

# GERENCIA DE RIESGOS DE VERTEDEROS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>2. CARGAS MEDIOAMBIENTALES</b>	<b>3</b>
<b>3. FACTORES DE UBICACIÓN DE VERTEDEROS DE SUPERFICIE Y SU RELACIÓN CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>	<b>3</b>
<b>4. ANÁLISIS DE LA TÉCNICA DE VERTEDEROS</b>	<b>4</b>
4.1 Vertederos con impermeabilización mineral de la base	4
4.2 Vertederos con impermeabilizaciones compuestos	5
4.3 Impermeabilizaciones de superficie de vertederos	6
4.4 Gas de vertedero, instalaciones de desgasificación y de quemado	6
4.5 Agua infiltrada	7
<b>5. SANEAMIENTO</b>	<b>8</b>
5.1 Excavación de material contaminado	8
5.2 Encapsulación	8
5.2.1 Impermeabilizaciones de superficie	8
5.2.2 Pared de impermeabilización de masa única	9
5.2.3 Pared impermeabilizante de masa doble	10
5.2.4 Pared de impermeabilización compuesta	10
5.2.5 Sistema de pared de impermeabilización por cámaras	10
5.2.6 Impermeabilización subterránea	11
5.2.7 Construcción de paredes delgadas	11
5.3 Procedimientos hidráulicos	12
<b>6. RESUMEN</b>	<b>12</b>

## 1. Introducción

La mayor parte de los vertederos de basuras en España se instalaron ya hace décadas. En muchos casos se utilizaron antiguas canteras abandonadas. Dado que en aquel entonces no había ninguna sensibilización frente a los riesgos medioambientales, se aprovecharon las posibilidades económicamente más favorables existentes en la zona, sin tener en consideración los daños medioambientales que pudiesen surgir de la ubicación.

Las basuras se transportaban al campo sin que se tomaran, en la mayoría de los casos, medidas de protección. En consecuencia, se producían daños en el suelo, el aire de los poros en el suelo y el agua subterránea. El derrumbamiento del vertedero de basuras de Bens cerca de La Coruña sólo es un ejemplo de particular espectacularidad. Un siniestro de este tipo es muy raro: de 800.000 tns. de basura que se habían acumulado durante 22 años, se deslizaron 100.000 tns. destruyendo una serie de casas. Por desgracia, las masas de basura sepultaron a una persona.

Lo característico de los vertederos de basuras - llamados técnicamente Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos - son los daños en el suelo, el aire y el agua. En España no se ha tenido la suficiente consciencia de esta problemática, aunque en la temporada veraniega de gran afluencia turística, especialmente en las costas, se suelen producir problemas con el volumen de abastecimiento de agua y su calidad.



Fig. 1.: *Vertedero ilegal de basuras en los alrededores de la costa de Mijas (Andalucía).*

Con unas sencillas medidas de gerencia de riesgos el accidente del vertedero de Bens se hubiera podido prever años antes evitando su acaecimiento.

Exponemos a continuación cómo se pueden reconocer a tiempo, valorar y evitar gracias a las técnicas de gerencia de riesgos, los peligros que pueden surgir de los vertederos de R.S.U.

## **2. Cargas medioambientales**

Es de suponer que en España existen ya cargas medioambientales en muchos vertederos de R.S.U. al no haberse aplicado durante muchos años ninguna técnica específica de diseño de vertederos.

En la mayoría de los casos no se ha previsto ninguna impermeabilización inferior o lateral del vertedero, de modo que la basura se ha vertido directamente sobre la roca allí existente, o sea la que se encontraba por debajo de la superficie del terreno. Se trata casi siempre de terrenos sueltos y de rocas consolidadas. Los terrenos sueltos consisten principalmente de gravas, arenas, arcillas, mientras que las rocas consolidadas son rocas sedimentaria como cales, piedras areniscas y arcillosas, granito y basalto.

Las condiciones geológicas son muy importantes porque las aguas de las precipitaciones se infiltran en los viejos vertederos, mojándolos y arrastrando los productos nocivos, de tal forma que permiten que penetren en el subsuelo. Las consecuencias suelen ser graves daños en el suelo y en las aguas o bien un derrumbamiento de las masas de basura como el ocurrido en La Coruña.

En España, la mayoría de los vertederos no impermeabilizados tienen un subsuelo formado por roca permeable, particularmente grava, arena o roca consolidada. En el diseño tradicional de los vertederos se confió erróneamente en que el subsuelo tenía una capacidad suficiente de adsorción y regeneración para retener los productos nocivos y que, en el caso de no retenerse, se extenderían sobre grandes superficies en el subsuelo y por la dilución consiguiente, no surgiría ningún peligro para el suelo y las aguas. Actualmente se están llevando a cabo saneamientos en este tipo de vertederos en Alemania.

## **3. Factores de ubicación de vertederos de superficie y su relación con las aguas subterráneas**

Los vertederos pueden estar ubicados en arenas, gravillas u otras rocas sueltas de todo tipo o bien en arcillas o en terreno margoso. Los vertederos en rocas sueltas presentan en todo caso un elevado potencial de daño medioambiental comparados con los ubicados en terrenos arcillosos.

Al elegir la ubicación de un vertedero, se deben tener en cuenta en primer lugar las condiciones geológicas, hidrogeológicas, meteorológicas y topográficas, así como el aspecto ecológico y las infraestructuras. Para valorar una posible ubicación deberán utilizarse mapas topográficos, catastros y dictámenes. Asimismo se recomienda la cooperación con las cuencas hidrográficas. Se habrá de tener en cuenta, además, múltiples factores, particularmente en relación con la aceptación de la ubicación del vertedero por parte de los ciudadanos y la compatibilidad general con el medio ambiente.

Los vertederos en España se instalaban en zonas de actividades industriales o artesanales, ante todo en donde se podía retirar o bien depositar definitivamente, a costes relativamente bajos, los desechos de la producción y del consumo. Así, se llenaron canteras ya explotadas y cortes en el terreno, entre otros, sin que se hubiesen efectuado previamente medidas de impermeabilización. Actualmente, en estos vertederos se han producido degradaciones sobre grandes superficies. En Bens la solera del vertedero está inclinada hacia la costa, de modo que el siniestro ya estaba predestinado desde hace 22 años.

A fin de poder abordar este tema tan complejo, es absolutamente necesario explorar la estructura geológica e hidrológica mediante un análisis geológico-medioambiental y estudiar en una segunda fase el riesgo medioambiental del vertedero existente o proyectado.

Será imprescindible, investigar cuántos acuíferos hay en el subsuelo, su extensión, la calidad de su agua, si están bajo presión o sin tensión, la velocidad y la dirección y la velocidad de flujo de las corrientes de agua subterránea con las que se ha de contar, si el vertedero toca el agua subterránea, las variaciones anuales del nivel freático, etc.

Se utilizarán también todos los planos y perfiles geológicos e hidrológicos, se realizarán sondeos, exploraciones sísmicas y geo-eléctricas, así como ensayos de bombeo y se determinarán las características geofísicas.

Los vertederos en rocas consolidadas constituyen un peligro particular para el medio ambiente, dado que su permeabilidad al agua es muy alta y con ello la probabilidad de que penetre agua contaminada en el subsuelo.

## **4. Análisis de la técnica de vertederos**

### ***4.1 Vertederos con impermeabilización mineral de la base***

En primer lugar deberá comprobarse si la base del vertedero está impermeabilizada. En caso negativo, es de suponer 'a priori' un elevado potencial de daño medioambiental para el suelo y el agua subterránea. En muy pocos vertederos españoles se ha llevado a cabo una impermeabilización artificial de la base, sólo en algunos vertederos recientes se ha realizado dicha impermeabilización. Para la impermeabilización son muy apropiados los minerales consistente principalmente de materiales arcillosos que se han formado por la descomposición química de rocas silicatadas.

Esta mezcla de minerales se caracteriza por una alta capacidad de absorción y de intercambio de cationes, por una alta plasticidad y una baja permeabilidad frente a líquidos, es muy porosa y posee una alta capacidad de expansión.

La incorporación y la compactación de este material, por regla general, se efectúa en tongadas de unos 25 cm de espesor. La impermeabilización de un vertedero de R.S.U., particularmente la impermeabilización de la base y laterales, deberá tener un espesor total mayor de 150 cm.

La garantía y el control de calidad de las impermeabilizaciones de la base ya existentes de vertederos es de gran importancia para evitar daños posteriores en el suelo y aguas subterráneas.

#### **4.2 Vertederos con impermeabilizaciones compuestas**

Se parte de la base de que cuando los vertederos están provistos de impermeabilizaciones compuestas se estima un potencial limitado de daño medioambiental. Las impermeabilizaciones compuestas de la base de los vertederos constituyen un perfeccionamiento de la técnica de vertederos. La impermeabilización compuesta está formada por impermeabilización con arcilla como la ya explicada anteriormente combinada con una lámina de plástico de 2,5 mm. de espesor.

La lámina de plástico, por regla general, es de polietileno de alta densidad. Se coloca por tiras sobre la capa de arcilla incorporada anteriormente y se tienen que soldar los bordes, mediante soldadura con cuña de calentamiento o extrusión. Si se desea que la impermeabilización sea resistente a los hidrocarburos clorados, se utiliza una lámina de polivinilideno fluoruro, en lugar de una de polietileno de alta densidad. Cabe señalar que este último, bajo efectos de sosa cáustica y, además con un pH mayor, se hace permeable a los hidrocarburos clorados, dado que el policloruro de vinilideno se hace poroso. Hay que mencionar aquí también que la incorporación de láminas sólo conduce a los efectos deseados de impermeabilización si se tienen en cuenta determinados parámetros. Por este motivo, se cubrirán las láminas con capas protectoras, particularmente con materiales geotextiles o bentonita.

Al incorporar los materiales geotextiles debe evitarse que se produzcan demoras, dado que el material no resiste los efectos de la intemperie durante un periodo prolongado, sobre todo la irradiación solar, circunstancia de particular importancia en climas mediterráneos como el de España. Recientes estudios de materiales geotextiles, particularmente de poliéster, de polietileno y de polipropileno han demostrado que estas sustancias tienen un desgaste por degradación fotooxidativa como consecuencia de la insolación natural. Hay que considerar además un adecuado drenaje de líquidos y cabe resaltar que se habrán de cuestionar los métodos aplicados en cuanto a ejecución y seguridad.

### **4.3 Impermeabilizaciones de superficie de vertederos**

En un segundo paso deberá comprobarse si la superficie del vertedero a analizar está impermeabilizada. Al igual que la impermeabilización de la base cobra gran importancia la impermeabilización de la superficie de vertederos con el objeto de regular la cantidad de agua infiltrada en el cuerpo del vertedero y controlar el gas del mismo. Si la superficie del vertedero de Bens se hubiese impermeabilizado, se hubiera podido impedir que el vertedero se mojara excesivamente.

Un esquema de impermeabilización para la superficie adecuado podría estar compuesto por:

- plantación
- capa cubierta de humus
- drenaje de superficie
- lámina de plástico de impermeabilización
- drenaje de gas
- capa uniforme del cuerpo de basuras
- cuerpo de basuras

La ejecución se adaptará a las condiciones de cada caso dado que varían los factores inherentes a la ubicación, particularmente la evaporación, la precipitación y el desagüe. Con la plantación de la superficie se pretende, por una parte, integrar el vertedero de forma homogénea en el paisaje y, por otra parte, conseguir que las precipitaciones que se infiltran en el vertedero se evaporen, al máximo a través de las plantas, reduciendo a un mínimo las infiltraciones en el cuerpo de basuras.

En el caso de que en la impermeabilización por debajo de la capa de humus haya un drenaje de superficie, ésta asume la función principal de desagüe del agua de precipitación infiltrada. Asimismo se habrá de tener en cuenta que los procesos de descomposición, sedimentación y de transformación que tienen lugar en el cuerpo de basuras se observan particularmente en la impermeabilización de la superficie. Allí y en las soldaduras de la lámina de impermeabilización se producen las tensiones y dilataciones más fuertes.

### **4.4 Gases de vertedero: instalaciones de desgasificación y de quemado**

Los gases que pueden salir libremente de un vertedero constituyen un peligro muy grande. Pueden producirse autoinflamaciones, explosiones y, en el caso de inflamarse el PVC, emisiones de dioxina. En el caso del vertedero de Bens (La Coruña) los gases entran actualmente de forma descontrolada en la atmósfera, lo que agudiza aún más la situación. Hemos comprobado que sólo pocos vertederos en España tienen una instalación de desgasificación, de forma que en cualquier momento puede ocurrir un daño medioambiental en el aire. Sólo si se capta y se evacua el gas del vertedero puede minimizarse este peligro.

El gas que se produce en vertederos es una mezcla de aprox. un 55% de metano combustible, un 40% de dióxido de carbono, un 5% de nitrógeno, un 0,5% de oxígeno y varios cientos de otras sustancias en menor concentración. La formación de gases en cuerpos de vertederos depende en primer lugar de la composición de la basura, de su espesor, su densidad y de su almacenaje. Los procesos de descomposición pueden durar décadas.

Los gases que se producen al rellenar el vertedero, por regla general, pueden escapar descontroladamente del cuerpo del vertedero. Debido a la falta de impermeabilizaciones de la base del vertedero los gases también pueden penetrar en las rocas circundantes y dañarlas.

A fin de evitar las emisiones, los gases tienen que captarse mediante un sistema de drenaje y evacuarse sin que causen daños al medio ambiente. Por regla general, esto puede realizarse quemando los gases con fracciones de metano. Al proceder a la combustión a temperaturas inferiores a 1.000 grados centígrados puede producirse dioxinas con la consiguiente emisión permanente de la misma. Por este motivo, la combustión de los gases de vertederos sólo deberá efectuarse a altas temperaturas.

#### **4.5 Agua infiltrada**

Otro riesgo de los vertederos en España procede del agua infiltrada que contiene compuestos químicos tales como metales pesados, hidrocarburos clorados, benceno, tolueno, xileno y bifenileno policlorado. En los casos en que no se ha procedido a una impermeabilización de la base, estas aguas infiltradas fluyen normalmente, sin haberse depurado, a la capa freática, lo que constituye el mayor peligro. En Bens además ha penetrado en el subsuelo agua infiltrada contaminada, hecho del que no tenemos conocimiento se haya mencionado hasta la fecha.

Mediante la red de drenaje y los tubos de desagüe que se encuentran allí, se conduce el agua infiltrada del cuerpo de basuras al punto más bajo del vertedero y a través de pozos y de bombas a la instalación de procesamiento. De no haberse efectuado ninguna impermeabilización de la superficie, ni cubrimiento del vertedero, el agua consta particularmente de las precipitaciones infiltradas en el cuerpo de basuras y cargada de los extractos de los procesos de lixiviación, del agua libre contaminada de los residuos mojados y del agua de reacción formada por la descomposición de los residuos. Por este motivo, el agua infiltrada de los vertederos está cargada de muchos componentes solubles, orgánicos y inorgánicos.

La carga antropógena en un vertedero incluso sólo de basuras domésticas contiene una innumerable cantidad de sustancias químicas. En vertederos donde no se ha impermeabilizado la base, éstas pueden penetrar en el subsuelo y contaminar el agua subterránea. Este hecho se habrá de considerar a la hora de evaluar los riesgos medioambientales de los vertederos de basuras y, en su caso, deberán aplicarse medidas de saneamiento.

## **5. Saneamiento**

Antes de empezar con un saneamiento se determinará el tipo, consistencia, edad, las condiciones básicas geográficas, la estructura geológica tridimensional de la roca, los datos geofísicos, mineralógicos e hidrogeológicos respecto a todas las rocas existentes en el subsuelo y la historia técnica del vertedero a sanear. El alcance del saneamiento dependerá de los resultados de los estudios.

### **5.1 *Excavación de material contaminado***

La forma más sencilla para sanear un vertedero es la excavación del material contaminado, método, por cierto, muy costoso y que no está a la altura de la tecnología actual. La excavación de zonas contaminadas en vertederos entra dentro de los procedimientos llamados "ex situ", según los cuales se transporta el material excavado a un vertedero adaptado a un tipo de contaminación, se deposita allí o se efectúa un tratamiento del material contaminado con métodos especiales.

Según el método "on site", el material contaminado, una vez excavado, se sana y a continuación se vuelve a incorporar, mientras que, según el método "off site", el material contaminado, una vez excavado, se retira del lugar, se sana en un lugar diferente y a continuación se vuelve a incorporar en la zona excavada. Depositar el material contaminado en un vertedero significa únicamente trasladar las sustancias nocivas. Asimismo, al transportar las sustancias tóxicas pueden difundirse en el medio ambiente.

### **5.2 *Encapsulación***

La encapsulación de vertederos pertenece a los procedimientos de aislamiento. Se distinguen tres categorías importantes: el recubrimiento de la superficie, el apantallado vertical y el apantallado horizontal por debajo del vertedero. En la mayoría de los saneamientos de vertederos se da preferencia a la impermeabilización vertical, en la que se incorporan paredes impermeables como, por ejemplo, paredes de masa única y de masa doble, paredes compuestas y paredes delgadas.

#### **5.2.1 Impermeabilizaciones de superficie**

La impermeabilización de superficie minimiza o impide (según la estructura de la impermeabilización) la penetración de precipitaciones en los residuos depositados. Con ello puede reducirse la cantidad de aguas infiltradas y los costes para la descontaminación efectuada en instalaciones de tratamiento de aguas infiltradas. Pero no sólo por este motivo la realización de la impermeabilización cobra gran importancia ya que cumple otra función



importante: impedir la fuga de emisiones gaseosas peligrosas para el Medio Ambiente del cuerpo de basuras. Mediante una estructura especial de la impermeabilización de superficie pueden recogerse los gases que se producen en un vertedero a fin de efectuar el quemado de los mismos.

### **5.2.2 Pared de impermeabilización de masa única**

La construcción se realiza en forma de cortina subterránea, según técnica practicada con éxito en obras de ingeniería civil. Por contra a la ejecución en forma de cortina subterránea, los pilotes en situ y las paredes de tablestacas se aplican únicamente en casos excepcionales. La ejecución en forma de cortina subterránea y las paredes de impermeabilización así construidas se caracterizan ante todo por su alta capacidad de resistencia frente a filtraciones de agua, gas y contaminación (materiales nocivos). Esta forma de impermeabilización presenta otra característica positiva: su resistencia a largo plazo frente a impactos químicos, biológicos y físicos. En el vertedero sometido a saneamiento se excavan con ayuda de retroexcavadoras, en línea recta, los huecos para las laminillas primarias. Entre las laminillas equidistantes quedan zonas no excavadas, las llamadas laminillas secundarias. Tras haber puesto las laminillas primarias, se excavan las secundarias. La profundidad de las laminillas siempre depende de las capas estancas de agua que aparecen en el subsuelo.

Debe observarse que las capas que estancan el agua estén libres de grietas, zonas débiles u otras irregularidades de la roca al objeto de garantizar el éxito de la construcción.

Las laminillas primarias tienen una longitud de 2.0 a 4.8 m y se rellenan después de finalizada la excavación con una suspensión de bentonita y cemento. Después del endurecimiento de la laminilla primaria, lo que generalmente dura unas 48 horas, puede excavar la laminilla secundaria. La cuchara de cortina subterránea efectúa asimismo cortes en las partes laterales ya endurecidas de la laminilla primaria. Tras haber finalizado la laminilla secundaria, ésta se llena igual que a la laminilla primaria, con la suspensión de bentonita y cemento, de forma que al final se obtiene con esta medida técnica una pared impermeabilizante homogénea vertical que encierra el vertedero. Las zonas de solape de las laminillas primarias y secundarias pueden unirse bien a lo largo de las juntas dentro de la suspensión de bentonita y cemento gracias a procesos de hidratación todavía no terminados. Así se forma una pared impermeabilizante de masa única prácticamente impermeable.

### **5.2.3 Pared impermeabilizante de masa doble**

En el sistema de impermeabilización de masa doble la cortina subterránea se excava utilizando, por ejemplo, cinceles, fresa hidráulica o excavadora de cuchara de corte profundo. A continuación se rellenan las diferentes capas excavadas con una suspensión de sodio y bentonita como suspensión primaria a fin de proteger la cortina contra el hundimiento. Después de que se haya excavado la cortina hasta llegar a la capa estanca de agua se introduce la masa de impermeabilización en la cortina conforme al procedimiento de contracción.

### **5.2.4 Pared de impermeabilización compuesta**

Las ventajas de las paredes de impermeabilización combinadas, siempre que se incorporen de forma correcta, están en la disminución de la permeabilidad frente al agua subterránea, agua de infiltración y medios agresivos. Los cierres que unen las láminas de impermeabilización y las zonas terminales de las láminas en la solera del vertedero constituyen zonas críticas.

En conjunto deberá garantizarse que las juntas de la pared compuesta estén elaboradas sin extremos sueltos y sin ningún punto permeable en la totalidad de su altura, y que tenga la misma capacidad de retener el agua y el material nocivo de cualquier tipo que la lámina de impermeabilización misma. Por este motivo, las láminas de impermeabilización, se unen de forma solapada mediante un enlazado simple de dos perfiles, aplicando cordeles o gomas impermeabilizantes que se hinchan al absorber la humedad, o mediante soldaduras. No obstante, los distintos procedimientos pueden tener algún punto débil que pudiera menoscabar la función integral de la pared. A fin de garantizar la impermeabilidad, se deberán soldar además las paredes solapadas por ejemplo. Los perfiles enlazados de forma floja deberán, en todo caso, soldarse también.

### **5.2.5 Sistema de pared de impermeabilización por cámaras**

Otra posibilidad de cerrar antiguos vertederos es un sistema de cámaras. Se construyen paredes impermeabilizantes paralelas que se unen mediante mamparas transversales, a distancias de unos 50 metros, de forma que se obtiene una serie de cámaras separadas con paredes impermeabilizantes. La longitud de las distintas cámaras deberá calcularse de forma que se pueda hacer una cámara en una semana. La distancia entre dos paredes impermeabilizantes es, generalmente, de 48 m. Las paredes dobles se excavan hasta la misma profundidad que la pared de la cortina de una sola capa. Deberá evitarse que se perjudique el terreno ubicado entre las paredes paralelas y garantizarse que mantenga su permeabilidad natural.

### **5.2.6 Impermeabilización subterránea**

También en vertederos ya existentes pueden realizarse impermeabilizaciones subterráneas. Métodos idóneos son la impermeabilización de la solera del vertedero por inyección de geles o la introducción de impermeabilizaciones de base con la ayuda de robots. La utilización de los mismos permite el tratamiento y el saneamiento de vertederos antiguos que constituyen un potencial de daños medioambientales. En el primer procedimiento se perforan galerías paralelas por debajo del vertedero. Desde las distintas galerías se introducen por debajo de todo el vertedero, siempre que el subsuelo lo permita, geles blandos o cola de cemento, por mangas de presión u otros conductores de inyección.

### **5.2.7 Construcción de paredes delgadas**

Se distinguen dos procedimientos:

Tablestacas especiales o vigas en forma de doble T que se pilotean o se vibran por la capa estanca de agua hasta 1 m. de profundidad. Tras haber conseguido esta profundidad se extraen las tablestacas, al tiempo que se introduce a través de un tubo de inyección una suspensión que contiene bentonita, cemento, cal hidráulica y agua. La masa penetra en la cavidad de 8 cm de anchura producida por el desplazamiento, la rellena y penetra también en el terreno del entorno más o menos poroso.

Después de la extracción definitiva del soporte se traslada en otro punto el aparato y se hinca de nuevo.

Los espesores de masa inyectada son, por regla general, de 5 a 10 cm. Según el otro procedimiento se hacen excavaciones con vibradores hundidos con aletas soldadas a través de la capa a impermeabilizar. Se procede a la inyección análogamente al método precedente, al paso que se extrae el aparato.

Se pueden obtener con este método espesores de masa inyectada entre 3 y 30 cm. En comparación con las paredes de impermeabilización más gruesas, las paredes delgadas son más difíciles de incorporar frente a obstáculos de hincado y la incorporación en la capa estanca del agua es más difícil de controlar, dado que con este método no se extrae material.

### **5.3 Procedimientos hidráulicos**

Los procedimientos hidráulicos se pueden utilizar en combinación con paredes de impermeabilización o bien por sí solos como alternativa a la introducción de bases o paredes impermeabilizantes subterráneas al objeto de minimizar la difusión del material nocivo. No sólo se impide la salida de aguas infiltradas u otras contaminaciones del vertedero, sino que se evacúan controladamente por bomba a través de pozos únicamente las sustancias líquidas perjudiciales arrastradas por el agua subterránea en la zona alrededor del vertedero. Debido a la extracción forzosa, se forma debajo del vertedero una depresión que provoca que el agua subterránea fluya en dirección a los pozos de extracción. Por ésto, el agua subterránea alrededor del vertedero tiene un nivel mucho más elevado que el agua debajo del vertedero.

En la zona afluyente de agua subterránea, debido a la elevada presión hidroestática, la curva de extracción es mucho más empinada que en la zona emanante, en donde la resistencia al flujo del agua subterránea debida a la fricción en la roca y la falta de presión hidrostática provoca un aplanamiento de la curva. El agua evacuada por bomba tiene que depurarse en una instalación de tratamiento. Gracias a esta medida puede minimizarse la acumulación de agua infiltrada. Al realizar el pozo de extracción deberá observarse en todo caso que las contaminaciones no se arrastren a capas freáticas inferiores.

Debido a las complejas instalaciones técnicas y al alto consumo de energía los procedimientos hidráulicos han de calificarse de muy costosos. Una alternativa a la instalación de tratamiento de las aguas extraídas es secar el vertedero mediante procedimientos hidráulicos a la vez que se impermeabiliza la superficie. La encapsulación de la superficie minimiza a largo plazo la salida de material nocivo del vertedero y, en algunos casos, incluso se llegan a eliminar los escapes por completo.

## **6. Resumen**

En España hay gran cantidad de vertederos de R.S.U. con un potencial inherente de daños al medio ambiente. El peligro consiste por una parte, en que en estos vertederos - como en Bens (La Coruña) - se producen deslizamientos y, por otra, en que contaminan el ambiente de tal manera que dañan una amplia zona circundante. Actualmente no se puede decir, cuántos vertederos tendrán que calificarse de peligrosos para el Medio Ambiente. Por este motivo, debería determinarse el potencial de peligrosidad mediante análisis de riesgos, estudiando, documentando y valorando la técnica de la construcción, las características de la ubicación, la existencia de aguas infiltradas y gases del vertedero y la técnica empleada en la recultivación del terreno. Según el caso, se deberá sanear el vertedero para garantizar la protección del medio ambiente.

Sólo mediante una gerencia de riesgos integral se hace mensurable el riesgo, tanto para el Medio Ambiente como para el asegurador.