telefónicas.

A.2.12 Instalaciones singulares

- Se indicarán las características principales y ubicación de aquellas instalaciones, situadas en la zona de influencia, que posean un carácter estratégico o riesgo potencial considerables; tales como:
 - Instalaciones de alta tensión.
 - Centrales nucleares y centrales térmicas.
 - Gasolineras, etc.

En el apartado A.2.7 es aconsejable considerar también la siguiente información:

FLORA

Se estudiará en profundidad los siguientes aspectos:

- Vegetación potencial.

Se realizará una descripción de las principales series de vegetación potencial presentes en el ámbito de estudio, en base a la Memoria del Mapa de las Series de Vegetación de España elaborado por Rivas Martínez (1987), destacando tanto la posición biogeográfica en la que se encuentra el área como su ubicación fitoclimática y las especies indicadoras de las series representadas.

- Vegetación actual.

El proceso metodológico será el siguiente:

- Análisis de la información existente y de la documentación básica.
- Fotointerpretación de unidades de vegetación.
- Reposición de la fotointerpretación en la base cartográfica a utilizar.

- Análisis de los planos a escala 1: 50.000 del mapa de cultivos y aprovechamientos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Comprobación en el campo de las unidades de vegetación diseñadas y realización del catálogo florístico.

A partir de los datos de vegetación actual se elaborará un mapa basado en las series de vegetación delimitándose las unidades cartográficas que representan territorios geográficos con una potencialidad uniforme.

Se estudiarán las formaciones existentes y sus características, con el fin de definir una serie de unidades homogéneas en función de las especies que las constituyen en sus estratos dominantes, localizando la etapa de clímax o de sustitución en que se encuentran.

Para cada una de las unidades definidas se analizarán características tales como: estructura (grado de sucesión), dinámica actual (considerándose, cuando sea posible, la existencia de estabilidad o por el contrario progresión o degradación), superficie total ocupada por la unidad o formación, diversidad, complejidad estructural (niveles de vegetación, grado de cubierta, etc.), representatividad, rareza, singularidad, presencia de especies o individuos notables (por la rareza de su composición, talla, edad, diámetro, importancia histórica, etc.), especies y comunidades en estado crítico (taxones aislados, endemismos, especies en peligro de extinción, etc.).

Basándose en la bibliografía recopilada y en la información aportada por los organismos y apoyados en recorridos de campo se confeccionará un inventario de las especies características que se encuentren en el área de estudio. Este inventario se incluirá en un anejo indicando, para cada especie, hábitat, figura de protección, representatividad, rareza, etc.

A partir de la bibliografía consultada, la información aportada por las administraciones públicas y las visitas de campo se realizarán los siguientes mapas temáticos a escala 1: 25.000.

- Mapa de vegetación potencial donde quedarán reflejadas las series representadas y las especies indicadoras de las mismas.
- Mapa de vegetación actual donde quedarán reflejadas las unidades de vegetación identificadas, indicando las unidades, asociaciones, taxones o individuos notables.

FAUNA

El análisis se basará en el estudio de las especies más relevantes, a fin de localizar sus poblaciones y las necesidades tróficas y territoriales que presentan. Se analizará su abundancia y diversidad, así como la posible existencia de especies y espacios protegidos de todo tipo.

Generalmente, el estudio se circunscribirá a los vertebrados, y en especial a las aves, salvo la existencia de invertebrados de especial interés o incluidos en listas rojas.

En lo referente a las especies de mayor interés, se procederá a un análisis de un entorno más amplio, de forma que se obtenga una idea de la importancia relativa de las poblaciones faunísticas presentes, respecto a enclaves próximos, de tal manera que pueda deducirse la singularidad de las zonas atravesadas.

A partir del análisis de la información obtenida se identificarán las unidades de fauna asociadas a la vegetación más representativas (biotopos) y la composición faunística por niveles altitudinales, que quedarán reflejadas en el correspondiente mapa temático.

Una vez definidos los hábitat fundamentales del área de estudio, y determinados los taxones presentes en los mismos, se procederá a realizar una valoración de los primeros en

función de su capacidad y riqueza faunística. Para lo cual se valorarán aspectos como su abundancia, endemismos, especies exclusivas o raras, estado de conservación; obteniéndose una valoración para cada biotopo.

Se determinarán las especies indicadoras, a fin de describir sucintamente su área de estudio, gracias a las cuales, por su presencia y abundancia, se podrá estimar el grado de diversidad faunística.

Se procederá a la confección de un inventario de las especies que se encuentren en la zona, tanto de las que viven en ella de forma continuada como de las que utilizan el territorio como cazadero, habitual o temporal, como zona de cría o paso migratorio. De entre éstas se citarán las especies en peligro de extinción y protegidas, así como las de interés cinegético. Se incluirá a modo de ficha para cada especie las siguientes características: hábitat, figura de protección, si la hubiere, representatividad, rareza, etc.

A partir de la bibliografía consultada, la información aportada por las administraciones públicas y las visitas de campo se realizarán los siguientes mapas a escala 1:25.000:

- Mapas de fauna, hábitat y ecosistemas relevantes donde quedará reflejado la distribución de las especies más importantes, los límites de las zonas protegidas, las áreas sensibles (nidificación, cría, pasos migratorios, etc.) y cualquier otro elemento considerado relevante.
- Mapas de distribución de especies cinegéticas, cotos de caza y pesca.

La metodología propuesta se basa en el concepto de los índices de naturalidad establecidos dentro *del inventario nacional de hábitat del Estado Español* y en una clasificación jerárquica de hábitat para la región paleártica en la que se halla inscrita la totalidad del territorio nacional.

A continuación se presenta una breve descripción a modo introductorio acerca de ambos:

A) La necesidad de realizar un inventario nacional, de carácter exhaustivo, sobre los tipos de hábitat del anexo I de la Directiva de hábitat surge del desarrollo de la propia *Directiva hábitat 92/43/CEE*⁵³.

A tal fin se solicitó de la Comisión Europea, apoyándose en el *Reglamento 1973/92* del Consejo⁵⁴, la aprobación de un proyecto LIFE para el cartografiado y posterior digitalización de los hábitat españoles.

Como trabajo previo hubo que realizar una adaptación de la clasificación de hábitat del anexo I a unidades sintaxonómicas cartografiables sobre el terreno. Este trabajo dio como resultado el documento técnico de interpretación (DTI), que desagregó los **124 tipos de hábitat** españoles del anexo I en **más de 1.600 asociaciones y alianzas sintaxonómicas**.

Los recintos de la capa representan el área de distribución de las unidades sintaxonómicas (asociaciones y alianzas) correspondientes a los tipos de hábitat españoles del anexo I de la *Directiva 92/43/CEE*. Se han cartografiado alrededor de 150.000 recintos o representaciones de tales unidades en todo el territorio nacional, con 1.114 mapas y 1.650.000 atributos y datos asociados.

La capa tiene utilidades de información básica y caracterización natural del territorio español, aplicables a múltiples tareas de planificación en distintas políticas sectoriales, desde conservación a ordenación del territorio, pasando por su utilización en el caso de los potenciales accidentes graves aludidos en el *Real Decreto 1254/1999*.

Un trabajo en marcha, promovido por la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza (DGCN) dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, el atlas de hábitat, ampliará el inventario realizado a la totalidad de los tipos de hábitat españoles en toda la superficie del Estado, según la clasificación del paleártico.

La realización del mencionado inventario, utilizó fotografía aérea y trabajo de campo para la delimitación de los recintos, trazados sobre hojas del mapa 1:50.000 del Servicio

⁵³ Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la fauna y flora silvestres, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitat naturales y de la fauna y flora silvestres.

⁵⁴ Reglamento (CEE) núm. 1973/92 del Consejo, de 21 de mayo de 1992, por el que se crea un instrumento financiero para el medio ambiente (LIFE).

Geográfico del Ejército (SGE). La unidad mínima de cartografiado se estimó en 6,25 Ha. Además de polígonos, se utilizaron signos convencionales (aspas, líneas y círculos cruzados) para la representación de estructuras de hábitat puntuales, lineales y para las cuevas. Sobre el soporte papel se efectuó una digitalización manual de todas las hojas, uniéndolas posteriormente en mapas por Comunidades Autónomas. Los signos convencionales se transformaron en polígonos, utilizando rangos descritos por los autores de la cartografía (radios y anchuras).

La base de datos del inventario de hábitat se estructura según los siguientes campos⁵⁵ de información:

TABLA A
Estructura de la información del inventario nacional de hábitat

Nombre	Concepto
Código	Código identificador del polígono
Codhábitat	Código (6 dígitos) procedente del documento técnico de interpretación español
Código_ue	Código (4 dígitos) de los hábitat del anexo I de la Directiva
Prioritari	Aparece sólo un * en los hábitat prioritarios
Concepto	Nombre del tipo de hábitat según anexo I o DTI español
Indnatural	Índice de naturalidad del hábitat en el polígono (1)
Cobertura	Porcentaje de superficie del hábitat con respecto a la superficie del polígono
Tipo_cober	Porcentaje de superficie del hábitat en el polígono expresado por intervalos (2)

(1) La base de datos del Inventario de hábitat se estructura en dos tablas con los siguientes campos de información: 1, Medio; 2, Bajo; 3, Excelente.

(2) Los valores de intervalo se especifican de la siguiente forma: 1- 0, a 25 por 100; 2- 26, a 50 por 100; 3- 51, a 75 por 100; 4- 76, a 100 por 100.

B) El desarrollo de la **Clasificación de Hábitat EUNIS**⁵⁵ viene principalmente determinado por los avances alcanzados por los sistemas de información geográfica y de las herramientas de prospección remota, unidas a un progresivo incremento de la información relativa a la distribución, composición, estructura y funcionamiento de los hábitat ha propiciado la última propuesta de EUNIS Habitat Classification (Febrero 2002) elaborada por el European Topic Centre on Nature Conservation (European Environment Agency).

El proyecto de clasificación de hábitat EUNIS incorpora como una de sus características más interesantes, el desarrollo de unos criterios de ayuda a la identificación de hábitat análogos a los de identificación de especies. Estos criterios han sido desarrollados para tres órdenes jerárquicos junto con una serie de guías o anotaciones de ayuda que permiten identificar un tipo de hábitat determinado.

Sin embargo, un proyecto de esta magnitud lleva aparejadas una serie de imprecisiones. Una de las principales está relacionada con el hecho de que en la mayoría de los casos la clasificación de hábitat es tremendamente compleja y resulta especialmente difícil definir

⁵⁵ Página web <http://mrw.wallonie.be/dgrme/sibw/EUNIS/home.html>

analíticamente los límites entre ellos debido a que, al contrario de lo que ocurre con las especies, éstos no presentan diferencias genéticas.

La clasificación EUNIS está basada principalmente en criterios botánicos a los que se han incorporado una serie de elementos abióticos y paisajísticos. Además, el concepto o definición de hábitat adoptado por EUNIS difiere claramente de su sentido clásico, ya que en biogeografía se considera «hábitat» como el lugar donde vive una especie. El concepto de hábitat adoptado en este caso se define como una extensión topográfica homogénea en sus componentes físicos (suelo, clima, disponibilidad de agua, etc.) y bióticos en la escala del fenómeno estudiado.

En el marco legislativo, la clasificación de hábitat EUNIS está estrechamente relacionada con:

- El anexo I de la *Directiva 92/43/CEE* relativa a la conservación de hábitat naturales.
- La resolución núm. 4 de la *Convención de Berna*⁵⁶.

La clasificación de hábitat EUNIS constituye un sistema de clasificación completo que cubre bajo un mismo sistema todos los tipos de hábitat, mientras que la *Directiva 92/43/CEE* y por extensión el Inventario Nacional de hábitat, sólo consideran aquellos hábitat que, en un determinado momento, requirieron de protección a través de una designación comunitaria.

La principal ventaja que presentan ambos estudios es su interrelación a través de una serie de códigos que permiten conocer las equivalencias existentes entre una clasificación y otra.

De este modo, la situación de los hábitat existentes en todo el territorio del Estado queda cubierta por el enfoque mixto que la unión de los estudios mencionados anteriormente proporciona. Así, los hábitat españoles estarían englobados en una de las siguientes categorías:

- A) Hábitat **no clasificados** dentro del anexo I de la *Directiva 92/43/CEE* de hábitat.
- B) Hábitat **clasificados dentro del anexo I** de la *Directiva 92/43/CEE* de hábitat.
- C) Hábitat clasificados como prioritarios dentro del anexo I de la *Directiva 92/43/CEE* de hábitat.

En la medida en que los hábitat de la categoría A no se encuentran recogidos dentro del anexo I de la *Directiva 92/43/CEE*, estos hábitat tampoco estarán inventariados dentro del inventario nacional de hábitat. Sin embargo, sí estarán recogidos en la clasificación EUNIS de hábitat que constituye un sistema de clasificación completo que cubre, bajo un mismo sistema, todos los tipos de hábitat.

En los casos B y C, ambos tipos de hábitat se encuentran recogidos mediante un código en el anexo I de la *Directiva 92/43/CEE* y por lo tanto tendrán su correspondencia con los códigos presentes en el inventario nacional de hábitat a nivel estatal y sus correspondientes índices de naturalidad.

⁵⁶ Decisión 82/72/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1981, referente a la celebración del Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural de Europa (Convenio de Berna).

Anexo 6

Categorías de protección de espacios naturales protegidos

Las Comunidades Autónomas, y algunas administraciones locales, tienen las competencias para la declaración, la planificación y la gestión de espacios protegidos. Han desarrollado leyes propias, mediante las cuales han creado categorías de protección adecuadas a sus circunstancias. En la actualidad se reconocen básicamente dos tipos de soportes legales para la protección, unos basados en la legislación específica de conservación de la naturaleza y otros en un modelo mixto que utiliza también legislación urbanística.

El sistema basado en la legislación de conservación de la naturaleza tiene su referencia fundamental en la *Ley estatal 4/1989*. La mayoría de las Comunidades Autónomas (Andalucía, Aragón, Asturias, Baleares, Canarias, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia, Navarra, Murcia y País Vasco), haciendo uso de sus competencias para el desarrollo de la legislación sobre espacios protegidos, han promulgado sus propias leyes, dando lugar a una diversidad de denominaciones de espacios protegidos y de instrumentos de planificación.

TABLA A

Espacios naturales protegidos españoles en cifras

Figura	Tipo	Hectáreas	Núm.	Porcentaje respecto al total de la superficie protegida
Parques	Parque nacional	315.857	13	7,81
	Parque natural*	2.953.640	121	73,0
Reservas naturales	Reserva natural**	77.955	151	1,93
Monumentos naturales	Monumento natural, monumento natural de interés nacional, enclave natural, árbol singular	74.642	204	1,84
Paisajes Protegidos	Paisaje protegido	51.547	35	1,27
Otros	Plan de espacios de interés natural de Cataluña (PEIN)***	654.980	144	11,24
	Paraje natural, paraje pintoresco, paraje natural de interés nacional	80.411	37	1,99
	Sitio de interés científico, sitio natural de interés nacional	2.546	25	0,06

TABLA A (Continuación)

Figura	Tipo	Hectáreas	Núm.	Porcentaje respecto al total de la superficie protegida
	Biotopo protegido	7.127	5	0,17
	Refugio de Fauna, microreserva, área natural recreativa, parque periurbano, parque periurbano de conservación y ocio, régimen de protección general, corredor ecológico y de biodiversidad	27.465	33	0,68
Total		4.046.190	732	

Basado en las figuras de protección establecidas en la Ley estatal 4/1989, incluyendo las diversas tipologías en las grandes categorías que establece. Las cifras totales pueden sufrir algunas variaciones según el grado de solapamiento de distintas figuras de protección en un mismo territorio. Tal es el caso, por ejemplo, de algunas reservas naturales incluidos en otras figuras como parques naturales.

* Se incluyen bajo el epígrafe de parque natural también las figuras de parque regional, rural y el caso de la reserva de la biosfera de Urdaibai.

** Bajo la figura de reserva natural se incluyen: reserva natural especial, reserva natural dirigida, reserva natural parcial, reserva natural concertada, reserva integral, reserva natural integral, reserva biológica nacional.

*** La superficie indicada corresponde a la superficie total de los espacios incluidos en el plan de espacios de interés natural de Cataluña. Sin embargo, para la suma total se ha descontado aquella superficie de los espacios PEIN que ya se han contabilizado en figuras de protección como parque o reserva. Es decir, se han sumado un total de 455.000 hectáreas y de 109 lugares al total de la superficie protegida de España.

FUENTE: Modificado de EUROPARC-España, noviembre 2001.

EL CONTEXTO INTERNACIONAL

El desarrollo de la red natura 2000, resultado de la aplicación de las *Directivas Europeas 79/409/CEE* o *Directiva de aves*⁵⁷ y *92/43/CEE* o *Directiva hábitat*, constituye la iniciativa más importante para la conservación de la naturaleza a escala europea. De los componentes del patrimonio natural europeo que la Directiva hábitat identifica, un 58 por 100 de los tipos de hábitat del anexo I y un 40 por 100 de los hábitat prioritarios están presentes en España. El 38 por 100 de los taxones de flora y el 48 por 100 de los de fauna recogidos en el anexo II están igualmente representados.

Para establecer en España la red natura 2000, el primer paso ha sido elaborar una lista nacional de lugares de importancia comunitaria (LIC), que incluye 1.025 lugares que ocupan 11 millones de hectáreas, lo que representa casi el 22 por 100 de la superficie terrestre Española. A esto hay que añadir cerca de 600.000 hectáreas de superficie marina. Por tanto, la declaración de las correspondientes zonas de especial conservación (ZEC) –el siguiente paso en el proceso de la red natura 2000– hará que el territorio actualmente protegido bajo alguna figura de protección se vea triplicado.

Por otro lado, España ha suscrito numerosos convenios internacionales en materia de conservación de la naturaleza que influyen directa o indirectamente en los espacios protegidos legalmente existentes:

- El Convenio sobre diversidad biológica aprobado en 1992 en la Cumbre de la Tierra proporciona el marco para la conservación de la biodiversidad a escala internacional.

⁵⁷ Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Ley 4/1989.

La Directiva de aves, del año 1979, se refiere a la conservación de las especies salvajes y establece para ello diferentes medidas que deben ser aplicadas por los Estados miembros. Entre ellas figura la creación de zonas de especial protección para las aves (ZEPAs).

- El desarrollo de la estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, aprobada por el Ministerio de Medio Ambiente en 1999 en respuesta al compromiso del Convenio de Río, propone la «consolidación de un sistema de áreas protegidas representativo de la diversidad biológica española, sus ecosistemas, paisajes y hábitat, así como de las especies terrestres y acuáticas, dotado de los instrumentos adecuados de planificación, uso y gestión».
- A través del Convenio sobre zonas húmedas de Importancia Internacional (especialmente como hábitat de aves acuáticas) o Convenio de Ramsar, se han incluido en España un total de 38 espacios en la lista de humedales de importancia internacional. Dos parques nacionales (Tablas de Daimiel y Doñana) y 22 parques y reservas forman parte de esta lista.
- En el Convenio del Patrimonio Mundial, aprobado por la UNESCO en 1972 y cuya entrada en vigor data de 1976, están incluidos tres parques nacionales: Garajonay, Doñana y Ordesa-Monte Perdido (unido al Pirineos Occidentales en Francia).
- Las reservas de la biosfera surgen en 1971 en el seno del programa MaB de la UNESCO. La mayoría de las 20 reservas declaradas en España son coincidentes con otras figuras de protección como parque nacional o parque natural. Tres reservas de la biosfera, las de Lanzarote, Menorca y El Hierro, abarcan territorios insulares completos. Representan iniciativas de gran interés en el marco de los espacios protegidos como modelos hacia el desarrollo sostenible.
- Otra iniciativa reciente de la UNESCO que cabe señalar es GEOPARKS, proyecto que persigue identificar una serie de parques geológicos globales de especial significado para el desarrollo de fines científicos, educativos y socioeconómicos (UNESCO, 1999).
- Por último cabe destacar el reconocimiento internacional representado por el diploma europeo del Consejo de Europa, creado en 1965 para distinguir aquellas áreas naturales europeas especialmente bien conservadas o gestionadas. Tres parques nacionales cuentan con esta distinción: Doñana, Ordesa-Monte Perdido y Teide.

Finalmente, hay que hacer referencia al sistema de categorías internacionales de conservación adoptado por la UICN. Este sistema se inició en 1978 con diez categorías postuladas para su aplicación en todo el mundo.

Categorías de protección de especies

Las especies, subespecies o poblaciones incluidas en el *catálogo nacional de especies amenazadas* deberán ser clasificadas dentro de alguna de las siguientes categorías:

- *En peligro de extinción*, reservada para aquellas cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de su actual situación siguen actuando.
- *Sensibles a la alteración de su hábitat*, referida a aquéllas cuyo hábitat característico está particularmente amenazado, en grave regresión, fraccionado o muy limitado.
- *Vulnerables*, destinada a aquellas que corren el riesgo de pasar a las categorías anteriores en un futuro inmediato si los factores adversos que actúan sobre ellas no son corregidos.
- *De interés especial*, en la que se podrán incluir las que, sin estar contempladas en ninguna de las precedentes, sean merecedoras de una atención particular en función de su valor científico, ecológico cultural, o por su singularidad.

Por otro lado, las Comunidades Autónomas con competencia en la materia podrán establecer, además de las categorías de especies amenazadas relacionadas en el artículo 29 de la Ley 4/1989, otras específicas, determinando las prohibiciones y actuaciones que se consideren necesarias. Sin embargo, este tipo de categorías guarda semejanza con las cuatro categorías estatales que emanan de la Ley 4/1989.

EL CONTEXTO INTERNACIONAL

En el ámbito de la Unión Europea, las *Directivas de hábitat y de aves* constituyen la normativa europea básica para la conservación de la naturaleza.

La *Directiva de hábitat* contiene varios anexos que determinan hábitat o especies a proteger. En concreto, los anexos II y IV hacen referencia respectivamente a:

- Las especies animales y vegetales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación.
- Especies animales y vegetales de interés comunitario que requieren una protección estricta.

El anexo II, tal y como se puede deducir de su título, no constituye una protección absoluta de los hábitat o especies incluidos, sino que requieren la delimitación y designación de zonas especiales de conservación (con criterios incluidos en el anexo III de la Directiva y de acuerdo con las Comunidades Autónomas y los Estados de la Unión Europea).

En cuanto al anexo IV, que adjudica una protección estricta, existen varias especies que se pueden encontrar en zonas de tramos de ríos posiblemente afectados por minicentrales hidroeléctricas: oso, nutria, gato montés, etc.

Por su parte, la Directiva de aves, del año 1979, se refiere a la conservación de las especies salvajes. En su anexo I, la Directiva presenta un listado de especies que serán objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución.

A nivel supraeuropeo, el libro rojo (o las listas rojas) constituye un listado o catálogo de referencia, que recoge las diferentes especies amenazadas, determinando para ellas su estado de conservación en España y en Europa. Se aplica la clasificación realizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y las categorías son, de mayor a menor, las siguientes:

- EX (extinguida). Taxón no localizado con certeza en estado silvestre en los últimos cincuenta años.
- E (en peligro). Taxón en peligro de extinción y cuya supervivencia es improbable si los factores causales continúan actuando.
- V (vulnerable). Taxones que entrarían en la categoría anterior en un futuro próximo si los factores causales continuaran actuando.
- R (rara). Taxones con poblaciones pequeñas que, sin pertenecer a las categorías anteriores, corren algún tipo de riesgo. Normalmente estos taxones se localizan en áreas geográficas o hábitat restringidos, o bien presentan una distribución rala en un área más extensa.
- I (indeterminada). Taxones que se sabe que pertenecen a alguna de las categorías anteriores, pero de los que no existe información suficiente para decidir cuál es la apropiada.
- K (insuficientemente conocida). Taxones que se sospecha pertenecen a alguna de las categorías precedentes, aunque no se tiene certeza debida a la falta de información.

Patrimonio histórico artístico

A efectos de la metodología, el factor condicionante de patrimonio histórico artístico se centra en los denominados bienes inmuebles⁵⁸ integrados en el patrimonio histórico español que pueden ser declarados monumentos, jardines, conjuntos y sitios históricos, así como zonas arqueológicas, todos ellos como bienes de interés cultural.

- Son *monumentos* aquellos bienes inmuebles que constituyen realizaciones arquitectónicas o de ingeniería, u obras de escultura colosal siempre que tengan interés histórico, artístico, científico o social.
- *Jardín histórico* es el espacio delimitado, producto de la ordenación por el hombre de elementos naturales, a veces complementado con estructuras de fábrica, y estimado de interés en función de su origen o pasado histórico o de sus valores estéticos sensoriales o botánicos.
- *Conjunto histórico* es la agrupación de bienes inmuebles que forman una unidad de asentamiento, continua o dispersa, condicionada por una estructura física representativa de la evolución de una comunidad humana por ser testimonio de su cultura o constituir un valor de uso y disfrute para la colectividad. Asimismo, es conjunto histórico cualquier núcleo individualizado de inmuebles comprendidos en una unidad superior de población que reúna esas mismas características y pueda ser claramente delimitado.
- *Sitio histórico* es el lugar o paraje natural vinculado a acontecimientos o recuerdos del pasado, a tradiciones populares, creaciones culturales o de la naturaleza y a obras del hombre, que posean valor histórico, etnológico, paleontológico o antropológico.
- *Zona arqueológica* es el lugar o paraje natural donde existen bienes muebles o inmuebles susceptibles de ser estudiados con metodología arqueológica, hayan sido o no extraídos y tanto si se encuentran en la superficie, en el subsuelo o bajo las aguas territoriales españolas.

El nivel superior, que otorga una mayor protección para un bien mueble o inmueble, consiste en la declaración como *bien de interés cultural (BIC)*. Este bien debe inscribirse en el Registro de bienes de interés cultural, y en su código figura la letra R, indicativa de inscripción en el Registro.

En el territorio de aquellas Comunidades Autónomas que han desarrollado normas particulares en la materia, pueden existir diferentes categorías de protección del Patrimonio, sin embargo, cualquiera de ellas puede aspirar a la categoría de protección máxima, bien de interés cultural.

⁵⁸ A efectos de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del patrimonio histórico español, tienen la consideración de bienes inmuebles, además de los enumerados en el artículo 334 del Código Civil, cuantos elementos puedan considerarse consustanciales con los edificios y formen parte de los mismos o de su entorno o lo hayan formado, aunque en el caso de poder ser separados constituyan un todo perfecto de fácil aplicación a otras construcciones o a usos distintos del suyo original, cualquiera que sea la materia de que estén formados y aunque su separación no perjudique visiblemente al mérito histórico o artístico del inmueble al que están adheridos.

Anexo 9

Puntuación parcial de fuentes de riesgo para las sustancias incluidas en la parte 1 del anexo I del Real Decreto 1254/1999

Núm.	Sustancia	Núm. CAS	Toxicidad	Volatilidad (log H)	Bioconcentración (log BCF)	Adsorción (log Kow)	Biodegradación (BD)	Puntuación
1	2,3,7,8 TETRACLORODIBENZENO-P-DIOXINA	001746-01-6	10	5	2	2	2	21
2	4,4-METILENBIS,2-CLOROANILINA	000101-14-4	6	5	2	2	2	17
3	ACETILENO	000074-86-2	1	5	0	0	1	7
4	ACIDO CLORHÍDRICO	007647-01-0	1	5	0	0	1	7
5	BROMO	007726-95-6	10	4	0	1	1	16
6	CLORO	007782-50-5	6	4	0	0	1	11
7	DICLORURO DE AZUFRE	010025-67-9	1	5	2	2	1	11
8	DICLORURO DE CARBONILO	000075-44-5	10	5	0	0	1	16
9	DIISOCIANATO DE TOLUENO	000584-84-9	6	5	2	2	1	16
10	ETILENIMINA	000151-56-4	10	5	0	0	1	16
11	FLUOR	007782-41-4	10	5	0	0	1	16
12	FORMALDEHÍDO	000050-00-0	6	5	0	0	1	12
13	GASES LICUADOS DEL PETROLEO	68476-85-7	6	-	-	-	-	6
14	GASOLINA	8006-61-9	6	-	-	-	-	6
15	HIDROGENO	001333-74-0	1	5	0	0	1	7
16	ISOCIANATO DE METILO	000624-83-9	6	4	0	0	1	11
17	METANOL	000067-56-1	6	5	0	0	1	12
18	NÍQUEL Y COMPUESTOS EN FORMA PULVURENTA	007440-02-0	1	5	0	0	1	7
19	NITRATO DE AMONIO	006484-52-2	1	5	0	0	1	7
20	ÓXIDO DE PROPILENO	000075-56-9	6	5	0	0	1	12
21	ÓXIDO DE ETILENO	000075-21-8	6	5	0	0	1	12
22	OXÍGENO	007782-44-7	1	5	0	0	1	7
23	PENTÓXIDO DE ARSÉNICO; ÁCIDO ARSÉNICO O SUS SALES	001303-28-2	6	5	0	0	1	12
24	PLOMO ALQUILOS	000078-00-2	10	4	2	2	2	20

Núm.	Sustancia	Núm. CAS	Toxicidad	Volatilidad (log H)	Bioconcentración (log BCF)	Adsorción (log Kow)	Biodegradación (BD)	Puntuación
25	TRIHIDRURO DE ARSÉNICO	007784-42-1	10	4	0	0	1	15
26	TRIHIDRURO DE FÓSFORO	007803-51-2	10	5	0	0	1	16
27	TRIÓXIDO DE ARSÉNICO; ÁCIDO ARSÉNICO O SUS SALES	001327-53-3	10	5	0	0	1	16
28	TRIÓXIDO DE AZUFRE	007446-11-9	6	5	0	0	1	12

Anexo 10

Fuentes de información

ORGANISMOS Y ORGANIZACIONES

Nombre: DG Medio Ambiente.

Página web: http://europa.eu.int/index_es.htm

Descripción: Las tareas principales de la DG Medio Ambiente son:

- Establecimiento y gestión de normas y criterios para la calidad y el espacio medioambiental.
- Tratamiento por parte de grupos «objetivo» de tareas y acercamientos a soluciones.
- Desarrollo y gestión de instrumentos legales, económicos, financieros y sociales.
- Fomento de la entrada en vigor de medidas políticas, infraestructura medioambiental y condiciones de puesta en práctica adecuadas.
- Obligatoriedad, seguimiento y evaluación de la puesta en práctica de políticas y normativas comunitarias.

Nombre: Joint Research Centre (JRC).

Página web: <http://www.jrc.cec.eu.int>

Descripción: Este centro de investigación conjunta tiene la vocación innata de llevar a cabo investigaciones sobre problemas transfronterizos, tales como los que existen en los campos de medio ambiente o de análisis de riesgos. El JRC es independiente de cualquier grupo de interés y trabaja en los objetivos principales de la Unión Europea. Esto lo convierte en una organización muy preparada para llevar a cabo investigaciones previas a la regulación y a la normalización necesarias para establecer el mercado único europeo. El JRC también constituye una fuente independiente de conocimiento científico. Por ello, puede ayudar a resolver problemas que crean situaciones de conflicto en varios países.

Nombre: Agencia Europea de Medio Ambiente (AEM).

Página web: <http://www.eea.eu.int>

El objetivo de la AEM y de su amplia red, EIONET, es proporcionar a la Unión Europea y a los Estados miembros información de gran calidad para la elaboración de políticas y la evaluación del medio ambiente, informar al público general y ofrecer apoyo científico y tecnológico a todos ellos.

Nombre: Comisión para las Comunidades Europeas (CCE)-Joint Research Centre (JRC) Environment Institute, European Chemicals Bureau (ECB).

Página web: <http://ecb.jrc.it>

Descripción: La principal tarea del European Chemical Bureau (ECB) es llevar a cabo y coordinar el trabajo técnico y científico necesario para la entrada en vigor de legislación relativa al control de sustancias químicas. Su trabajo resulta de gran importancia en la evaluación y gestión de los riesgos producidos por las sustancias químicas nuevas y existentes.

Nombre: Comisión para las Comunidades Europeas (CCE), Joint Research Centre (JRC), Institute for Systems, Informática, and Safety and Major Accidents Hazard Bureau.

Página web: <http://mahbsrv.jrc.it>

Descripción: El MAHB (Major Accidents Hazard Bureau) realiza actividades técnicas, entre ellas la gestión de base de datos sobre el sistema de comunicación de accidentes graves, la gestión del centro de documentación de riesgos industriales de la Comunidad y la difusión de información sobre riesgos industriales.

ORGANISMOS Y ORGANIZACIONES

Nombre: European Chemical Industry Council (ECIC).

Página web: <http://www.cefic.org>

Descripción: El objetivo del European Chemical Industry Council es proporcionar un mecanismo para debatir, de una manera estructurada, los asuntos que afectan a las empresas químicas que funcionan en Europa y hacerse eco de la posición de la industria en dichos asuntos.

Nombre: Chemicals Industries Association (CIA).

Página web: <http://www.cia.org.uk>

Descripción: Esta asociación de industrias químicas fomenta la cooperación dentro de la industria química. Gestiona el programa UK Responsible Care Programme (una iniciativa de la industria para mejorar la salud, la seguridad y la actuación en el ámbito medioambiental).

Nombre: European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC).

Página web: <http://www.ecetoc.org>

Descripción: Esta asociación coopera en un contexto científico con agencias intergubernamentales, gobiernos, autoridades sanitarias, y otras instituciones públicas y profesionales interesadas en temas de ecotoxicología y toxicología relacionadas con sustancias químicas.

Nombre: European Environmental Research Organisation-Assessment Unit.

Descripción: La Assessment Unit ofrece servicios al gobierno y a la industria para evaluar problemas medioambientales.

Nombre: Institution of Chemical Engineers (ICE).

Página web: <http://www.icheme.org>

Descripción: Este organismo es una institución internacional que facilita información sobre evaluación de riesgos a través de: recursos de formación, cursos, formación dentro de las empresas, boletines de suscripción, libros y reuniones abiertas.

Nombre: International Programme on Chemical Safety (IPCS).

Página web: <http://www.who.int/pcs>

Descripción: Los objetivos generales de este programa internacional sobre seguridad química son: establecer las bases científicas para la evaluación de los riesgos para la salud y el medio ambiente que se derivan de la exposición a los productos químicos.

Nombre: International Society for Exposure Analysis (ISEA).

Página web: <http://www.iseaweb.org>

Descripción: Esta sociedad internacional centra sus actividades en el análisis de la exposición relacionada con los contaminantes medioambientales, las actividades y poblaciones humanas y los ecosistemas.

Nombre: OECD Environment Directorate, Environmental Health and Safety Division.

Página web: <http://www.oecd.org/ehs/>

Descripción: El trabajo de la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OECD) en cuanto a medio ambiente, salud y seguridad consta de cuatro programas orientados en cuatro áreas: programa de sustancias químicas, programa de accidentes químicos, programa de biotecnología y programa de pesticidas.

Nombre: Oil Companies European Organisation for Environmental Health Protection (CONCAWE).

Página web: <http://www.ospar.org/eng/html/omou/welcome.html>

Descripción: Esta organización europea de empresas petroleras para la protección de la salud medioambiental proporciona asistencia de naturaleza científica a la industria de refino del crudo para el estudio de temas relativos al medio ambiente, la salud y la seguridad relacionados con el refino, la distribución y el uso de crudo, así como productos derivados del petróleo.

ORGANISMOS Y ORGANIZACIONES

Nombre: Risk Assessment and Policy Association (RAPA).

Página web: <http://www.fplc.edu/tfield/rapa.htm>

Descripción: El objetivo de esta asociación para la evaluación y política de riesgos es explorar temas relacionados con la evaluación y la gestión de riesgos para la salud, la seguridad y el medio ambiente y alcanzar un mayor desarrollo educativo y profesional de los individuos que comparten este objetivo.

Nombre: Safety and Reliability Society (SRS).

Página web: <http://www.sars.u-net.com/>

Descripción: Esta sociedad tiene como objetivo ofrecer un foro internacional para el intercambio de información sobre temas de seguridad y fiabilidad, y establecer normas profesionales para los ingenieros en seguridad y fiabilidad.

Nombre: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).

Página web: <http://www.setac.org/>

Descripción: Tiene como uno de sus objetivos «fomentar el uso del enfoque multidisciplinar para resolver problemas del impacto de las sustancias químicas y la tecnología en el medio ambiente».

Nombre: The Hazards Forum (HF).

Página web: <http://www.hazardsforum.co.uk/>

Descripción: Foro interdisciplinar para ingenieros que se preocupan por la mitigación de peligros naturales y provocados por el hombre.

Nombre: The Royal Society of Chemistry (RSC).

Página web: <http://www.rsc.org>

Descripción: Entre sus principales objetivos se encuentran el avance de la ciencia de la química y de sus aplicaciones, y el mantenimiento de altos niveles de competencia e integridad entre los químicos en activo.

Nombre: The Society for Risk Analysis-Europe (SRAE).

Página web: <http://www.sraeurope.org>

Descripción: La Society for Risk Analysis es una sociedad multidisciplinar, interdisciplinar, académica e internacional que proporciona un foro abierto para todos aquellos interesados en el análisis de riesgos.

Nombre: UNEP Industry and Environmental-The APELL Programme.

Página web: <http://www.unepie.org/home.html>

Descripción: La Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level (APELL) es un programa diseñado para crear o aumentar la conciencia pública sobre los posibles peligros que existen en una comunidad, estimular el desarrollo de planes de cooperación para responder a cualquier emergencia que pueda ocurrir y fomentar la prevención de accidentes.

Nombre: UNEP International Register of Potentially Toxic Chemicals (IRPTC).

Descripción: UNEP Chemicals es el centro de todas las actividades emprendidas por el programa de Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) para asegurar una gestión eficaz de los productos químicos a escala mundial.

Nombre: WHO Programme for the Promotion of Environmental Health.

Página web: <http://www.who.ch> (con enlaces a los programas más importantes de la OMS y al Programme for the Promotion of Environmental Health)

Descripción: Este programa de la organización mundial para la salud (OMS) para el fomento de la salud medioambiental trata los temas prioritarios en lo que se refiere al medio ambiente físico y social.

ORGANISMOS Y ORGANIZACIONES

Nombre: US Environmental Protection Agency (EPA) Centre for Exposure Assessment Modelling (CEAM) and the National Exposure Research Laboratory (NERL)-Ecosystems Research Division.

Página web: ftp://ftp.epa.gov/epa_ceam/www.html/address.htm

Descripción: El CEAM proporciona técnicas predictivas de evaluación de la exposición para las vías acuática, terrestre y múltiple de los productos químicos orgánicos y metales.

El NERL proporciona información e instrumentos de evaluación de exposición y de riesgos sobre los agentes agresores medioambientales. Entre los agentes agresores medioambientales se incluyen productos químicos, biológicos, radiación, cambios en el clima y uso del agua y del suelo.

Nombre: Danish National Environment Research Institute (DNERI).

Página web: <http://www.fsk.dk/drgi/1996/dmu.html>

Descripción: La misión del NERI es proporcionar una base científica sólida para tomar decisiones medioambientales a escala política, administrativa y comercial.

Nombre: Danish Toxicology Centre (DTC).

Descripción: El centro danés de toxicología pretende procurar, evaluar y comunicar datos y aspectos toxicológicos relacionados con la legislación.

Nombre: Finnish Environment Institute (FEI).

Página web: <http://www.vyh.fi/eng/syke/syke.htm>

Descripción: El instituto finlandés del medio ambiente es un instituto nacional de investigación.

Nombre: Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie (IUCT).

Página web: <http://www.iuct.fhg.de>

Descripción: El instituto IUCT se centra en la investigación, el desarrollo y los servicios de especialistas relacionados con identificar sustancias y productos químicos del medio ambiente, incluida la determinación de efectos toxicológicos.

Nombre: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS).

Descripción: Este instituto francés es una organización nacional que sirve al gobierno y a la industria con su experiencia en investigación en una gran variedad de áreas, entre ellas los impactos de la industria en el medio ambiente.

Nombre: Naturvårdsverket (Swedish Environmental Protection Agency-SNV).

Página web: <http://www.naturvardsverket.se>

Descripción: Esta agencia apoya los programas de investigación en muchas áreas de la evaluación de riesgos, sobre todo la salud humana (riesgos de la contaminación del aire) y ecología/ecotoxicología (organismos transgénicos y contaminantes orgánicos persistentes) como parte de su compromiso con la investigación de 13 áreas prioritarias que han sido calificadas como «amenazas al medio ambiente» y con el objetivo del desarrollo sostenible.

Nombre: Norwegian Pollution Control Authority (SFT).

Página web: <http://www.sft.no/english>

Descripción: La SFT es una entidad de control de la contaminación que tiene varios departamentos responsables de llevar a cabo trabajos relacionados con la evaluación de riesgos de sustancias nuevas y existentes.

ORGANISMOS Y ORGANIZACIONES

Nombre: RIVM-National Institute of Public Health and the Environment.

Página web: <http://www.rivm.nl>

Descripción: Este instituto de salud pública y medio ambiente es una organización fundada por el gobierno holandés y algunas fuentes comerciales y está constituida por siete divisiones. La división VI se dedica a las sustancias y riesgos e incluye laboratorios como el centro de asesoramiento toxicológico, el de ecotoxicología, carcinogénesis y mutagénesis, y el de investigación de la radiación. Las divisiones tienen experiencia en la investigación y el asesoramiento acerca de los efectos y riesgos de la exposición de las personas y ecosistemas a sustancias de origen antropogénico, naturales o combinaciones de éstas. El trabajo que se realiza incluye la evaluación de peligros y riesgos de productos químicos. También se publica el RIVM. Reports-a quarterly bulletin, una revisión anual de los informes disponibles y un informe científico anual.

Nombre: Service de l'Environnement Industriel (SEI).

Descripción: El SEI es un departamento de la Direction de la Prevention des Pollutions et des Risques (Dirección de la prevención de las contaminaciones y los riesgos) y su trabajo abarca los riesgos de la industria petroquímica, la biotecnología y las industrias de la agricultura y la alimentación. Trabaja en estrecha colaboración con INERIS Francia.

Nombre: TNO Institute for Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation, Division of Environmental Quality and Safety.

Página web: <http://www.tno.nl>

Descripción: El Instituto TNO de ciencias medioambientales, investigación de la energía e innovación de procesos es un centro experto y un instituto de investigación para la industria y los organismos gubernamentales.

Nombre: UK Health and Safety Executive.

Página web: <http://www.hse.gov.uk>

Descripción: Aunque su experiencia se centra sobre todo en el área de salud y seguridad profesional en el Reino Unido, se extiende a la seguridad pública ante instalaciones y actividades peligrosas.

Nombre: UK Institute of Terrestrial Ecology (ITE).

Página web: <http://www.nmw.ac.uk:80/ite>

Descripción: La estación de investigación del Instituto de Ecología terrestre en Monks Wood es una de las seis estaciones del ITE. Normalmente se realizan investigaciones en las áreas de evaluación de peligros y riesgos de productos químicos y de ecotoxicología en los compartimentos terrestre y acuático.

Nombre: Instituto Nacional de Toxicología.

Página web: <http://www.mju.es>

Descripción: Dependiente del Ministerio de Justicia español, el Instituto Nacional de Toxicología a través de su servicio de información toxicológica (sit@mju.es) ofrece información sobre las propiedades (eco)toxicológicas de multitud de sustancias químicas.

BASES DE DATOS CON INFORMACIÓN QUÍMICA Y (ECO)TOXICOLÓGICA

Nombre: Agency for Toxic Substances and Disease Registry HazDat.

Descripción: Información sobre liberaciones de sustancias peligrosas y efectos para la salud, basada en datos e hipótesis de exposición de los EE.UU. Magníficos perfiles toxicológicos en los que se incluyen los efectos y las exposiciones.

Soporte: Internet: <http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080/hazdat.html#A3.1>

Fuente: ATSDR, U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

Nombre: Aquatic Information Retrieval (AQUIRE).

Descripción: Datos sobre 5.600 sustancias, extraídos de un conjunto de estudios de toxicidad acuática. Soporte: Red y disquete.

Fuente: Elaborada por la Agencia de Protección Medioambiental (EE.UU.); distribuida por Chemical Information Systems Inc.

Nombre: BEILSTEIN.

Descripción: Beilstein informationssysteme facilita información sobre todos los compuestos orgánicos, sobre su toxicidad y sobre los efectos medioambientales que producen. La información se ofrece en varios productos: red, en CD-ROM o en manual. Dicha información también está disponible en <http://www.beilstein.com>

Soporte: Red por STN y Dialog, CD-ROM y manual.

Fuente: Beilstein informationssysteme GmbH, Varrentrappstr.

Nombre: CHEMBANK.

Descripción: Banco de datos compuesto por cinco bases de datos: HSDB, OHMTADS, CHRIS, RTECS e IRIS.

Soporte: CD-ROM.

Fuente: Silver Platter Information Ltd. Oficina del Reino Unido.

Nombre: CHEMBASE Physical Properties Database.

Descripción: Denominaciones químicas, propiedades físico-químicas y estructuras de 7.000 sustancias.

Soporte: CD-ROM.

Fuente: Syracuse Research Corporation, Merrill Lane, Syracuse, Nueva York.

Nombre: CHEMDATA.

Descripción: Más de 70.000 entradas con información sobre propiedades físicas, denominaciones y códigos, datos de manejo y efectos para la salud.

Soporte: Programa informático para todo tipo de ordenadores con un compilador de lenguaje C.

Fuente: Environmental Safety Centre, National Chemical Emergency Centre, Reino Unido.

Nombre: CHEMEST.

Descripción: Propiedades físico-químicas de sustancias empleadas en la evaluación del riesgo medioambiental.

Soporte: Red.

Fuente: Technical Database Service Inc., Nueva York.

Nombre: CHEMICAL ABSTRACTS.

Descripción: Resúmenes de publicaciones del mundo entero relativas a todos los campos de la química, incluidos el destino y comportamiento medioambientales y la ecotoxicología. Más de 12 millones de entradas.

Soporte: CD-ROM.

Fuente: Chemical Abstracts Service. 2540 Olentangy River Road. PO Box 3012, Columbus. OH 43210-0012, EE.UU.

BASES DE DATOS CON INFORMACIÓN QUÍMICA Y (ECO)TOXICOLÓGICA

Nombre: Chemical Hazards Response Information System (CHRIS).

Descripción: Información sobre las propiedades físico-químicas y la potencialidad de riesgo biológico y de incendio de más de 1.000 sustancias, para su uso en casos de vertidos.

Soporte: Red y CD-ROM (dentro de CHEMBANK).

Fuente: US Government Printing Office, Office of Electronic Information Dissemination Services, Washington.

Nombre: Chemical Information System (CHRIS).

Descripción: Banco de datos con información química sobre propiedades físicas y químicas, manejo y respuesta, efectos para la salud y efectos para el medio ambiente.

Soporte: Disponible en un servidor de red de Rosslyn, Virginia, EE.UU.

Fuente: Chemical Information Systems Inc., 810 Gleneagles Street, Suite 300, Towson, MD 21286, EE.UU.

Nombre: Chemical Safety Newbase.

Descripción: Base de datos con información bibliográfica, resúmenes, etc., obtenida de todo tipo de fuentes, sobre peligros químicos, incluidos vertidos, liberaciones accidentales, eliminación de sustancias químicas, etc.

Soporte: Red: KR DIALOG, Data-Star, STN International, Questel-Orbit.

Fuente: Royal Society of Chemistry, Information Services, Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge.

Nombre: CHEMTOX.

Descripción: Contiene información acerca de más de 10.000 sustancias químicas peligrosas, sus propiedades físico-químicas, toxicidad, efectos, información sobre vertidos.

Soporte: CD-ROM, red.

Fuente: Resource Consultants Inc., 7121 Crossroads Blvd., Brentwood, TN 37027, EE.UU.

Nombre: Dictionary of Substances and their Effects (DOSE).

Descripción: Información de referencia sobre más de 4.000 sustancias químicas. De ellas se facilitan los límites laborales de exposición, toxicidad para mamíferos y aves, ecotoxicidad y destino medioambiental, y propiedades físicas.

Soporte: Copia impresa, CD-ROM.

Fuente: Royal Society of Chemistry, Information Services. Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge.

Nombre: ECETDC Aquatic Toxicity (EAT).

Descripción: Información sobre toxicidad de algunas sustancias para especies acuáticas, tanto de agua dulce como salada.

Soporte: Copia impresa y disquete.

Fuente: ECETOC, Avenue E. Van Nieuwenueye 4 (Bte. 6), B-1160, Bruselas, Bélgica.

Nombre: Environmental Chemicals Data and Information Network (ECDIN).

Descripción: Banco de datos europeo sobre sustancias químicas (más de 700.000 entradas) con nombres, propiedades físicas y químicas, toxicidad, efectos para la salud y para el medio ambiente, tránsito y destino medioambientales, etc.

Soporte: Red.

Fuente: Environmental Research Programme of the Joint Research Centre (JRC) de la Comisión para las Comunidades Europeas, Institute for Advanced Materials, Petten Establishment, Países Bajos.

BASES DE DATOS CON INFORMACIÓN QUÍMICA Y (ECO)TOXICOLÓGICA	
Nombre: Environmental Fate (ENVIROFATE).	
Descripción: Información sobre propiedades físico-químicas e índices de transformación medioambiental.	
Soporte: Red.	
Fuente: Elaborada por la Agencia de Protección Medioambiental (EPA). Distribuida por Chemical Information Systems Inc., Gleneagles Street, Suite 300, Towson, MD 21286, EE.UU.	
Nombre: Environmental Fate Databases.	
Descripción: Información de propiedades físico-químicas e índices de transformación medioambiental (14.000 sustancias).	
Soporte: Red y disquete.	
Fuente: Syracuse Research Corporation, Merrill Lane, Syracuse. NY 13210. EE.UU.	
Nombre: EXICHEM.	
Descripción: Información acerca de campos de investigación de sustancias químicas, en que trabajan miembros de la OCDE.	
Soporte: Disquete y página web: http://oracle.bangor.ac.uk/exichem/	
Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2 rue André Pascal, 75775 Paris Cedex 16, Francia.	
Nombre: The CHEMTOX Database.	
Descripción: Información sobre 7.100 sustancias químicas, sus denominaciones, números CAS, sinónimos, propiedades físico-químicas, toxicología, peligros de transporte y respuesta de urgencia.	
Soporte: Disquete.	
Fuente: Resource Consultants Inc., 7121 CrossRoads Blvd. Brentwood, TN 37027, EE.UU.	
Nombre: IUCUD (International Uniform Chemical Information Database)	
Descripción: Éste es un instrumento básico para el establecimiento de prioridades y para la evaluación de riesgos en el seno del programa de la UE para la evaluación de riesgos. La información recogida describe los efectos de ciertas sustancias químicas para el ser humano y para el medio ambiente.	
Soporte: Pueden encontrarse versiones no confidenciales en CD-ROM.	
Fuente: Environment Institute, European Chemicals Bureau T.P. 280, J.R.C.-Ispra, 21020 Ispra (VA), Italia.	

Directorio de páginas web de interés

FUENTES DE RIESGO (SUSTANCIAS)			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦♦	http://chemfinder.cambridge.com/	Chemfinder.com Database&Internet Searching	Directorio de búsqueda de información relativa a productos y sustancias químicas.
♦♦	(*) http://www.icheme.org/	Institution of Chemical Engineers (IchemE)	IChemE organismo internacional que facilita información y servicios a las partes involucradas en el área de la industria Química, Bioquímica e Ingeniería de Procesos.
♦♦	http://mahbsrv.jrc.it/databases-DBEuclide.html	Major Accident Hazards Bureau	Emission of Unwanted Compounds Linked to Industrial Disasters and Emergencies (EUCLIDE). La base de datos EUCLIDE fue realizada con la intención de reunir, organizar y procesar información relacionada con sucesos accidentales que implicasen la formación de sustancias peligrosas como resultado de un proceso fuera de control en una establecimiento industrial.
♦♦	http://www.microrisk2001.gr/SevIISubs_upd000619.xls	Microrisk	Documento en formato Excel con un listado de sustancias del anexo de la Directiva 96/82/CE clasificadas en función de varios criterios (Toxicidad, frases R, etc.).
♦♦♦	http://www.proteccioncivil.org	Ministerio del Interior-Dirección General de Protección Civil	En su espacio reservado al punto de encuentro químico, se ofrece información relativa a la aplicación de la Directiva Seveso II. Destaca, el Proyecto AIDA (Ayuda a la interpretación del anexo I del Real Decreto 1254/1999 - Directiva SEVESO II) y el Manual de Fichas Toxicológicas de Emergencia.
♦♦	http://www.nrc.uscg.mil/nrchp.html	NRC National Response Service	Página principal del Centro Nacional de Respuesta de los Estados Unidos con información sobre vertidos de aceites y productos químicos.
♦♦♦	http://www.oecd.org/EN/home/0,,EN-home-520-14-no-no-no-no,00.html	OCDE	Apartado de la web dedicado a la seguridad química.

FUENTES DE RIESGO (SUSTANCIAS)			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦♦	http://www1.oecd.org/ehs/y2k/US-Smefina4.pdf	OCDE-US Environmental Protection Accident (EPA)	Información sobre el manejo y gestión de productos químicos en plantas industriales de pequeño y medio tamaño.
♦♦	http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/	University of Akron	Contiene una base de datos de productos químicos desarrollada por el departamento de química de la Universidad de Akron (Estados Unidos).
♦♦♦	http://tis-hq.eh.doe.gov/web/chem_safety/Msds.html	US Department of Energy. Environment, Safety and Health Information portal.	Fuente de información sobre hojas de seguridad de materiales (Material Safety Data Sheets, MSDSs).
♦♦	http://www.osha-slc.gov/SLTC/processsafetymanagement/index.html	US Department of Labour	En su apartado sobre gestión segura de procesos (Safety Process Management), el Departamento de Trabajo presenta un programa sobre reactividad química. Proporciona una hoja de cálculo para determinar los productos más probables derivados de transformaciones de sustancias implicadas en un accidente.
♦♦♦♦	http://siri.uvm.edu/	Vermont Safety Information Resources	Información sobre hojas de seguridad y salud ocupacional.

METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦	http://www.microrisk2001.gr/metatechnical1.doc	Belgian Ministry of Employment and Labour Administration of Labour Safety	Sistema de evaluación para la gestión de la seguridad en procesos industriales.
♦♦♦	http://www.nihs.go.jp/GINC/webguide/csinfo.html	Chemical Safety Information	Incorpora una serie de vínculos hacia sitios web de Organizaciones Internacionales y Países en los que se tratan los principales aspectos de la seguridad química y efectos medioambientales.
♦	http://www.euskadi.net/vima_aguas/calidad_biologica_c.htm	Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco	En este apartado de su página web, el organismo autónomo vasco presenta una variedad de indicadores biológicos de cara a evaluar la calidad de las aguas y, en consecuencia, para el control de la contaminación de los ríos.

METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦♦♦	http://www.defra.gov.uk/environment/chemicals/specific.htm	Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA)	Sección de Protección ambiental específicamente dedicada a los aspectos químicos. Cuenta con una serie de guías e informes sumamente interesantes.
♦♦♦♦	http://reports.eea.eu.int/92-9167-054-5/en/tab_content_RLR	EEA European Environmental Agency	Dentro del proyecto Europeo CORINE, el documento presenta una base de datos con información referida a diferentes tipos de Biotopos en la Unión Europea.
♦♦	http://mahbsrv.jrc.it/downloads-pdf/inspecf.pdf	Instituto de Sistemas Informáticos y Seguridad - Comisión Europea	Guía para la realización de inspecciones derivadas del cumplimiento del artículo 18 de la Directiva 96/82/CE SEVESO II.
♦♦♦♦	http://www.weblakes.com/eco_protocol.html http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/combust/eco-risk	Lakes Environmental	En este sitio web se puede consultar US EPA guía para la evaluación del riesgo: the 1999 US EPA - OSW Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol.
♦♦♦♦	Documento adquirido	National Institute of Public Health and the Environment (The Netherlands)	Interesante documento que aporta una visión global sobre los límites de riesgo. Establece una serie de concentraciones máximas permisibles para aguas superficiales, atmósfera, aguas subterráneas y sedimento para aproximadamente 200 sustancias.
♦♦♦♦	http://cfpub1.epa.gov/ncea/cfm/nceahome.cfm	NCEA National Center for Environmental Assessment	Junto con la página web de US EPA Superfund, constituye el principal referente en materia de evaluación de riesgo en la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana.
♦♦♦	http://www.oalis.oecd.org/olis/2002doc.nsf/LinkTo/env-jm-mono(2002)24	OCDE	Interesante documento relacionado con las consecuencias medioambientales de los accidentes químicos.
♦♦	http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/managmnt/ioha/index.htm	Organización Internacional del Trabajo	Revisión y análisis de sistemas de salud ocupacional y seguridad a nivel internacional, nacional y regional.
♦♦♦	http://www.rff.org/CFDOCS/disc_papers/PDF_files/9749.pdf	Resources for the Future (RFF)	Página web de la organización de investigación independiente «Recursos para el futuro». En el artículo se presenta una discusión acerca de la evaluación del riesgo para los programas de conservación del medio natural. Contiene una serie de criterios muy interesantes a la hora de establecer un marco de criterios de importancia ecológica.
♦♦♦	http://www.sopac.org.fj/Projects/Evi/Index.htm	South Pacific Applied Geoscience Commission	Interesante proyecto dedicado al estudio y desarrollo de un índice de vulnerabilidad medioambiental (EVI Web). En el trabajo se proponen una serie de indicadores de vulnerabilidad.

METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦♦♦♦	http://www.marlin.ac.uk	The Marine Life Information Network for Britain & Ireland	La página web de la red de información sobre la vida marina del Reino Unido e Irlanda presenta, en su apartado de publicaciones, la versión final sobre un estudio en el que se identifican las vulnerabilidades de especies y ecosistemas.
♦♦♦	http://www.environment-agency.gov.uk/yourenv/consultations/137431/?lang=_e&region=	UK Environment Agency	Guía pormenorizada sobre el análisis de riesgo medioambiental para la aplicación de COMAH Regulations (Legislación del Reino Unido para la trasposición de la Directiva Seveso II).
♦♦♦♦	http://www.oehha.ca.gov/	US CALEPA Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA)	Entre otra información interesante, contiene una base de datos sobre el factor de exposición y toxicidad relacionada con diferentes especies salvajes. La página cuenta además con un completo apartado dedicado a la evaluación del riesgo ecológico.
♦♦♦♦	http://www.esd.ornl.gov/programs/ecorisk/ecorisk.html	US Department of Energy-Oak Ridge National Laboratory	El Laboratorio norteamericano de Oak Ridge facilita en esta página web numerosa información relacionada con la evaluación de Riesgo Ecológico, así como vínculos hacia otras direcciones y documentos relacionados.
♦♦♦♦	http://www.epa.gov/ceppo/pubs/cameofctsht.pdf http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoweb.nsf/content/index.html	US Environmental Protection Agency (EPA)	El Sistema CAMEO es un conjunto de aplicaciones informáticas que incluyen una base de datos sobre productos químicos junto con sistema de simulación de dispersión atmosférica.
♦♦♦	http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoweb.nsf/content/RMPS.htm?OpenDocument	US Environmental Protection Agency (EPA) - Chemical Emergency Preparedness and Prevention	Variación de información relacionada con el centro de Emergencias Químicas de la EPA en referencia a la gestión de planes de riesgo.
♦♦♦♦	http://www.epa.gov/superfund/health/risk/index.htm	US EPA Superfund	Dentro de su programa Superfund presenta una serie de recursos muy interesantes de cara a la evaluación del Riesgo desde el punto de vista medioambiental.
♦♦♦♦	http://www.calepa.ca.gov/	US California Environment Protection Agency (CALEPA)	Información sobre control de sustancias tóxicas y guía para el análisis del riesgo ecológico.
♦♦	http://hazard.com	Vermont Safety Information Resources	Buscador especializado en aspectos de la Seguridad.

ACCIDENTES GRAVES ACAECIDOS			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦♦♦	(♣) http://www.aiche.org/ccps/lldb.htm	American Institute of Chemical Engineers	Process Safety Incident Database. Base de datos impulsada por The Center for Chemical Process Safety (CCPS) de cara a reunir información y experiencias sobre incidentes en la seguridad.
♦♦♦	http://mahbsrv.jrc.it/mars/	Major Accident Hazards Bureau	The Major Accident Reporting System (MARS). Base de datos y sistema de notificación de Accidentes Graves.
♦♦♦	http://www1.oecd.org/EHS/CARAT/v3.0/htm/default.htm	OCDE	Chemical Accident Risk Assessment Thesaurus (CARATTM). Base de datos con información referente a legislación, estándares, guías y términos relacionados con el análisis y evaluación de riesgos de fugas accidentales de productos químicos en establecimientos industriales.
♦♦	http://www.csb.gov/circ/	US Chemical Safety and Hazard Investigation Board	Chemical Incident Report Center. Servicio de Información del US Chemical Safety and Hazard Investigation Board en forma de base de datos on line sobre incidentes químicos.
♦♦	(♣) http://www.hse.gov.uk/infoserv/mhidas.htm	UK Health and Safety Executive	The Major Hazard Incidents Data Service (MHIDAS). Base de datos mantenida por la empresa consultora británica AEA Technology plc, en representación del departamento de salud y seguridad del Reino Unido. Contiene información sobre incidentes y accidentes ocurridos durante el transporte, proceso y almacenamiento de sustancias peligrosas.
♦	http://www.uneptie.org/pc/apell/disasters/lists/disastercat.html	UNEP - Awareness and Preparedness for Emergencies on a Local Level	Selección de accidentes ordenados por categorías en los que se han visto implicadas sustancias peligrosas.
♦♦	http://www.dne.bnl.gov/etd/csc/	US Department of Advanced Technology	Sumarios y revisión de los sucesos químicos notificados por el US Department of Energy's Occurrence.

SISTEMAS DE TRANSPORTE (MODELOS Y SISTEMAS DE DISPERSIÓN AMBIENTAL)			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦♦	http://www.oecd.org/EN/about/0..EN-about-522-nodirectorate-no-no-no-8,00.html	OCDE	Dentro del directorio de medio ambiente, el sitio dedica un apartado al riesgo químico. Presenta diferentes modelos de dispersión.

APLICACIÓN/TRASPOSICIÓN DIRECTIVA SEVESO II			
Interés	Dirección Web	Organización	Información en la página
♦♦	http://europa.eu.int/comm/environment/seveso/index.htm#1	Comisión Europea	Prevención y Respuesta en Accidentes Químicos. Marco legislativo y repaso histórico sobre las Directivas SEVESO I y II.
♦♦♦	http://europa.eu.int/comm/environment/seveso/consultation.htm	Comisión Europea	Documentos relacionados con la fase de consulta de la Directiva 96/82/CE SEVESO II.
♦♦♦	http://www.hse.gov.uk/hid/seveso2/	Health & Safety Executive – Hazardous Installations Directorate	El ejecutivo británico para la salud y la seguridad dentro de su página dedicada a instalaciones peligrosas, ofrece una serie de documentos interesantes en lo que se plantea la implantación de la Directiva Seveso II junto con la evaluación de Riesgo Medioambiental derivada.
♦♦♦	http://mahbsrv.jrc.it/GuidanceDocs.html	Major Accident Hazards Bureau	Variedad de guías de apoyo a la interpretación de la directiva SEVESO II así como documentación referente a sustancias peligrosas para el medio ambiente.
♦♦♦	http://www.proteccioncivil.org	Ministerio del Interior - Dirección General de Protección Civil	Dentro de su espacio reservado al punto de encuentro químico, la página ofrece información relativa a la aplicación de la Directiva Seveso II, información toxicológica, etc. Destacan por su especial interés, el Proyecto AIDA (Ayuda a la interpretación del anexo I del Real Decreto 1254/1999 relativo a los accidentes graves - Directiva SEVESO II) y el Manual de Fichas Toxicológicas de Emergencia de las sustancias incluidas en el anexo I del Real Decreto 1254/99.

Las páginas web que aparecen acompañadas del símbolo (♣) requieren de un proceso de suscripción (Membership Access) o simplemente constituyen vínculos en los que es necesario adquirir determinados productos.

Clave	Grado de interés
♦♦♦♦	Muy Alto
♦♦♦	Alto
♦♦	Normal
♦	Bajo

- Agencia Europea de Medio Ambiente (1998), «Evaluación del riesgo medioambiental: Enfoque, experiencias y fuentes de información», *Serie sobre temas medioambientales*, núm. 4, Copenhague.
- Bellamy, L. J.; Brouwer; Williët G. J. (1999), «AVRIM2, a Dutch major hazard assessment and inspection tool», *Journal of Hazardous Materials*, núm. 65, pp. 191-210.
- Bottelberghs, P. H. (2000), «Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands», *Journal of Hazardous Materials*, 71, pp. 59-84.
- Centro del patrimonio mundial (WHC) (1999), «Directrices prácticas sobre la aplicación de la Convención para la protección del patrimonio mundial», *Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura*, WHC.99/2.
- Chemical Abstracts Service (2004), <<http://www.cas.org>> (Consulta: 9 de marzo de 2003).
- Christou, M. (2000), «Substances dangerous for the environment in the context of Council Directive 96/82/EC», *Final report*, Joint Research Centre, European Commission.
- COMAH Competent Authority (1999), *Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports*, File Number: 0303com.doc
- Comisión de las Comunidades Europeas (2001), Libro blanco, *Estrategia para la futura política en materia de sustancias y preparados químicos*, COM(2001) núm. 88 final, Bruselas.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (1998), «Enfoques metodológicos para la valorización económica de impactos ambientales. Unidad de economía ambiental», *Documento de trabajo* núm. 8, Serie Economía Ambiental, México.
- Consejería de Gobernación (Junta de Andalucía) y CIEMAT (1996), *Evaluación de estudios y seguridad y planes de emergencia interior*, Estudios, Serie Protección Civil.
- Cowan, C. E.; Versteeg, D. J.; Larson, R. J.; Kloepper-Sams, P. J. (1994), «Integrated approach for environmental assessment of new and existing substances», *Regulatory toxicology and pharmacology*, núm. 21 (1995), pp. 3-31.
- Department of the environment, transport and the regions (DETR) (1999), *Environmental sampling after a chemical accident*, Her Majesty's stationary office.
- Department of the environment, transport and the regions (DETR) (1999), *Guidance on the interpretation of major accident to the environment for the purposes of the COMAH regulations*, Her Majesty's stationary office.
- Dirección General de Bellas Artes, Secretaría de Estado de Cultura (Ministerio de Educación y Cultura) (2003), <<http://www.mcu.es/bases/spa/inmu/INMU.html>> (Consulta: 12 de abril de 2003).
- Dirección General de Protección Civil (Ministerio del Interior) (2003), *Guía para la realización de inspecciones técnicas administrativas en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II)*.

- Dirección General de Protección Civil (Ministerio del Interior) (1994), *Guías Técnicas sobre análisis de riesgos*, Centro Nacional de Información y Documentación guías Técnicas.
- Dongwoon Kim; Il Moon; Youngsoon Lee; Donghyun Yoon (2003), «Automatic generation of accident scenarios in domain specific chemical plants», *Journal of loss prevention in the process industries*, núm. 16, pp. 121-132.
- Eriksson, L.; Tysklind, M. (1995), *A multivariate approach to risk assessment of environmentally occurring chemicals*, *Mathl. Comput. Modelling*, vol. 21, núm. 9, pp. 49-54.
- Eunis habitat classification (versión 2.3) (2002), European Environment Agency, <<http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS/home.html>> (Consulta: 12 de febrero de 2003).
- EUROPARC (2002), *Plan de acción para los espacios naturales protegidos del estado español*, Organismo Autónomo Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente.
- Faisal I. Khan; S. A. Abbasi (1998), «Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries», *Journal of loss prevention in the process industries*, núm. 11, pp. 261-277.
- Faisal I. Khan; S. A. Abbasi (1999), «Analytical simulation and PROFAT II: a new methodology and a computer automated tool for fault tree analysis in chemical process industries», *Journal of Hazardous Materials*, A75 (2000), pp. 1-27.
- Ferreira, J. G. (2000), «Development of an estuarine quality index based on key physical and biogeochemical features», *Ocean & coastal management*, núm. 43, pp. 99-122.
- Finizio, A.; Calliera, M.; Vighi, M. (2000), «Rating system for pesticide risk classification on different ecosystem», *Ecotoxicology and environmental safety*, núm. 49 (2001), pp. 262-274.
- Finizio, A.; Villa, S. (2001), «Environmental risk assessment for pesticides, a tool for decision making», *Environmental impact assessment review*, núm. 22 (2002), pp. 235-248.
- Finney, D. L. (1971), *Probit analysis*, Cambridge University Press, London.
- Fthenakis, V. M. (2001), «A release of nitrogen oxides in Bogalusa, Louisiana and similarities of causation to the Bhopal MIC release», *Journal of loss prevention in the process industries*, núm. 14, pp. 245-250.
- Giovannini, B. (2001), *Création d'un pôle de compétences sur l'évaluation de la sécurité des procédés chimiques (DRA-005) Rapport intermédiaire d'opération*, Ineris-Institut National de L'Environnement Industriel et des Risques, France.
- Gowland, R. (1999), «Is the Seveso II directive an improvement on its predecessor? A chemical industry safety professional's personal view», *Journal of Hazardous Materials*, núm. 65, pp. 15-22.
- Guerbet, M.; Jouany, J. M. (2001), «Value of the SIRIS method for the classification of a series of 90 chemicals according to risk for the aquatic environment», *Environmental impact assessment review*, núm. 22 (2002), pp. 377-391.
- Hourtolou, D. (2002), *Analyse des risques et prévention des accidents majeurs (DRA-007) Rapport final*, Ineris-Institut National de L'Environnement Industriel et des Risques, France.
- Human and ecological risk assessment (2001), *CRC Press*, volume 7, number 2.
- Kirchsteiger, C. (2002), «Towards harmonising risk-informed decision making: the ARAMIS and compass projects», *Journal of loss prevention in the process industries*, núm. 15, pp. 199-203.

- Klöpffer, W. (1996), «Environmental hazard assessment of chemicals and products. Part VII. A critical survey of exposure data requirements and testing methods», *Chemosphere*, vol. 33, núm. 6, pp. 1101-1117.
- Ministere de L'Aménagement du Territoire et L'Environnement (2001), *The french approach to contaminated-land management*, BRGM/RP-51098, République Française.
- Ministerio de Medio Ambiente (2004), *Banco de datos de la naturaleza. Espacios protegidos*, <http://www.mma.es/conserv_nat/inventarios/espacios_protegidos/espacios.htm> (Consulta: 10 de marzo de 2003).
- Ministerio de Medio Ambiente (2004), *Banco de datos de la naturaleza. Inventario nacional de hábitat del Estado español*, <http://www.mma.es/conserv_nat/inventarios/bancodatos/html/habitat.htm#arriba> (Consulta: 25 de marzo de 2003).
- Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (2001), «Implementation strategy on management of substances», *Progress report*, The Netherlands.
- Mitchison, N. (1999), «The Seveso II directive: guidance and fine-tuning», *Journal of hazardous materials*, núm. 65, pp. 23-36.
- Moreno, D.; Grau, M., *La seguridad industrial ante los accidentes graves*, <www.ffii.nova.es/f2i2/publicaciones/> (Consulta: 18 de junio de 2003).
- Morgenstern, R. D.; Jhih-Shyang Shih; Sessions, S. L. (2000), «Comparative risk assessment: an international comparison of methodologies and results», *Journal of hazardous materials*, núm. 78, pp. 19-39.
- Mumtaz, M. M.; Hertzberg, R. C. (1993), «The status of interactions data in risk assessment of chemical mixtures», *Toxicol. Ind. Health*, 8(6), pp. 377-406.
- Mumtaz, M. M.; Sipes, I. G.; Clewell, H. J.; Yang, R. S. H. (1993), «Risk assessment of chemical mixtures», *In hazard assessment of chemicals*, vol. 8, pp. 47-79. Hemisphere, Washington, DC.
- Nakanishi, J.; Gamo, M.; Iwasa, Y.; Tanaka, Y. (2001), *Environmental risk evaluation of chemicals: Achievements of the project and seeds for the future-development of metrics for evaluating risks*, Chemosphere.
- National Institute of Public Health and the Environment (RIVM) (1999), *Environmental risk limits in the Netherlands*, RIVM Rapport 601640001.
- Odum, E. P. (1985), *Fundamentos de ecología*, Interamericana, México.
- Organization of economic co-operation and development (OECD) (1989), «Report of the OECD workshop on ecological effects assessment», *OECD Environment monographs*, núm. 26, París.
- Papazoglou, I. A.; Aneziris, O. N. (2001), «Master Logic Diagram: method for hazard and initiating event identification in process plants», *Journal of hazardous materials*, A97 (2003), pp. 11-30.
- Papazoglou, I. A.; Aneziris, O. N.; Post, J. G.; Ale, B. J. M. (2002), «Technical modelling in integrated risk assessment of chemical installations», *Journal of loss prevention in the process industries*, núm. 15, pp. 545-554.
- Peña, C. E.; Dean, E. C.; Ayala-Fierro, F. (2001), *Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental*, Distributed on the internet via the southwest hazardous waste program website at <<http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>> (Consulta: 19 de enero de 2003).
- Powell, M. R.; Wilson, J. D. (1997), «Assessment for national natural resource conservation programs», *Resources for the future*, discussion paper, pp. 97-49.

- Ruiz Boada, F. J.; Santos, J.; Garcés de Marcilla, A.; Martínez, J.; Román, S. (2003), *Metodología para el Analisis de Riesgos Ambientales en el marco de la Directiva Comunitaria 96/82/CE-Seveso II*.
- Santamaría J. M.; Braña P. A. (1994), *Análisis y reducción de riesgos en la industria química*, Fundación Mapfre.
- Scott, A. (1998), «Environment-accident index: Validation of a model», *Journal of Hazardous Materials*, núm. 61, pp. 305-312.
- Seed, J.; Brown, R. P.; Olin, S. S.; Foran, J. A. (1995), «Chemical mixtures: current risk assessment methodologies and future directions», *Regulatory toxicology and pharmacology*, núm. 22, pp. 76-94.
- Sociedad pública gestión ambiental (IHOBE) (1993), «Guía metodológica de análisis de riesgos para la salud humana y los ecosistemas», *Investigación de la contaminación del suelo*, Gobierno Vasco.
- Tarazona, J. V.; Fresno, A.; Aycard, S.; Ramos, C.; Vega, M. M.; Carbonell, G. (2000), «Assessing the potential hazard of chemical substances for the terrestrial environment. Development of hazard classification criteria and quantitative environmental indicators», *The Science of the Total Environment*, núm. 247, pp. 151-164.
- UK Environment Agency (EA) (2002), *Environmental Protection Operator and Pollution Risk Appraisal*.
- UNESCO (1999), *Unesco Geoparks Programme*, Proc. 156th Session of UNESCO Executive Board, 156 Ex/11, París.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1986), *Guidelines for the health risk assessment of chemical mixtures*, Fed. Reg. 51(185).
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1992), *Hazard ranking system guidance manual*, EPA 540-R-92-026.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1998), *Guidelines for ecological risk assessment*, EPA/630/R-95/002F.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1999), *Screening level ecological risk assessment protocol for hazardous waste combustion facilities*, EPA 530-D-99-001^a.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2000), *General guidance for risk management programs (40 CFR PART 68)*, EPA 550-B-00-008.
- Van Leeuwen, C. J.; Bro-Rasmussen, F.; Feijtel, T. C. J.; Arndt, R.; Bussian, B. M.; Clamari, D.; Glynn, P.; Grandy, N. J.; Hansen, B.; Van Hemmen, J. J.; Hurst, P.; King, N.; Koch, R.; Müller, M.; Solbé, J. F.; Speijers, G. A. B.; Vermeire, T. (1996), «Risk assessment and management of new and existing chemicals», *Environmental toxicology and pharmacology*, núm. 2, pp. 243-299.
- Van Leeuwen, C. J.; Hermens J. L. M. (1995), *Ecotoxicological effects in: risk assessment of chemicals. An introduction*, Kluber Academic Publishers, Dordrecht, pp. 175-237.
- Vaurio, J. K. (2001), «Common cause failure probabilities in standby safety system fault tree analysis with testing-scheme and timing dependencies», *Reliability engineering and system safety*, núm. 79 (2003), pp. 43-57.
- Vega, M. M.; Ramos, C.; Aycart, M.; Carbonell, G.; Tarazona, J. V.; Fresno, A. (2000), *Desarrollo de un sistema de identificación/clasificación de peligros para el medio ambiente terrestre. Posición y aportación española en la Unión Europea*, Centro de publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente.

-
- Vighi, M.; Altenburger, R.; Arrhenius, A.; Backhaus, T.; Bödeker, W.; Blanck, H.; Consolero, F.; Faust, M.; Finizio, A.; Froehner, K.; Gramatica, P.; Grimme, L. H.; Grönvall, F.; Hamer, V.; Scholze, M.; Walter, H. (2001), «Water quality objectives for mixtures of toxic chemicals: problems and perspectives», *Ecotoxicology and environmental safety*, núm. 54 (2003), pp. 139-150.
- Wettig, J.; Porter, S.; Kirchsteiger, C. (1999), «Major industrial accidents regulation in the European Union», *Journal of loss prevention in the process industries*, núm. 12, pp. 19-28.
- Wilson, A. R. (1991), *Environmental Risk: Identification and Management*, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI.