



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE

Dirección General del Agua

Subdirección General de Protección de las Aguas y Gestión de Riesgos

**Directrices para la Protección de las Aguas
Subterráneas frente a la Contaminación Puntual**

**Valores Genéricos de Referencia de Calidad de las
Aguas Subterráneas
y Protocolos de Actuación en Acuíferos
Contaminados**

Julio 2020



DIRECTRICES PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS FRENTE A LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL

VALORES GENÉRICOS DE REFERENCIA DE CALIDAD Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN EN ACUÍFEROS CONTAMINADOS

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Definiciones.....	3
3. Contaminación puntual de las aguas subterráneas	3
4. Valores Genéricos de Referencia de Calidad de las Aguas Subterráneas	3
5. Acuíferos contaminados.....	4
6. Actuaciones de urgencia frente a la contaminación de las aguas subterráneas.	5
7. Finalización del programa de descontaminación.....	5
8. Contaminación de suelos	5
9. Vertidos indirectos a las aguas subterráneas.....	6
10. Valoración de daños al Dominio Público Hidráulico por contaminación puntual	6

Anexos

Anexo 1: Valores Genéricos de Referencia de Calidad de las Aguas Subterráneas

Anexo 2: Contenidos mínimos de los Estudios de Caracterización Preliminar y de Diagnóstico Ambiental

Anexo 3: Criterios para la elaboración de un Análisis Cuantitativo de Riesgos

Anexo 4: Contenido mínimo del Proyecto de Descontaminación de aguas subterráneas

Anexo 5: Criterios para la valoración de daños por contaminación puntual



DIRECTRICES PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS FRENTA A LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL

VALORES GENÉRICOS DE REFERENCIA DE CALIDAD Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN EN ACUÍFEROS CONTAMINADOS

1. Introducción

El R.D.L 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, establece en sus artículos 23 y 92 d) y g) que son funciones del Organismo de cuenca la administración y control del dominio público hidráulico, y fija como objetivos concretos de su protección, entre otros, el garantizar la reducción progresiva de la contaminación de las aguas subterráneas y evitar su contaminación adicional.

En el caso de que una determinada actividad produzca daños en el dominio público hidráulico, el artículo 118 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, establece que, con independencia de las sanciones que les sean impuestas, los infractores podrán ser obligados a reparar los daños y perjuicios ocasionados al dominio público hidráulico, así como a reponer las cosas a su estado anterior.

La contaminación de las aguas subterráneas por fuentes de origen puntual es una de las causas más habituales de impacto al Dominio Público Hidráulico, junto con la contaminación difusa generada por la actividad agraria. Normalmente la contaminación puntual tiene un origen industrial y es causada, en la mayoría de los casos, por compuestos orgánicos.

El denominador común de la problemática relacionada con este tipo de contaminación es su gran complejidad técnica, de modo que las actuaciones de diagnóstico, seguimiento y saneamiento suelen resultar extremadamente costosas y lentas. Asimismo, es muy frecuente la generación de riesgos para las personas la presencia de dicha contaminación. En efecto, las sustancias contaminantes presentes en el agua subterránea, pueden ser transportadas hasta receptores sensibles o usuarios de ésta, pudiendo producir efectos adversos en su salud o estado.

A pesar de la evidente importancia y vulnerabilidad de los acuíferos subterráneos, la legislación española en materia de aguas carece de instrumentos normativos para gestionar los casos de contaminación puntual a las aguas subterráneas, así como por establecer el diagnóstico y proceso de recuperación de los acuíferos que han sido impactados por vertidos o derrames de sustancias contaminantes al subsuelo.

Por otro lado, la contaminación de las aguas subterráneas derivada de fuentes puntuales supone la tramitación de un gran número de expedientes por parte de los Organismos de cuenca, cuyo objetivo final es la reparación del daño y la reposición del medio a su estado original. Muchas de las sustancias asociadas a estas contaminaciones están incluidas en la relación primera de sustancias contaminantes del Anexo III del Reglamento del Dominio Público Hidráulico; sin embargo, para estos compuestos actualmente no se dispone de objetivos de calidad para las



aguas subterráneas, lo que dificulta el establecimiento del alcance del impacto generado (que a su vez implica la valoración de daños al dominio público hidráulico y a la tipificación de la infracción), de tal manera que se carece de criterios de restauración de los numerosos emplazamientos contaminados presentes en el Estado.

En el caso de las afecciones a suelos, dicha carencia ha sido exitosamente superada mediante la aprobación del *Real Decreto 9/2005 de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados*. Dicha norma establece concentraciones y valores cuantitativos para diferentes compuestos que permiten determinar la afección a los suelos generadas por la actividad industrial, metodología para determinar los riesgos para la salud de las personas y/o ecosistemas que ésta supone, así como criterios para definir los objetivos de remediación en los emplazamientos contaminados, en su caso.

No obstante, en materia de aguas subterráneas, y a pesar de la demanda de estándares de calidad de referencia en el ámbito nacional, aún no se ha desarrollado oficialmente ningún instrumento normativo que permita determinar cuantitativamente el impacto a la calidad de las aguas subterráneas generado por vertidos de carácter puntual, siendo habitual tener que utilizar estándares de referencia de otros países y entidades internacionales o usar normas no oficiales de carácter interno a los Organismos de cuenca, con la inseguridad jurídica que ello conlleva.

Asimismo, actualmente no existen directrices que contemplen la metodología y alcance de los análisis de riesgos necesarios para establecer las posibles consecuencias que puedan derivarse de los eventos de afección a la calidad de las aguas subterráneas, del mismo modo que no se dispone de documentos de referencia que establezcan los contenidos mínimos que una investigación hidrogeológica o estudio de caracterización y diagnóstico medioambiental deba contemplar para determinar el tipo, alcance, extensión y posible evolución de la contaminación en subsuelo.

Se ha constatado, por otro lado, que existe una evidente necesidad por parte de los Organismos de cuenca de un documento normativo de referencia que proporcione soporte jurídico para la tramitación y gestión de los numerosos expedientes de contaminación de las aguas subterráneas. También existe una clara demanda de dicha norma por los propios operadores industriales o propietarios de suelo industrial, que requieren seguridad jurídica en sus operaciones de ocupación del suelo, así como de las empresas de consultoría hidrogeológica y de ingeniería medioambiental del subsuelo, por no mencionar a los propios afectados por la contaminación de acuíferos, entre otros.

El presente documento resume las directrices para la evaluación y gestión de la contaminación de carácter puntual o focalizado de las aguas subterráneas, y presenta los Valores Genéricos de Referencia de Calidad de las Aguas Subterráneas, que permitirán evaluar el impacto de dicha contaminación. Asimismo, desarrolla los protocolos de actuación jurídicos y administrativos frente a episodios de afección a acuíferos, establece la metodología y uso de los análisis de riesgos en el marco de la gestión los acuíferos contaminados, y expone los contenidos mínimos de las investigaciones, estudios y actuaciones de diagnóstico y caracterización medioambiental y de descontaminación. Finalmente, se aportan los criterios para la valoración de daños al Dominio Público Hidráulico producidos por contaminación puntual de las aguas subterráneas.



2. Definiciones

Fase libre: Líquido inmiscible en agua que en procesos de contaminación de aguas subterráneas constituye una capa diferenciada de la misma debido a su inmiscibilidad, constituyendo un foco activo de contaminación, y pudiendo ser, según su composición, más denso o menos denso que aquella.

Foco de contaminación puntual: Causa original de la contaminación presente en uno o varios medios, o ámbito físico en el que se localizan las concentraciones más elevadas de sustancias contaminantes en el subsuelo.

Análisis cuantitativo de riesgos (ACR): Proceso de evaluación de la contaminación en el subsuelo cuyo objetivo es determinar desde el punto de vista cuantitativo el riesgo o riesgos que la misma supone para los objetos a proteger (poblaciones humanas, ecosistemas, bienes u otros recursos), de acuerdo con las características específicas del caso.

3. Contaminación puntual de las aguas subterráneas

Se considera contaminación puntual de las aguas subterráneas de un acuífero o porción de acuífero a toda afección negativa a su calidad, que tenga un foco o focos de origen antrópico concretos e identificables, y que, en general, producen o pueden producir una pluma o penacho de contaminantes debido al movimiento de las aguas subterráneas en el subsuelo, pudiendo generar riesgos para las personas, los bienes, los ecosistemas o el medio ambiente en general.

Comprobada la existencia de la contaminación puntual, la administración hidráulica llevará a cabo las siguientes actuaciones:

a) Requerir al titular de la actividad, el propietario del terreno, arrendatario, o quien por cualquier otro título jurídico haga uso del terreno, para que, en un plazo de cinco meses, presente el Estudio de Caracterización y Diagnóstico Ambiental, conforme a los criterios del Anexo 2. Este estudio debe permitir evaluar la afección a la calidad de las aguas subterráneas y establecer su alcance, tipo, extensión, dinámica y problemática. Excepcionalmente, y previa aprobación de la administración hidráulica, el plazo se ampliará a 12 meses si se presenta, en ese plazo, un Estudio de Caracterización Preliminar conforme a los criterios del mencionado Anexo.

b) La valoración de daños, de acuerdo con los criterios establecidos en el Anexo 5, y en su caso, el inicio del procedimiento sancionador.

4. Valores Genéricos de Referencia de Calidad de las Aguas Subterráneas

Los Valores Genéricos de Referencia de Calidad de las Aguas Subterráneas permiten evaluar la afección producida por la contaminación puntual, y se recogen en el Anexo 1, estableciéndose para cada sustancia los siguientes valores:

a) El **Valor Genérico De No Riesgo (VGNR)** es la concentración de sustancia en el agua subterránea por debajo de la cual no es probable que se genere un riesgo inaceptable para las personas, los bienes, los ecosistemas o el medio ambiente en general.



b) El **Valor Genérico de Intervención (VGI)** es la concentración de sustancia en el agua subterránea por encima de la cual existe un riesgo inaceptable para las personas, los bienes, los ecosistemas o el medio ambiente en general.

Cuando el Estudio de Caracterización y Diagnóstico Ambiental determine la existencia de sustancias cuya concentración supere el VGNR, la administración hidráulica solicitará al titular de la actividad para que, en el plazo máximo de 2 meses, presente el Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR), conforme a los criterios del Anexo 3. Dicho análisis contemplará los riesgos potenciales a los cuales se encuentran expuestos los receptores actuales o futuros probables de la contaminación, para cada una de las sustancias y vías de exposición, debiendo ser validado por la administración hidráulica. La administración hidráulica competente podrá ampliar el listado de sustancias a considerar en el análisis de riesgos.

La administración hidráulica competente podrá requerir que tanto el Estudio de Caracterización Preliminar, como el de Caracterización y Diagnóstico Ambiental, y el ACR estén certificados por una Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica (ECAH).

5. Acuíferos contaminados

La administración hidráulica dictará una Resolución de Declaración de Contaminación Puntual de Aguas Subterráneas cuando el Estudio de Caracterización Preliminar o el Estudio de Caracterización y Diagnóstico Ambiental determine la existencia de sustancias con concentración superior al VGI, o cuando el ACR establezca la existencia de riesgos inaceptables.

La citada resolución contemplará los siguientes extremos:

- a) Titular de la actividad, el propietario del terreno, o arrendatario, o quien por cualquier otro título jurídico haga uso del terreno, que responderán solidariamente frente a la contaminación puntual.
- b) Sustancias causantes de la contaminación, valoración cuantitativa y riesgos asociados a las mismas.
- c) Delimitación espacial estimada del acuífero contaminado.
- d) Objetivos de descontaminación.
- e) Obligación de presentar el Proyecto de Descontaminación, en un plazo máximo de cinco meses. Este proyecto se redactará de acuerdo con el Anexo 4.
- f) Las fechas de iniciación y terminación de las actuaciones de descontaminación, fases parciales previstas y las medidas que, en caso necesario, se deban adoptar para reducir la contaminación durante el plazo de ejecución. El plazo para la finalización del programa no podrá superar los cinco años, salvo que el Organismo de cuenca apruebe un plazo superior.
- g) Plan de seguimiento del alcance de la contaminación durante la ejecución del programa de descontaminación, certificado por ECAH.
- h) Plan de emergencia, que incluya las actuaciones y medidas, en casos de emergencia, deban ser puestas en práctica por el titular de la actividad, entre ellas la notificación a la administración.



i) Fijación de una fianza, por el importe calculado en la valoración de daños por contaminación puntual, de acuerdo con los criterios del el Anexo 5, con el objeto de llevar a cabo la ejecución subsidiaria del Programa de Descontaminación.

j) Otras condiciones que la administración hidráulica considere oportunas.

El programa de descontaminación podrá verse modificado durante el desarrollo y evolución de las actuaciones. Las modificaciones se comunicarán previamente a la administración hidráulica.

6. Actuaciones de urgencia frente a la contaminación de las aguas subterráneas.

La administración hidráulica competente podrá requerir al titular de la actividad o, en su defecto, al propietario del terreno, para que realice actuaciones de urgencia, de contención o de corrección inmediata de la contaminación cuando de la información disponible se desprenda razonada y justificadamente la posibilidad de afección grave a terceros (existencia de riesgos inminentes) como consecuencia de la presencia o transporte de sustancias contaminantes en el agua subterránea. Asimismo, siempre que se constate la presencia de sustancias en fase libre en el acuífero afectado, el titular de la actividad, o en su caso, el propietario del terreno, deberá proceder en todo caso a su extracción inmediata hasta su total retirada del subsuelo.

7. Finalización del programa de descontaminación.

Completadas las actuaciones incluidas en el programa de descontaminación, el titular de la actividad lo notificará a la administración hidráulica acompañando un informe certificado por ECAH, que incluya las analíticas necesarias que demuestren la consecución de los objetivos de descontaminación fijados en la resolución.

La administración hidráulica dictará una nueva resolución, declarando que se han alcanzado los objetivos de descontaminación, sin perjuicio del establecimiento de los programas de monitoreo que deba llevar a cabo el titular al que se refiere la resolución del apartado 5 del presente documento, y que garanticen la eficiencia de las actuaciones de descontaminación realizadas.

8. Contaminación de suelos

Sin perjuicio de lo establecido en la normativa aplicable en materia de aguas subterráneas, si de lo dispuesto en los artículos anteriores se derivan evidencias o indicios de contaminación de suelos o de otros elementos del medio ambiente como consecuencia de la contaminación de un acuífero, tal circunstancia será notificada a las administraciones competentes en la materia.



9. Vertidos indirectos a las aguas subterráneas

Se podrá autorizar el vertido indirecto a las aguas subterráneas cuando un estudio hidrogeológico previo demostrase su inocuidad, sin perjuicio de incluir en el condicionado la adopción de las precauciones técnicas.

El estudio hidrogeológico previo deberá incluir las características hidrogeológicas de la zona afectada, los riesgos de contaminación o alteración de su calidad y el análisis de la incidencia del vertido sobre el acuífero.

Asimismo, el estudio deberá justificar que el vertido no ocasiona alteración significativa de la calidad del agua subterránea en el entorno inmediato del punto de vertido de tal modo que no produce deterioro en las captaciones o surgencias más próximas al mismo, o a posibles usuarios de las aguas subterráneas, especialmente los situados aguas abajo de éste, y que no inutilice el agua subterránea para su uso o para su función medioambiental.

10. Valoración de daños al Dominio Público Hidráulico por contaminación puntual

La valoración de los daños al Dominio Público Hidráulico producidos por episodios de contaminación puntual a las aguas subterráneas se realizará considerando la peligrosidad del compuesto o grupo de compuestos introducidos en el subsuelo, la tipología del acuífero afectado, la presencia o ausencia de receptores sensibles a la contaminación, la migración de la contaminación fuera de la parcela o terreno donde fue originada, el uso del suelo en la zona afectada, y la presencia de zonas protegidas potencialmente afectadas.

La metodología de cálculo del valor de los daños producidos a la calidad del agua subterránea por eventos de contaminación puntual se muestra en el Anexo 5.



Anexos

Anexo 1: Valores Genéricos de Referencia de Calidad de las Aguas Subterráneas

Anexo 2: Contenidos Mínimos de los Estudios de Caracterización Preliminar y de Diagnóstico Ambiental

Anexo 3: Criterios para la elaboración de un Análisis Cuantitativo de Riesgos

Anexo 4: Contenido Mínimo del Proyecto de Descontaminación de Aguas Subterráneas

Anexo 5: Valoración de Daños al Dominio Público Hidráulico por Contaminación Puntual

Anexo 6: Diagrama Esquemático de Actuación según Valores Genéricos de Referencia.

ANEXO 1: VALORES GENÉRICOS DE REFERENCIA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

		VGNR µg/l	VGI µg/l
Metales	Antimonio	20	60
	Arsénico	15	40
	Cadmio	15	70
	Cromo III Cromo VI	60	170
	Mercurio	1	1,5
	Bario	500	1.000
	Cobalto	100	200
	Cobre	1.000	2.000
	Plomo	50	500
	Molibdeno	70	700
	Níquel	100	500
	Zinc	300	3.000
Pesticidas	HCH-α	0,1	1
	HCH-β	1	3,5
	HCH-γ (lindano)	2	6
	Hexaclorobutadieno	10	30
	Prometrina	100	300
	Terbutrina	20	60
	DDD, p-p'	0	1
	DDE, p-p'	1	2
	DDT, p-p'	1	2
	Diuron	300	1.000
	n-hexano	900	3.000
	dioxano 1,4	300	700
BTEX	Benceno	20	60
	Etilbenceno	70	230
	Suma Xileno	150	450
	Tolueno	170	600
HTP Alifáticos	EC 5-6	40	5.000
	EC>6-8	600	
	EC>8-10	160	
	EC>10-12	160	
	EC>12-16	90	
	EC> 16-35	1.000	
HTP Aromaticos	EC 5-7	10	
	EC> 7-8	320	
	EC> 8-10	140	
	EC> 10-12	270	
	EC> 12-16	280	
	EC> 16-21	1.000	
	EC> 21-35	1.000	

		VGNR µg/l	VGI µg/l
Organoclorados	1,1-Dicloroetano	100	300
	1,2-Dicloroetano	10	50
	1,1,1,2-Tetracloroetano	7	30
	1,1,1-Tricloroetano (tricloroetano)	100	300
	1,2,3-Trimetilbenceno	10	30
	1,3,5-Trimetilbenceno	10	30
	Cloroformo	70	210
	Diclorometano	100	1.000
	Tetracloruro de Carbono	8	30
	1,2-Diclorobenceno	100	1.000
	1,3-Diclorobenceno	200	1.000
	1,4-Diclorobenceno	100	300
	Monoclorobenceno	80	240
	Tricloroetileno	10	50
	1,1-Dicloroetileno	10	60
	trans-1,2-Dicloroetileno	80	240
	cis-1,2-Dicloroetileno	270	800
	Cloruro de vinilo	2	15
	Tetracloroetileno	10	75
	Hexaclorobenceno	0,05	1
1,1,2 Tricloroetano	4	40	
Clorobenceno	50	240	
Bromoformo	150	450	
Cloro fenoles	Cloro-4-metilfenol-3	5	650
	clorofenol-2	5	1.000
	diclorofenol 2-4	3	500
	tetraclorofenol 2,3,4,6	300	1.000
	triclorofenol 2,4,5	100	1.000
	triclorofenol 2,4,6	1	120
PAH	Naftaleno	10	500
	Acenafteno	20	1000
	Benzo(a)antraceno	0,3	1
	Benzo(a)pireno	0,004	0,01
	Benzo (b) fluoranteno	0,08	0,2
	Benzo (k) fluoranteno	1	1
	Criseno	5	12
	Fenantreno	40	150
	Fluoranteno	100	250
	Fluoreno	40	150
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,02	0,07
	Pireno	30	120
Varios	MTBE	500	1.000
	ETBE	100	300
	Tert Butanol	250	1.000
	PCB	0,02	0,5

VGNR: Valor Genérico De No Riesgo. VGI: Valor Genérico de Intervención.

HTP: Hidrocarburos Totales del Petróleo.

PAH: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

PCBs: Policlorobifenilos o Bifenilos Policlorados

ANEXO 2: CONTENIDOS MÍNIMOS DE LOS ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR Y DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

A) ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR

El Estudio de Caracterización Preliminar contendrá, al menos, los apartados 1, 2, 3, 4, 5, 6.2, 6.3, 6.5, 7.1, 7.3 del Estudio de Caracterización y Diagnóstico Ambiental.

B) ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

1 INTRODUCCIÓN

- 1.1 Datos del interesado
- 1.2 Antecedentes administrativos
- 1.3 Relación jurídica con el emplazamiento objeto de la investigación.
- 1.4 Situación geográfica (coordenadas UTM y mapa topográfico)
- 1.5 Objetivos del estudio
- 1.6 Metodología de estudio
- 1.7 Entidad que ha realizado el estudio.

2 RESUMEN DEL ESTUDIO

Resumen del estudio: Antecedentes, metodología, actuaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

3 GEOLOGÍA

3.1 Geología: Breve descripción de la geología regional. Descripción de la geología de la zona de estudio, con especificación de los materiales y sus características bajo emplazamiento y su entorno. Potencia estimada y descripción litológica de materiales. Mapa geológico sintético de la zona de estudio (escala mínima 1:25.000) incluida leyenda y al menos dos cortes geológicos representativos.

4 HIDROGEOLOGÍA

4.1 Hidrogeología regional. Contexto hidrogeológico regional. Breve descripción de las Masas de Agua Subterránea implicadas.

4.2 Hidrogeología local. Descripción y características hidrogeológicas de los materiales sobre los que se desarrolla la actividad y de la columna litológica. Parámetros hidrogeológicos básicos: permeabilidad, transmisividad y porosidad/coeficiente de almacenamiento (realización de ensayos, en su caso). Profundidad del nivel freático.

4.3 Funcionamiento hidrogeológico local: gradiente hidráulico, dirección de flujo subterráneo, oscilaciones del nivel freático y dinámica temporal. Hidrodinámica. Relaciones acuífero-río u otras masas de agua superficial. Mapa piezométrico local. Posibles zonas de flujo preferencial.

4.4 Mapa hidrogeológico de detalle (escala 1:25.000 o mayor), con isopiezas y direcciones de flujo. Ubicación de puntos de vertido, puntos de agua, manantiales, etc.

4.5 Inventario de puntos de agua, pozos, sondeos y manantiales (incluyendo sus características, si éstas son conocidas o averiguables: uso, profundidad, diámetro, finalidad, datos constructivos, equipamiento, etc. Masas de agua superficial y otros elementos del Dominio Público Hidráulico. Fichas descriptivas de los puntos de agua con características, fotografía y croquis de acceso.

4.6 Modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico del emplazamiento. Cortes hidrogeológicos significativos, con geología, hidrogeología, nivel piezométrico e infraestructuras antrópicas relevantes.

5 DETERMINACIÓN DE LOS RECEPTORES SENSIBLES POTENCIALES DE LA CONTAMINACION

5.1 Definición, caracterización y descripción de todos los receptores sensibles de la contaminación situados a menos a 1.000 metros de los focos de contaminación. Inventario detallado de receptores potenciales. Mapa de ubicación de los receptores sensibles potenciales en relación con la dirección de flujo de las aguas subterráneas.

6 CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

6.1 Estudio histórico y actual del emplazamiento. Usos históricos, procesos productivos y actividades que hayan podido desarrollarse en el emplazamiento con potencial contaminante, forma de almacenamiento de productos o residuos, y tanques enterrados, potenciales fuentes históricas de contaminación del subsuelo. Descripción del uso actual del suelo del emplazamiento: fuentes potenciales de contaminación actuales. Mapa de fuentes históricas y actuales de contaminación.

6.2 Establecimiento de parámetros inestables in situ: pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, potencial Redox.

6.3 Caracterización analítica y medioambiental de las aguas subterráneas y del acuífero potencialmente afectado. Estado y calidad del acuífero potencialmente afectado. Muestreo y análisis del subsuelo. Concentraciones de contaminantes no naturales en suelo y agua subterránea.

6.4 Determinación del área potencialmente afectada, incluido en profundidad. Modelización de flujo y transporte de contaminantes en el subsuelo, si procede, en su caso. Estimación del perímetro no afectado por la contaminación. Estimación del volumen de suelos y aguas subterráneas contaminadas. Estimación de la masa de contaminante y producto libre presente en el subsuelo. Vías de transporte y migración de contaminantes en el subsuelo.

6.5 Posible evolución y comportamiento de la contaminación en el subsuelo: modelo conceptual de la afección al subsuelo. Delineación de pluma contaminante en agua subterránea para los compuestos contaminantes más significativos. Determinación de la presencia de fase libre inmiscible en el subsuelo. Velocidad probable de transporte de contaminantes. Estimación de tiempo de llegada de contaminantes a posibles receptores sensibles de la contaminación.

7 DISCUSIÓN Y PLANTEAMIENTO DE ACTUACIONES

7.1 Análisis global de la problemática de la afección al subsuelo, en relación al alcance y extensión de la contaminación, a los receptores potenciales afectados, y su posible evolución en el tiempo.

7.2 Análisis conceptual y discusión preliminar de las actuaciones y técnicas de remediación más adecuadas, con la información disponible, para la recuperación medioambiental del subsuelo afectado, en relación al tipo y alcance de la contaminación, a las características del subsuelo, a la hidrogeología local, a los receptores potenciales y al coste/beneficio de la actuación.

7.3 Plan de vigilancia y monitoreo. Actuaciones de emergencia, contención o corrección de la afección (ante la existencia de riesgos inminentes), en su caso.

ANEXO 3: Criterios para la elaboración del Análisis Cuantitativo de Riesgos

La metodología de análisis de riesgos que se aplicará es la denominada “Acciones Correctoras Basadas en Análisis de Riesgos” (en inglés *RBCA - Risk-Based Corrective Action*) desarrollada por la *American Society for Testing and Materials (ASTM International)* para la evaluación de riesgos en emplazamientos contaminados por sustancias químicas.

El proceso de análisis de riesgos se desarrollará a través de cuatro fases básicas:

1. Definición del modelo conceptual que describe el emplazamiento en términos de riesgo, elaborado a partir de la información existente sobre el mismo.
2. Identificación de los receptores de riesgo, medios y vías de exposición.
3. Establecimiento de los diferentes escenarios de riesgo, actuales y futuros probables, tanto en el emplazamiento como en el entorno.
4. Evaluación de los riesgos y toma de decisiones.

Para la realización del análisis de riesgos que determine los riesgos potenciales a los que están expuestos los receptores sensibles de la contaminación en el subsuelo, se aplicarán los siguientes criterios generales:

1. Se deberán contemplar todos los focos de contaminación existentes en el emplazamiento. Se podrá zonificar el ACR, según las zonas de impacto y los receptores.
2. Se deberán considerar todos los compuestos contaminantes cuya concentración superen en al menos un punto de muestreo los Valores Genéricos de no Riesgo (VGNR). Asimismo, se deberán considerar otros compuestos no incluidos en el listado de VGNR que cuya presencia y concentración puedan suponer un riesgo potencial.
3. Se considerarán los riesgos potenciales tanto en el interior del emplazamiento, como fuera de él, generado por el transporte de los mismos a través de las aguas subterráneas.
4. Se considerarán los usos actuales y futuros probables del emplazamiento y su entorno.

En caso de encontrarse fase libre de sustancias más o menos densas que el agua subterránea, deberá procederse a su retirada inmediata hasta donde sea técnicamente viable antes de iniciar el proceso de valoración RBCA, por constituir un foco primario de introducción en las aguas subterráneas de los contaminantes.

Se identificarán y definirán todas las vías de exposición relevantes. Como mínimo, deberán considerarse, tanto en el emplazamiento, como fuera de él, las siguientes vías de exposición: ingesta de agua subterránea, impacto a un curso de agua superficial, contacto dérmico, e inhalación de volátiles y partículas en ambiente exterior o interior. Dichas vías de exposición se incorporarán al ACR cuando éstas sean aplicables según el modelo conceptual, y su exclusión deberá ser justificada y razonada.

El proceso de evaluación del riesgo se realizará desde un enfoque integral: se deberá tener en cuenta todos los medios físicos involucrados en el escenario de riesgo: agua subterránea, agua superficial, suelo, atmósfera, vapores, partículas, etc.

Se deberán tener en cuenta todos los posibles receptores expuestos, conforme a los usos contemplados, presentes o futuros probables. Se definirán las características del individuo razonablemente más expuesto y, para cada una de las vías de exposición consideradas, se determinará la dosis a la que éste está potencialmente expuesto.

La exposición máxima razonable o exposición combinada para cada escenario concreto se calculará como sumatorio de la exposición para las diferentes vías, presentándose una estimación de la contribución de las diferentes vías a la exposición total del emplazamiento.

Se considerarán todos los escenarios de exposición razonadamente posibles, en función del uso actual y futuro probable del emplazamiento y su entorno, según su contexto socioeconómico actual y futuro. El escenario de exposición quedará caracterizado con la determinación de los usos del suelo de la zona afectada (actuales y futuros,) con las referencias toxicológicas establecidas para cada sustancia y estrato de población:

- Para compuestos cancerígenos, el riesgo se estimará como el incremento de la probabilidad de que un individuo desarrolle un cáncer a lo largo de toda su vida por exposición a un agente cancerígeno. Se considerará una situación de riesgo aceptable aquella en la que la frecuencia esperada de aparición de cáncer en la población expuesta no exceda de uno por cada cien mil casos.
- Para compuestos con efectos no cancerígenos, el riesgo se calculará por comparación de la dosis ingerida a lo largo de un tiempo de exposición especificado con una dosis de referencia toxicológica correspondiente a un período similar de exposición. En este caso, el riesgo se considerará aceptable para cada sustancia cuando el cociente entre las dosis de exposición a largo plazo y la dosis máxima admisible sea inferior a la unidad.

En términos de protección de los ecosistemas, se asume como una situación de riesgo aceptable aquella en la que, para los contaminantes identificados, el cociente entre el nivel de exposición, expresado como concentración, y el umbral ecotoxicológico, definido por la concentración máxima para la que no se esperan efectos sobre los ecosistemas, es inferior a la unidad.

En el proceso de análisis de riesgos será imprescindible especificar las asunciones e incertidumbres inherentes al análisis. Se evaluará la incertidumbre indicando los aspectos del análisis que contribuyen en mayor grado a la incertidumbre, y la influencia de las incertidumbres en la toma de decisiones.

Valores Objetivo de Descontaminación

El proceso de análisis de riesgos deberá definir aquellos valores de máxima concentración remanente admisible, o Valores Objetivo de Descontaminación, tanto para el foco o área fuente de la contaminación, como para el resto del emplazamiento, que serán los que determinen los riesgos aceptables para los receptores potenciales establecidos.

Los Valores Objetivo de Descontaminación definidos para cada compuesto corresponderán con los de menor valor obtenidos (más restrictivos) para cada escenario de riesgo actual y futuro probable, receptor, y vía de exposición considerados, tanto para el emplazamiento, como fuera de él. En su caso, se podrá proceder a la zonificación del emplazamiento, con diferentes áreas fuente y diferentes objetivos para cada zona.

Los Valores Objetivo de Descontaminación no podrán ser en ningún caso superiores a aquellas concentraciones que impliquen que se superen los Valores Genéricos de Intervención en el punto de exposición, donde se materialice el riesgo o donde se ubique el receptor. En todo caso, los Valores Objetivo de Descontaminación o la concentración residual admisible en el foco o focos de contaminación no podrá superar en un orden de magnitud a los Valores Genéricos de Intervención.

Siempre que sea posible, la remediación se orientará a eliminar los focos de contaminación y a reducir la concentración de los contaminantes en el subsuelo. En el caso de que por razones justificadas de carácter técnico, económico o medioambiental no sea posible esa recuperación, se podrán aceptar soluciones de eliminación del riesgo tendentes a reducir la exposición o a eliminar las vías de migración, siempre que incluyan medidas de corrección, contención, confinamiento u otras similares.

ANEXO 4: CONTENIDO MÍNIMO DEL PROYECTO DE DESCONTAMINACIÓN

1. ANTECEDENTES Y ALCANCE DEL PROYECTO

Antecedentes
Alcance del proyecto

2. BASES UTILIZADAS PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CORRECCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN, SANEAMIENTO O DESCONTAMINACIÓN.

Marco geológico e hidrogeológico
Geología
Hidrogeología
Extensión de la contaminación en el subsuelo y determinación de las zonas a tratar
Objetivos de la descontaminación: valores objetivo
Discusión de aplicabilidad de la técnica o técnicas a aplicar

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO

Descripción de la técnica a aplicar
Resultado de los ensayos piloto (en su caso)
Diseño de los sistemas de tratamiento

4. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Obra civil: sondeos, pozos de bombeo, infraestructura y equipos.
Sistemas de extracción y tratamiento de la contaminación
Sistemas de evacuación de efluentes
Control y operación del sistema
Operación y mantenimiento del sistema
Informes periódicos y memoria final
Desmantelamiento y retirada de equipos y componentes

5. PLAN DE CONTINGENCIA.

6. CRONOGRAMA DE LOS TRABAJOS

7. PRESUPUESTO

8. LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES

9. PLANOS

10. PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE

ANEXO 5: Valoración de daños al dominio público por contaminación puntual

La Valoración de Daños al Dominio Público Hidráulico producidos por episodios de contaminación puntual a las aguas subterráneas se realizará considerando la peligrosidad del compuesto o grupo de compuestos introducidos en el subsuelo, la tipología del acuífero afectado, la presencia o ausencia de receptores sensibles a la contaminación, la migración de la contaminación fuera de la parcela o terreno donde fue originada, el uso del suelo en la zona afectada, y la presencia de zonas protegidas potencialmente afectadas, con arreglo a la siguiente fórmula de estimación objetiva:

$$V \text{ DAÑO (€)} = CIC \times K_{AQ} \times K_{RC} \times K_{EXT} \times K_{US} \times K_m$$

En la que,

CIC = Coste del Impacto por Contaminante (€)

K_{AQ} = Coeficiente adimensional relativo a la tipología del acuífero afectado.

K_{RC} = Coeficiente adimensional relativo a la presencia o ausencia de receptores de la contaminación.

K_{EXT} = Coeficiente adimensional relativo a la migración de la contaminación fuera de la parcela o terreno donde se originó.

K_{US} = Coeficiente adimensional relativo a los usos del suelo en la zona afectada.

K_m = Coeficiente adimensional relacionado al medio receptor y su clasificación en el Registro de Zonas Protegidas de la Demarcación Hidrográfica.

Para la determinación de la Valoración de daños al dominio público hidráulico producidos por episodios de contaminación puntual que afecten a la calidad de las aguas subterráneas, se aplicarán los siguientes criterios:

- a) En el caso de que se detectaran varios grupos de contaminantes en el acuífero afectado, el Coste del Impacto por Contaminante total resultará de la suma del Coste del Impacto por Contaminante de cada uno de los grupos de sustancias detectado.
- b) La asignación del Coste del Impacto por Contaminante deberá estar basada en datos analíticos procedentes de muestras de agua subterránea tomadas en el emplazamiento.
- c) La asignación de los parámetros modificadores de la Valoración del Daño deberá estar basada en la información disponible de carácter geológico, hidrogeológico, de usos del suelo, zonas protegidas, así como a los indicios o datos que apunten a una posible migración de la contaminación fuera de la parcela afectada, como consecuencia del movimiento y transporte de contaminantes a través de las aguas subterráneas.

d) En el caso de no tener conocimiento relativo a la migración exterior de la contaminación fuera de la parcela o terreno donde se originó, se asignará el valor 3 a K_{EXT} , previsto para el caso más vulnerable, en aplicación del principio de precaución y no deterioro.

e) Los valores correspondientes a CIC podrán ser actualizados.

f) Coste del Impacto por Contaminante (CIC)¹

SUSTANCIAS ₁	COSTE DEL IMPACTO POR CONTAMINANTE (CIC, €)
HIDROCARBUROS ²	3.000
METALES	5.000
PESTICIDAS	5.000
ORGANOCOLORADOS/CLOROFENOLES	7.000
PAH	4.500
PCBS	4.500
OTROS	1.000

¹ Las sustancias individuales se asignarán a los grupos de sustancias de acuerdo con el Anexo 1: VGRs, así como a las clasificaciones químicas estándar.

² Incluidos los BTEX, ETBE y MTBE.

g) Parámetros modificadores: tipo de acuífero (K_{AQ}), receptores sensibles a la contaminación (K_{RC}), migración exterior de la contaminación (K_{EXT}) y uso del suelo en la zona afectada (K_{US}).

PARÁMETROS MODIFICADORES ³			
TIPO DE ACUÍFERO	K_{AQ}	USO SUELO	K_{US}
DETRÍTICO	1	RESIDENCIAL	5
KÁRSTICO	2	INDUSTRIAL/COMERCIAL	3
FISURADO	0,5	RECREATIVO	3
BAJA PERMEABILIDAD	0,2	AGRICOLA	2
MIXTO	1,5	SIN USO	1
RECEPTORES	K_{RC}	MIGRACIÓN EXTERIOR	K_{EXT}
HUMANOS	5	SI	3
ECOSISTEMAS	2	NO	1
NO	1		

³ Los parámetros modificadores son adimensionales.

h) Coeficiente del medio receptor (K_m)

El coeficiente K_m se calculará teniendo en cuenta la siguiente tabla:

Medio receptor categoría I	$K_m = 3$
Medio receptor categoría II	$K_m = 2$
Medio receptor categoría III	$K_m = 1$

Los medios receptores se incluirán en las siguientes categorías (La calidad ambiental del medio receptor depende de su clasificación en el Registro de Zonas Protegidas de la Demarcación Hidrográfica conforme a las siguientes categorías reguladas en el artículo 99 bis del TRLA):

Categoría I	Masas de agua en las que se realiza una captación de agua destinada a consumo humano.
	Masas de agua declaradas de uso recreativo, incluidas las zonas declaradas aguas de baño.
	Zonas declaradas vulnerables en aplicación de las normas sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.
	Zonas declaradas sensibles en aplicación de las normas sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas y sus áreas de captación.
	Zonas de protección de hábitats o especies en las que el mantenimiento o mejora del estado del agua constituya un factor importante de su protección.
	Perímetros de protección de aguas minerales y termales aprobados de acuerdo con su legislación específica.
	Reservas hidrológicas declaradas mediante acuerdo del Consejo de Ministros.
	Aguas subterráneas.
Categoría II	Zonas de protección de especies acuáticas significativas desde el punto de vista económico.
	Otras zonas protegidas incluidas en el Registro de Zonas Protegidas.
Categoría III	Las no incluidas en las categorías anteriores.

En los supuestos en que el medio receptor esté incluido en más de una categoría se aplicará el factor más elevado. La aplicación de los factores se extiende a las zonas de influencia que contengan los planes hidrológicos siempre que estén efectivamente delimitadas.

PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS FRENTE A CONTAMINACIÓN PUNTUAL

VALORES GENÉRICOS DE REFERENCIA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

