Organismo para la
Protección del Medio Ambiente
(Estados Unidos)

Desechos Sólidos y
Respuesta en Situaciones
de Emergencia (5102G)

EPA 542-F-96-024
Abril de 1996

EPA

Guía del ciudadano: La extracción de vapores del suelo

y la aspersión de aire

Oficina de Innovaciones Tecnológicas

Ficha tecnológica

¿Qué es la extracción de vapores del suelo?

La extracción de vapores del suelo es el tratamiento innovador que se selecciona con más frecuencia para sitios comprendidos en el *Superfund*. Es un proceso relativamente sencillo que separa físicamente los contaminantes del suelo. Como su nombre lo indica, consiste en la *extracción* de contaminantes del *suelo* en forma de *vapor*. Por lo tanto, los sistemas de extracción de vapores del suelo sirven para retirar contaminantes que tienden a *volatilizarse* o a evaporarse con facilidad. Con esta técnica se extraen compuestos orgánicos *volátiles* y algunos compuestos orgánicos *semivolátiles* de la zona no saturada del subsuelo, que está arriba de la capa freática. Por medio de un sistema de pozos subterráneos se crea un vacío y los contaminantes ascienden a la superficie en forma de vapor o gas. A menudo, además de los pozos de extracción se instalan pozos de *inyección* de aire para aumentar la corriente de aire y mejorar la tasa de remoción del contaminante. Otra ventaja de la introducción de aire en el suelo es que puede estimular la *biocorrección* de algunos contaminantes.

La extracción de vapores del suelo se conoce también como volatilización in situ, volatilización mejorada, aireación del suelo in situ, aireación forzada del suelo, remoción in situ por chorro de aire o extracción al vacío.

¿Qué es la aspersión de aire?

Por sí sola, la extracción de vapores del suelo no puede retirar contaminantes de la zona *saturada* del subsuelo, o sea la tierra empapada en agua que está debajo de la capa freática. En los lugares donde la contaminación está en la zona saturada, se puede usar una técnica llamada aspersión de aire junto con el sistema de extracción de vapores del suelo. La aspersión de aire consiste en introducir aire por bombeo en la zona saturada para que los contaminantes asciendan en burbujas hasta la zona no saturada, donde pueden extraerse por medio de los pozos del sistema de extracción de vapores del suelo (figura 1).

Para que la aspersión de aire dé resultado, la tierra de la zona saturada debe estar suficientemente floja como para que el aire inyectado pueda escapar fácilmente y ascender hasta la zona no saturada. Por lo tanto, la aspersión de aire actuará con mayor celeridad en lugares con suelo de grano grueso, como arena y grava.

Perfil de la extracción de vapores del suelo

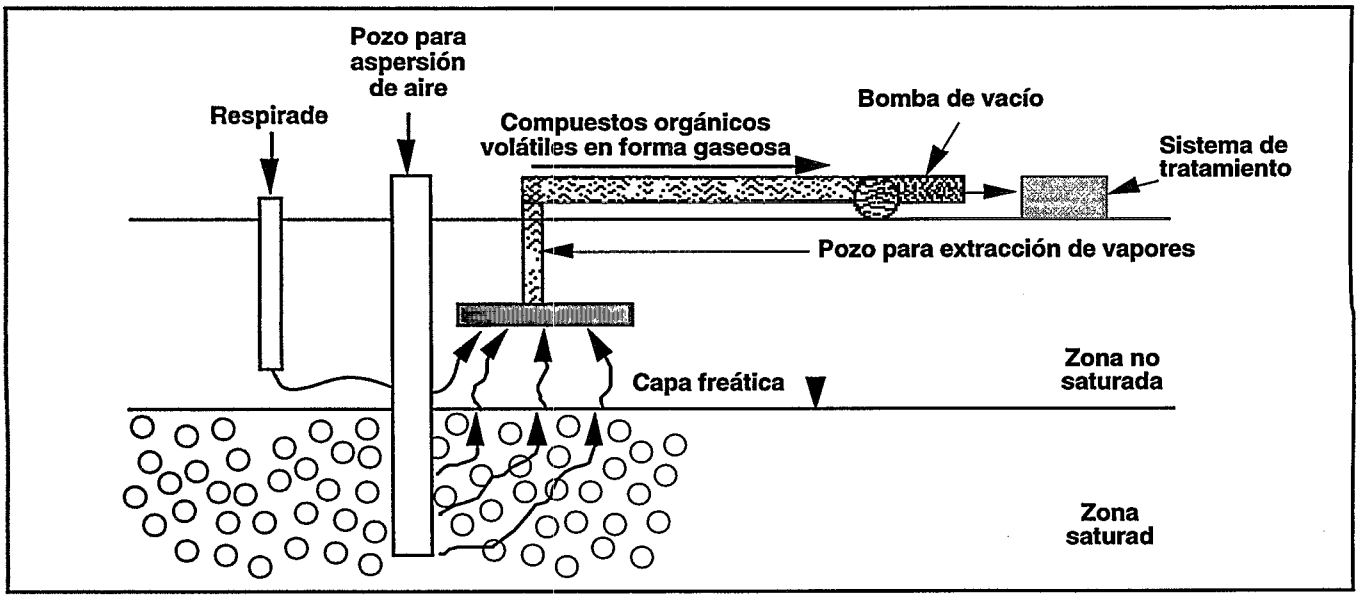
- Se extraen contaminantes del suelo en forma de vapor.
- Proporciona una fuente de oxígeno que puede estimular la biocorrección de algunos contaminantes.
- Es la técnica de tratamiento innovadora que más se usa.

Perfil de la aspersión de aire

- Extiende la acción de la extracción de vapores del suelo a contaminantes presentes en el agua subterránea.
- Puede acelerar la limpieza en sitios de bombeo y tratamiento.
- Proporciona una fuente de oxígeno que puede estimular la biocorrección de algunos contaminantes.

Impreso en papel reciclado

Figura 1
Sistema combinado de extracción de vapores del suelo y aspersión de aire



Igual que en el caso de la extracción de vapores del suelo, otra ventaja de la aspersión de aire es que proporciona una fuente de oxígeno que estimula la *biocorrección* de algunos contaminantes. Las medidas biocorrectivas son técnicas de tratamiento innovadoras que utilizan microorganismos que viven en el suelo o en el agua subterránea (por ejemplo, bacterias) para descomponer contaminantes en sustancias inocuas. (Las medidas biocorrectivas se explican con pormenores en otra Guía del ciudadano. Véase el recuadro "Para más información" en la página 4.) La aspersión de aire también puede ser un tratamiento rápido y eficaz para los compuestos orgánicos volátiles del agua subterránea.

¿Cómo funciona el sistema de extracción de vapores del suelo?

El primer paso para construir un sistema de extracción de vapores del suelo consiste en instalar pozos de extracción de vapor y pozos de inyección (o respiraderos) en la zona contaminada. Los pozos de inyección de aire usan compresores de aire para forzar la entrada de aire en el suelo. Los respiraderos desempeñan la misma función que los pozos de inyección, pero son pasivos: en vez de bombear aire, simplemente constituyen un pasaje para que se introduzca aire en el suelo. Cuando el aire que entra pasa por el suelo camino a los pozos de extracción, los contaminantes se evaporan de los espacios entre las partículas del suelo, son arrastrados por el aire hasta los pozos y allí se extraen.

Los pozos de extracción de vapores pueden ser verticales u horizontales. Generalmente son verticales y penetran hasta las capas inferiores de la zona no saturada. Los vapores extraídos con este proceso por lo general son sometidos a un tratamiento de adsorción con carbón, incineración, oxidación catalítica o condensación. También se han usado otros métodos, como tratamiento biológico y oxidación ultravioleta. El tipo de tratamiento que se seleccione dependerá de los contaminantes presentes y su concentración.

La adsorción con carbón es el tratamiento que más se usa para los vapores contaminados y se puede adaptar a una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles.

Si se proyecta y se utiliza bien, el sistema de extracción de vapores del suelo es un proceso seguro que requiere pocas tareas de mantenimiento. Hay equipo a prueba de explosiones para manejar mezclas de gases extraídos de algunos vertederos o lugares donde se ha derramado gasolina, puesto que estas mezclas podrían ser explosivas.

Extracción de vapores del suelo mejorada térmicamente. Se puede *mejorar* la extracción de vapores del suelo con la inyección de aire caliente o vapor en el suelo contaminado por medio de los pozos de inyección. El aire caliente o el vapor ayuda a "aflojar" algunos compuestos menos volátiles del suelo. Se han realizado demostraciones en gran escala de extracción de vapores del suelo con inyección de vapor en varios lugares. Además del aire caliente o el vapor, otra mejora de la extracción de vapores del suelo es el uso de radiofrecuencias para calentar el suelo y vaporizar o volatilizar mejor los compuestos en suelos arcillosos y

limosos. Se están realizando demostraciones del uso de radiofrecuencias.

Extracción de doble fase. La extracción de doble fase es un sistema de tratamiento similar a la extracción de vapores del suelo, pero los pozos de extracción son más profundos y llegan a la zona saturada, debajo de la capa freática. Se aplica un fuerte vacío por medio de los pozos de extracción para extraer simultáneamente agua subterránea y vapores del subsuelo. Cuando los vapores y el agua subterránea llegan a la superficie, se separan y se someten a un tratamiento. En suelos densos y arcillosos, la extracción de doble fase es más eficaz que el método corriente de extracción de vapores. Cuando la extracción de doble fase se combina con medidas biocorrectivas, aspersión de aire o bioaireación, la limpieza lleva menos tiempo.

¿En qué casos convendría usar la extracción de vapores del suelo o la aspersión de aire?

La extracción de vapores del suelo es muy eficaz para retirar compuestos orgánicos volátiles de la zona no saturada. Con la adición de un sistema de aspersión de aire, se pueden retirar contaminantes también de la zona saturada. Para ninguna de las dos técnicas se necesita excavar el suelo contaminado. (Es mejor evitar la excavación porque es costosa, levanta polvo y permite que salgan a la atmósfera contaminantes volátiles sin tratar.) Los vapores extraídos generalmente necesitan un tratamiento, pero el costo del tratamiento de los vapores y líquidos extraídos es bajo en comparación con el costo de las técnicas que requieren excavación. El equipo es relativamente fácil de instalar, se puede usar eficazmente en combinación con otras técnicas de tratamiento y es eficaz para sitios con diferentes condiciones.

¿Darán resultado estas técnicas en cualquier lugar?

La extracción de vapores del suelo y la aspersión de aire pueden ser buenas opciones para lugares contaminados con solventes, otros compuestos orgánicos volátiles (como tricloroetano, tricloroetileno, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) y combustibles. Como las propiedades del suelo tienen un efecto muy importante en el movimiento de los vapores del suelo, la eficacia y el diseño de sistemas de extracción de vapores del suelo y aspersión de aire dependen en gran medida de las propiedades del suelo. La extracción de vapores del suelo da mejor resultado en suelos flojos no saturados, como arena, grava y limo grueso o lecho de roca fracturado. Sin embargo, se ha usado en suelos más densos, aunque el tratamiento podría llevar más tiempo. Además, cuanta más humedad contenga el suelo, más lenta será la extracción.

¿Dónde se están usando las técnicas de extracción de vapores del suelo y aspersión de aire?

La técnica de extracción de vapores del suelo se ha usado en varios lugares con desechos peligrosos, en muchos de ellos con recursos del *Superfund*. Verona Well Field (Michigan) es uno de los sitios donde se usó la técnica de extracción de vapores del suelo con recursos del *Superfund* para tratar una zona de 2.000 m^2 hasta una profundidad de seis metros contaminada con tricloroetano, tetracloroetileno y una mezcla de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno. Con este sistema se extrajeron y se trataron 20 toneladas métricas de contaminantes del lugar. El EPA estableció niveles de limpieza para 19 contaminantes del lugar y con la técnica extracción de vapores del suelo se alcanzaron las metas para todos los contaminantes. El cuadro 1 de la página 4 contiene más ejemplos de sitios donde se planea usar o se ha usado la extracción de vapores del suelo, la aspersión de aire y la extracción de doble fase con recursos del *Superfund*.

¿Qué son las técnicas de tratamiento innovadoras?

Las técnicas de tratamiento son procesos que se aplican a desechos peligrosos o materiales contaminados para alterar su estado en forma permanente por medios químicos, biológicos o físicos. Con técnicas de tratamiento se pueden alterar materiales contaminados, destruyéndolos o modificándolos, a fin de que sean menos peligrosos o dejen de ser peligrosos. Con ese fin se puede reducir la cantidad de material contaminado, recuperar o retirar un componente que confiera al material sus propiedades peligrosas o inmovilizar los desechos. Las técnicas de tratamiento innovadoras son técnicas que han sido ensayadas, seleccionadas o utilizadas para el tratamiento de desechos peligrosos o materiales contaminados, aunque todavía no se dispone de datos bien documentados sobre su costo y resultados en diversas condiciones de aplicación.

Algunas técnicas de tratamiento innovadoras, como la extracción de vapores del suelo y la desorción térmica, están tan difundidas que calificarlas de "innovadoras" podría parecer inadecuado. Sin embargo, siguen apareciendo variantes innovadoras de estas técnicas y el EPA no puede aún prever con certeza el tiempo que se tardará en descontaminar un sitio con estas técnicas ni el costo. Por estas razones, el EPA continúa observando su evolución y recopilando datos sobre ellas.

Cuadro 1
Ejemplos de lugares donde se usan las técnicas de extracción de vapor del suelo, aspersión de aire y extracción de doble fase con recursos del *Superfund**

Nombre del sitio	Técnica	Situación**	Contaminantes
Fairchild Semiconductor (San Jose) (California)	EVS	Concluida	Compuestos orgánicos volátiles, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno
Garden State Cleaners (Nueva Jersey)	EVS	Concluida	Compuestos orgánicos volátiles
Defense General Supply Center (Virginia)	EVS	Concluida	Compuestos orgánicos volátiles
Hollingsworth Solderless (Florida)	EVS	Concluida	Compuestos orgánicos volátiles
Rocky Mountain Arsenal (Colorado)	EVS	Concluida	Compuestos orgánicos volátiles
Lindsay Manufacturing (Nebraska)	EVS	En ejecución	Compuestos orgánicos volátiles
Applied Environmental Services (Nueva York)	EVS/AA	En ejecución	Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos semivolátiles, hidrocarburos poliaromáticos
Wayne Reclamation and Recycling (Indiana)	EVS/AA	En ejecución	Compuestos orgánicos volátiles, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno
Sand Creek Industrial (Colorado)	EVS/EDF	Anteproyecto	Compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos poliaromáticos, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno
Linemaster Switch Corp. (Connecticut)	EVS/EDF	En proyecto	Compuestos orgánicos volátiles
Rochester Property (Carolina del Sur)	AA	En ejecución	Compuestos orgánicos volátiles
Fairchild Air Force Base (Washington)	AA	En ejecución	Compuestos orgánicos volátiles, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno

EVS = extracción de vapores del suelo AA = aspersión de aire EDF = extracción de doble fase

Si desea una lista de los sitios para los cuales se han usado o seleccionado técnicas de tratamiento innovadoras con recursos del *Superfund*, diríjase al NCEPI, cuya dirección figura en el recuadro a continuación, y solicite un ejemplar del documento titulado ***Innovative Treatment Technologies: Annual Status Report (7th Ed.)*, EPA 542-R-95-008.** Hay una base de datos con más información sobre los sitios indicados en el *Annual Status Report*. La base de datos se puede recibir gratis por computadora; está en la cartelera electrónica con información sobre operaciones de limpieza del EPA (CLU-IN). Llame a CLU-IN, módem: 301-589-8366. El número de teléfono de CLU-IN para ayuda técnica es 301-589-8368. La base de datos también se puede comprar en disquetes. Consulte al NCEPI para más pormenores.

* *No todos los tipos de desechos y no todas las condiciones de los sitios son comparables. Es necesario investigar cada sitio y someterlo a pruebas por separado. Se deben emplear criterios científicos y técnicos para determinar si una técnica es apropiada para un sitio.*
** *Hasta agosto de 1995.*

Para más información:

Las publicaciones que se indican a continuación pueden obtenerse gratis del NCEPI. Para encargarlas, envíe su pedido por fax al 513-489-8695. Si al NCEPI no le quedan más ejemplares de alguno de estos documentos, puede dirigirse a otras fuentes. Escriba al NCEPI a la siguiente dirección:

National Center for Environmental Publications and Information (NCEPI)
P.O. Box 42419
Cincinnati, OH 45242

- *Selected Alternative and Innovative Treatment Technologies for Corrective Action and Site Remediation: A Bibliography of EPA Information Resources*, enero de 1995, EPA 542-B-95-001. **Bibliografía de publicaciones del EPA sobre técnicas de tratamiento innovadoras.**
- *Soil Vapor Extraction Treatment Technology Resource Guide*, septiembre de 1994, EPA 542-B-94-007. **Bibliografía de publicaciones y otras fuentes de información sobre la extracción de vapores del suelo, la aspersión de aire y otras técnicas de tratamiento innovadoras.**
- *In Situ Remediation Technology Status Report: Thermal Enhancements*, abril de 1995, EPA 542-K-94-009.
- *Technology Assessment of Soil Vapor Extraction and Air Sparging*, septiembre de 1992, EPA 600-R-92-173.
- *Superfund Innovative Technology Evaluation Program: Technology Profiles (7th Ed.)*, EPA 540-R-94-526.
- *A Citizen's Guide to Bioremediation*, EPA 542-F-96-007.
- *WASTECH® Monograph on Vacuum Vapor Extraction*, ISBN #1-883767-08-3. Puede obtenerse de la Academia Estadounidense de Ingenieros Ambientales, 130 Holiday Court, Annapolis, Maryland 21401; teléfono: 410-266-3311. Cuesta US$49,95.

AVISO: Esta ficha técnica es solamente una fuente de orientación e información. No es su propósito crear derechos que puedan hacerse valer por vía judicial en Estados Unidos, ni se puede recurrir a esta ficha técnica con ese fin. El EPA también se reserva el derecho de cambiar estas pautas en cualquier momento sin avisar al público.