

**Módulo: Contaminación de los
Suelos y Aguas Subterráneas**
**Asignatura: Confinamiento y
control de aguas contaminadas**

Master en Ingeniería y Gestión
Medioambiental

Año de realización 2015-2016

PROFESOR/A: Gabriel Conde

Para ver esta publicación, debe
activar JavaScript en su
navegador.

Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, NoComercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Cobertura.....	1
3.	Nivelación y revegetación	3
4.	Control de las aguas de escorrentía superficial	3
4.1.	Diques y zanjas	3
4.2.	Cunetas de escorrentía	4
5.	Control de los lixiviados y las aguas subterráneas	4
5.1.	Barreras de contención.....	4
5.2.	Sistemas de intercepción y extracción de aguas subterráneas.....	6
5.2.1.	Pozos de extracción	6
5.2.2.	Drenajes subsuperficiales	8
5.2.3.	Sistemas de inyección de agua	10

1. Introducción

En muchos casos no es viable, o es casi imposible eliminar la contaminación, debido a la gran extensión de las áreas contaminadas y, como consecuencia, al elevado coste de la actuación. La solución en estos casos, y en aquellos en los que la recuperación se demore en exceso, consiste en impedir la dispersión de los contaminantes, lo cual puede incluir un conjunto de medidas que se describen a continuación.

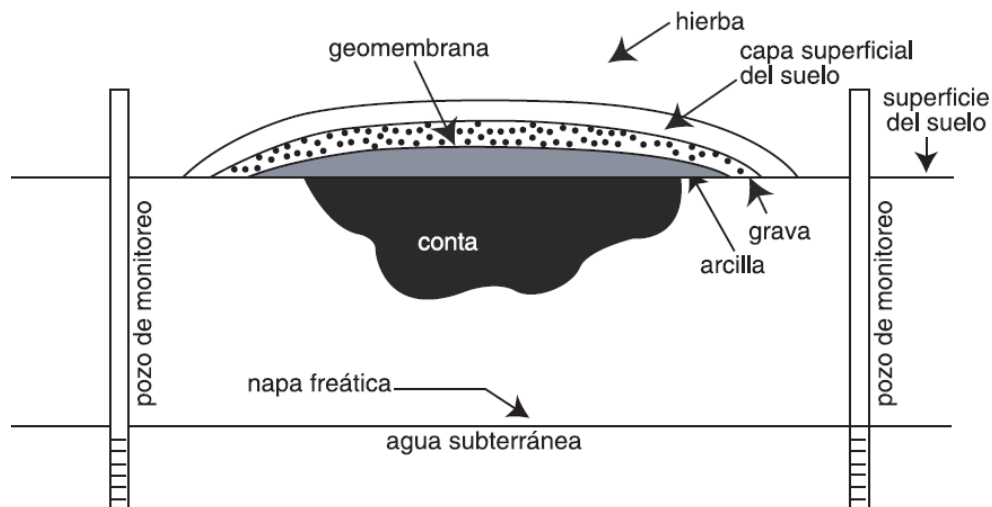
2. Cobertura

La cobertura o impermeabilización superficial de los residuos y/o suelos contaminados se usa como forma de aislamiento en superficie y permite en algunos casos reutilizar el espacio contaminado. Las funciones que debe cumplir una cobertura adecuada varían de unos casos a otros, entre las siguientes:

- Minimizar la exposición de animales y personas a los materiales contaminados en la superficie del emplazamiento.
- Minimizar el riesgo de incendios.
- Minimizar la infiltración de agua pluvial, limitando así la generación de lixiviados.
- Permitir el crecimiento de vegetación, evitando al mismo tiempo la penetración de las raíces de las plantas en la masa de materiales contaminados.
- Controlar la erosión y evitar el contacto en superficie del viento y el agua de escorrentía, con los materiales contaminados, previniendo así la dispersión de contaminantes en ambos medios de transporte.
- Minimizar la salida de gases y contaminantes volátiles, así como de lixiviados por la superficie y los taludes del emplazamiento.

La construcción de una cobertura puede resultar tan simple como colocar una única capa de asfalto sobre el material contaminado. Sin embargo, las coberturas se construyen con mayor frecuencia de varias capas (Figura 1).

Figura 1. Cobertura multicapa



Fuente: *Guía para el Ciudadano sobre Cobertura*. US EPA, 2003

La elección del material de cobertura y el procedimiento de instalación dependen de las características del emplazamiento, las funciones que deba cumplir, su disponibilidad en el mercado y su coste. Existen cuatro grandes categorías de materiales a considerar:

- Materiales naturales, entre los que la arcilla es el más empleado, realizando capas bien compactadas de 40-60 cm de espesor.
- Suelos modificados.
- Pavimentos: rígidos de hormigón o flexibles de asfalto
- Materiales sintéticos impermeables: geo-membranas de plástico (polietileno de alta densidad, principalmente) o geo-compuestos de bentonita.

Una cubierta continuará funcionando de manera segura siempre que no se rompa o erosione. Se realizan inspecciones regulares para asegurar que las condiciones meteorológicas, las raíces de las plantas o la actividad humana no dañen la cubierta. También, se sitúan pozos de control subterráneo alrededor de los bordes de la cubierta de manera que se pueda detectar y corregir cualquier fuga del sitio.

La cobertura, a menudo, se utiliza junto con sistemas de bombeo y tratamiento del agua subterránea. En estos casos el bombeo y tratamiento limpia el agua subterránea contaminada, mientras que la cubierta previene la infiltración de agua de lluvia y la generación lixiviados, que contaminarían el agua subterránea.

No se comentarán con más detalle los criterios de diseño de la cobertura, por haberse hecho ya en el tema correspondiente a clausura de vertederos.

3. Nivelación y revegetación

La nivelación consiste en remodelar la superficie de vertederos incontrolados, con el fin de dirigir la escorrentía y controlar la erosión. La pendiente final de la superficie del vertedero debe ser como mínimo del 2% para favorecer la circulación del agua de lluvia y no superar el límite a partir del cual, por el tipo de revegetación efectuada y las intensidades máximas de las precipitaciones de la zona, pueda erosionarse. Es recomendable no superar la pendiente de 3H:1V (3 horizontal y 1 vertical) en los taludes laterales del vertedero, con el fin de garantizar su estabilidad y la implantación de una cubierta vegetal. Así mismo, es recomendable la formación de terrazas o bermas de 5 m de anchura, de forma que los tramos continuos de talud no superen una altura máxima de 15 m.

La repoblación vegetal disminuye la erosión por viento y agua, contribuye al desarrollo de un medio natural y un entorno superficial estable y, además, es esencial para la integridad y rendimiento de los sistemas de recogida de aguas superficiales.

Nivelación y revegetación son prácticas que forman parte normalmente de un plan integral de clausura de un vertedero.

4. Control de las aguas de escorrentía superficial

El control de las aguas superficiales abarca una amplia variedad de métodos, diseñados para minimizar la contaminación de las aguas superficiales, evitar su infiltración e impedir el desplazamiento de las aguas que han sido contaminadas fuera del emplazamiento.

4.1. Diques y zanjas

Los diques y las zanjas se utilizan para proteger a corto plazo zonas críticas, mediante la intercepción de las escorrentías de tormentas y desviación del agua a vías de drenaje naturales o artificiales, a desagües estabilizados, o a balsas de sedimentación. Suelen disponerse a lo largo del perímetro del espacio contaminado.

Estas estructuras pueden usarse también para evitar la erosión de taludes construidos recientemente, hasta que se construyan estructuras permanentes de drenaje o hasta que los taludes se estabilicen mediante revegetación.

Por otra parte, los diques se usan mucho durante las operaciones de excavación y retirada de residuos o suelos contaminados, para proporcionar aislamiento provisional, hasta que estos puedan ser trasladados o confinados de forma efectiva.

4.2. Cunetas de escorrentía

Las cunetas de escorrentía son zanjas generalmente anchas y poco profundas con sección trapezoidal, triangular o parabólica. Pueden estar o no estabilizadas. Se utilizan principalmente en el perímetro de un vertedero para interceptar las aguas de escorrentía y evitar que entren en el área de vertido. Además, recogen y transfieren el agua al punto deseado.

5. Control de los lixiviados y las aguas subterráneas

El control de la contaminación de las aguas subterráneas tiene los siguientes objetivos:

- contención de la migración subterránea de lixiviados o aguas contaminadas;
- extracción de aguas contaminadas, después de que se hayan tomado medidas para confinar la fuente de contaminación; desviación de las aguas subterráneas, para evitar que las aguas limpias fluyan a través de un foco de contaminación, o para evitar que las aguas contaminadas se pongan en contacto con las aguas de suministro;
- prevención de la formación de lixiviados, mediante el descenso del nivel de la capa de agua por debajo de un foco de contaminación.

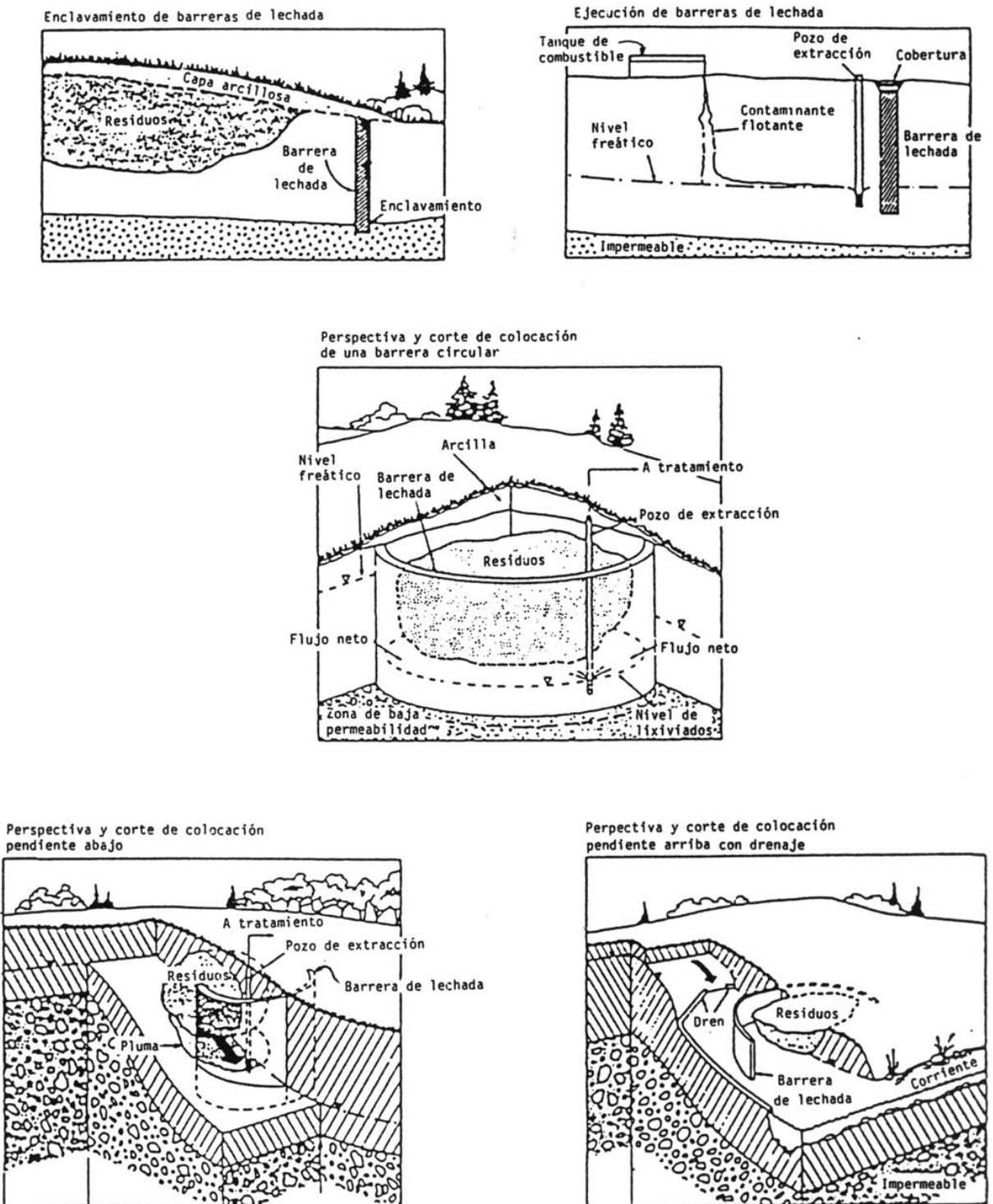
5.1. Barreras de contención

Se pueden instalar bajo tierra barreras de baja permeabilidad, con el fin de contener o redirigir el flujo de lixiviados o aguas subterráneas en las proximidades del emplazamiento. De forma general, las barreras se colocan rodeando completamente el suelo contaminado, pero en ocasiones se deja abierto un lado, bien el de aguas arriba, o bien el de aguas abajo. La construcción de barreras consiste en la excavación de una zanja, que luego se rellena con el material impermeable elegido. Los materiales usados más comúnmente son los siguientes:

- arcilla
- suelo-bentonita
- cemento-bentonita

En la Figura 2 se muestran algunos ejemplos de diferentes colocaciones de barreras.

Figura 2. Ejemplos de distintas colocaciones de barreras de lechada



Fuente: US EPA

5.2. Sistemas de intercepción y extracción de aguas subterráneas

Los sistemas de intercepción y bombeo de aguas subterráneas se usan generalmente para su limpieza y/o para evitar la migración de aguas contaminadas hacia pozos de abastecimiento o masas de agua superficial, mientras se están realizando otras acciones de limpieza o confinamiento del suelo contaminado. Las aguas subterráneas contaminadas extraídas han de recibir un tratamiento adecuado.

La limpieza de aguas subterráneas contaminadas por bombeo y tratamiento es un proceso relativamente lento. En general, lleva entre cinco y diez años como mínimo, pero puede demorar décadas. El tiempo que lleva depende de los siguientes factores:

- El tipo y la cantidad de contaminantes nocivos presentes
- La magnitud y profundidad del agua subterránea contaminada
- El tipo de suelo y rocas presentes en el área

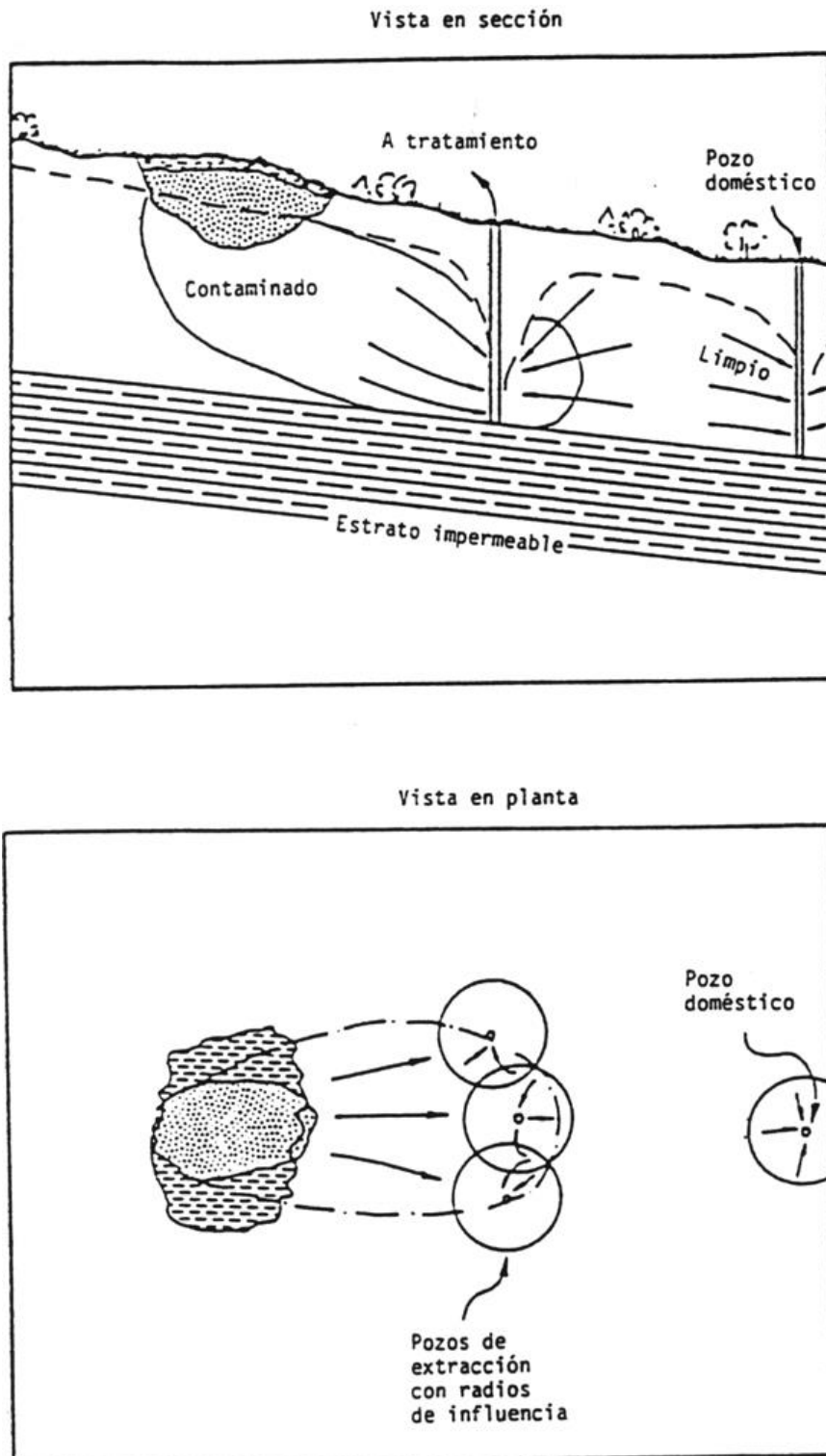
Uno de los mayores inconvenientes de los sistemas de bombeo y tratamiento es que los costes de operación y mantenimiento son altos, por lo que suelen usarse como medidas correctoras a corto plazo.

Pueden presentarse dos tipos de sistemas:

5.2.1. Pozos de extracción

En la Figura 3 se muestra el uso de una serie de pozos de extracción para detener la dispersión de contaminantes y evitar la contaminación de un suministro de agua potable.

Figura 3. Pozos utilizados para extracción de contaminantes



Fuente: US EPA

5.2.2. Drenajes subsuperficiales

Los drenajes subsuperficiales son sistemas de conductos enterrados, usados para extraer los lixiviados o la pluma de aguas subterránea contaminada generados en un vertedero o suelo contaminado (ver Figura 4). Se colocan en perpendicular al sentido del flujo subterráneo, creando una zona continua de influencia, en la cual las aguas subterráneas fluyen hacia el drenaje.

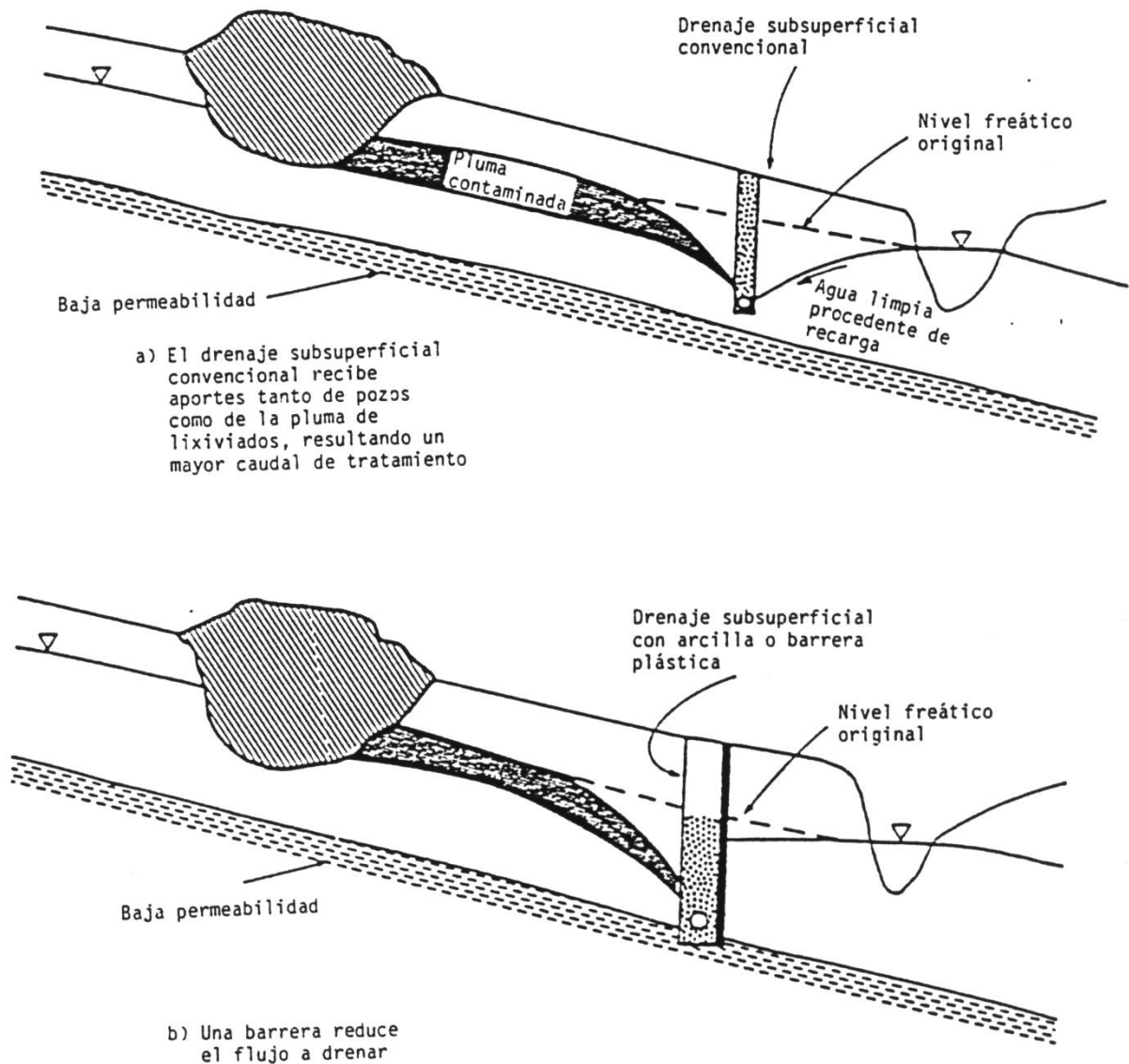
Los drenajes subsuperficiales son especialmente útiles en caso de contaminación con hidrocarburos, como consecuencia de su inmiscibilidad con el agua. También se pueden usar para rebajar el nivel freático, cuando este está próximo a la superficie (véase la figura 5).

Los componentes principales de tales sistemas son:

- Lecho filtrante de grava
- Tubos colectores perforados, protegidos por un geotextil, para evitar obstrucciones.
- Tubos de transporte.
- Tanque de almacenamiento o pozo de extracción.

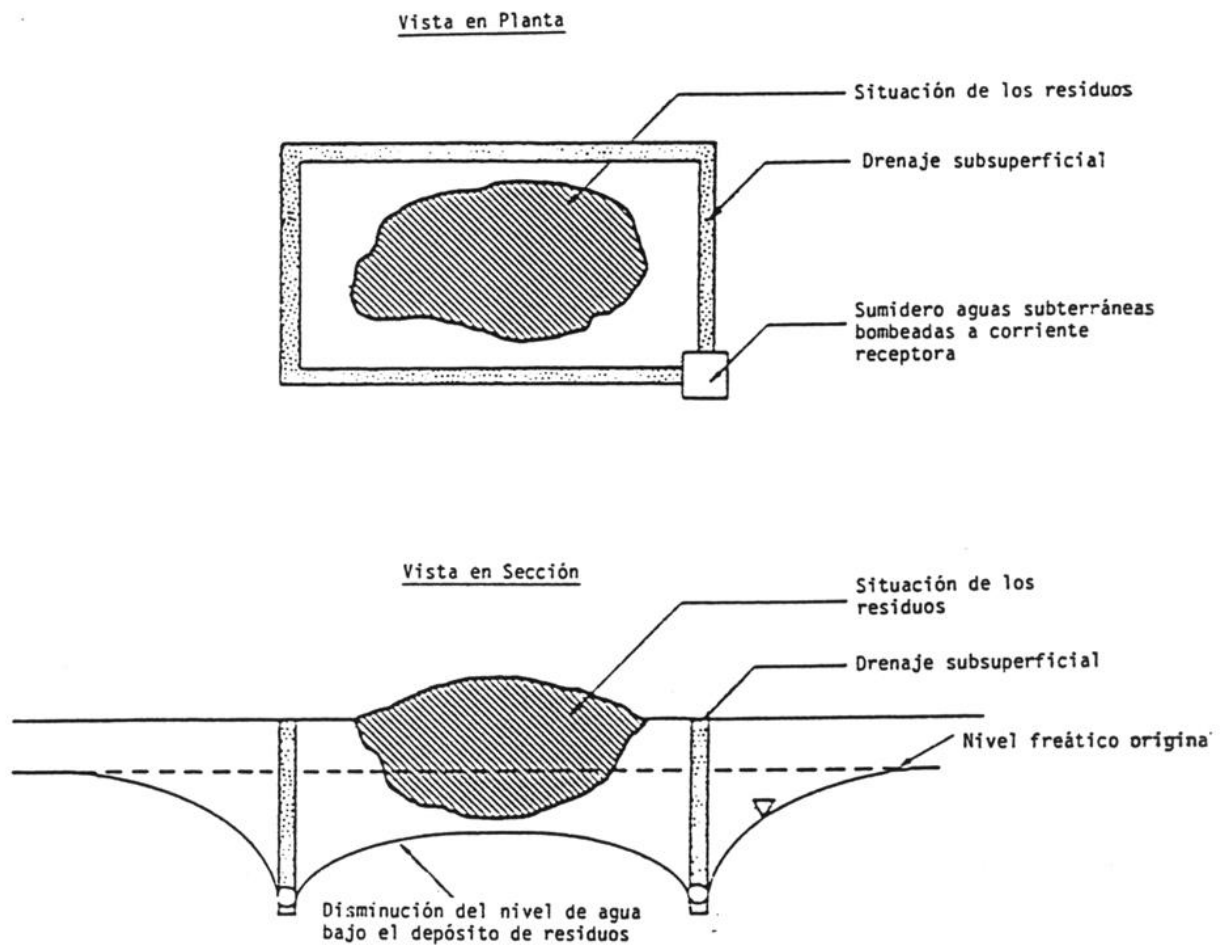
Estos sistemas implican la excavación de una zanja bajo el nivel freático y la colocación de una tubería horizontal perforada en su interior, rodeada con un material granular que suele ser grava. Las aguas interceptadas se conducen por gravedad a un pozo desde el que se extraen con ayuda de bombas.

Figura 4. Utilización de drenaje subsuperficial para recoger la pluma de contaminación



Fuente: US EPA

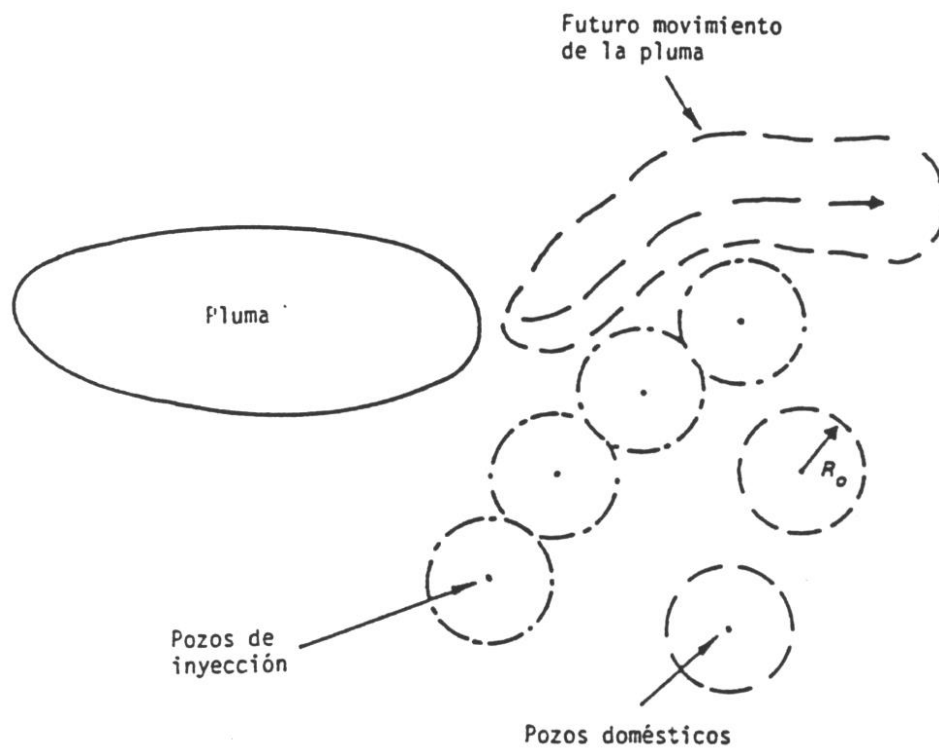
Figura 5. Utilización de drenaje subsuperficial para bajar el nivel freático



Fuente: US EPA

5.2.3. Sistemas de inyección de agua

Se pueden utilizar sistemas de pozos de inyección de agua limpia para desviar y/o diluir una pluma de agua subterránea contaminada, evitando que alcance una zona de pozos como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Desviación de una pluma mediante inyección

Fuente: US EPA