



Folleto informativo de sistemas descentralizados

Tanque séptico - sistemas de absorción al suelo

DESCRIPCIÓN

Se estima que el 30 por ciento de todas las viviendas en los Estados Unidos utilizan métodos de tratamiento en el punto de origen de los desechos (Hoover *et al.*, 1994). El tanque séptico con absorción al suelo es el más popular de estos métodos (U.S. EPA, 1980a). El tanque séptico es una estructura subterránea impermeable utilizada para recibir las aguas residuales de las viviendas. Está diseñado para permitir que los sólidos se sedimenten y se separen del líquido, lograr una digestión limitada de la materia orgánica, y almacenar los sólidos mientras que el líquido clarificado pasa a las fases adicionales de tratamiento y disposición. Aún cuando el efluente del tanque séptico puede ser tratado en una variedad de formas, este folleto informativo describe la dispersión del agua residual por absorción subsuperficial en un área de suelo o campo de drenaje.

APLICABILIDAD

Los sistemas de tanque séptico con absorción al suelo representan una opción que puede considerarse para cualquier lugar que no disponga de un sistema de tratamiento centralizado. Dado que el tratamiento y la

disposición en el subsuelo dependen de la filtración gradual del agua residual en los suelos circundantes, estos sistemas pueden ser considerados solamente si las características del suelo y la geología son favorables para el tratamiento y la disposición posterior del agua residual tratada al medio ambiente.

Para que el tratamiento del agua residual sea efectivo, el terreno a ser usado debe ser relativamente permeable, y permanecer insaturado varios pies por debajo del sistema. Más aún, el sistema de absorción al suelo debe estar ubicado muy por encima de la capa freática y del lecho de roca. Además, no puede estar ubicado en áreas con pendientes muy inclinadas (U.S. EPA, 1980a). En las regiones con una capa freática alta o un lecho de roca no muy profundo, otros sistemas que utilizan una tecnología más avanzada pueden ser mejores opciones para el tratamiento del agua residual. (véase el Folleto informativo de tecnología de aguas residuales: Sistemas de montículo). En los casos en donde existen suelos impermeables, los sistemas de relleno y sistemas de zanja revestida por arena - en los cuales el material de relleno es transportado y colocado para sustituir el material sólido inadecuado - pueden ser considerados como alternativas factibles.

Para evitar la contaminación de los fuentes de agua potable y otros problemas, los sistemas de absorción al suelo deben estar ubicados a distancias prescritas de los pozos, las aguas

superficiales y los manantiales, las zonas escarpadas, los límites de propiedad y los cimientos de construcción (U.S. EPA, 1980a). Estas regulaciones pueden restringir la viabilidad de la instalación del sistema séptico, dependiendo del tamaño, la forma y la proximidad de la propiedad a los elementos mencionados.

Los sistemas sépticos convencionales están diseñados para funcionar indefinidamente si se realizan correctamente las actividades de mantenimiento. Sin embargo, debido a que la mayoría de los sistemas domésticos no reciben una manutención correcta, la vida útil de operación de los sistemas sépticos es generalmente igual o menor a 20 años. Es común en las prácticas actuales el requerir que se reserve una segunda área adecuada en el sitio como zona de reparación en caso de que el sistema inicial no funcione correctamente, o para permitir la posibilidad de proyectos futuros de adiciones a la vivienda (Hoover, 1999).

Puesto que el área de absorción al suelo debe mantenerse no saturada para el funcionamiento adecuado del sistema, la instalación de los sistemas sépticos puede no ser factible en regiones propensas a lluvias intensas frecuentes e inundaciones, o en depresiones del terreno en donde se observa la acumulación de aguas superficiales.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- Simplicidad, confiabilidad y bajo costo.
- Pocos requisitos para el mantenimiento.

- Los nutrientes de los residuos regresan al suelo.
- Un sistema diseñado y mantenido correctamente puede durar más de veinte años.

Desventajas

- Las limitaciones de los sistemas sépticos incluyen el tipo y permeabilidad natural del suelo, la profundidad del lecho de roca y el agua subterránea, y la topografía del terreno.
- Se deben considerar las normas referentes a la distancia entre el tanque séptico y el abastecimiento de agua, los límites de propiedad y las tuberías de drenaje.
- Restricciones referentes a las características del agua residual afluyente se deben incluir en la planificación del proyecto.
- Los sistemas que no son operados correctamente pueden introducir nitrógeno, fósforo, materia orgánica y patógenos bacterianos y virales a áreas cercanas y al agua subterránea.

CRITERIOS DE DISEÑO

El sistema séptico generalmente incluye tres componentes: el tanque séptico, un área de percolación, y el suelo subyacente al área de percolación. El tanque debe ser un dispositivo impermeable construido de materiales duraderos, resistentes a la corrosión y a la

descomposición (concreto, plástico reforzado con fibra, fibra de vidrio o polietileno). El tanque séptico se conecta a un sistema de tuberías que distribuye el efluente del agua residual al suelo subsuperficial para la absorción y el tratamiento posterior.

El agua residual generada en una vivienda se recolecta y se transporta a través de los drenajes caseros al tanque séptico enterrado, en donde la mayoría de los sólidos se sedimentan mientras que la grasa y la nata flotan en la superficie. Los deflectores de la entrada o rejillas del afluente ayudan a que el agua residual se dirija hacia abajo dentro del tanque, previniendo un flujo en cortocircuito a lo largo de la sección superior. Los deflectores de la tubería de descarga previenen el paso de la capa de la nata al sistema de absorción al suelo. Los sólidos recolectados experimentan cierto grado de descomposición por digestión anaeróbica en el fondo del tanque. La capacidad de un tanque séptico generalmente es de 3,785 a 7,570 litros (1,000 a 2,000 galones).

El efluente clarificado sale del tanque séptico e ingresa al sistema de absorción al suelo (también denominado zona de lixiviación o campo de drenaje) en donde se forma una capa biológica que contribuye a la distribución uniforme de los residuos en el campo de drenaje (U.S. EPA, 1980a; Hoover *et al.*, 1996). Las normas estatales generalmente requieren que debajo de la zona de drenaje exista una capa de suelo no saturado de dos a cuatro pies (o algunas veces menor) para renovar el agua residual antes de que llegue al "estrato límite", el punto en el cual las condiciones son inadecuadas para la renovación del agua residual. El estrato límite puede ser el lecho de roca, una capa de suelo impermeable, o el nivel estacional más alto de la capa freática.

Los lechos y zanjas de absorción son las opciones de diseño más comunes para los sistemas de absorción al suelo. Las zanjas son excavaciones planas, poco profundas,

generalmente de 0.305 a 1.524 metros (1 a 5 pies) de profundidad, y de 0.305 a 0.914 metros (1 a 3 pies) de ancho (véase U.S. EPA, 1980a). El fondo se rellena con un mínimo de 15.24 centímetros (6 pulgadas) de grava lavada o de roca triturada sobre el cual se coloca una tubería perforada de 10.16 centímetros (4 pulgadas). Roca adicional se deposita sobre la tubería y alrededor de la misma. Una tela sintética se coloca sobre la grava para prevenir que el relleno se desplace a la zanja de grava. Los lechos se construyen de similar manera a las zanjas, pero tienen una dimensión de más de tres pies de ancho y pueden contener un sistema de distribución de tuberías múltiples. Si bien en algunas ocasiones se prefieren los lechos con el fin de ahorrar espacio en terrenos muy permeables, los diseños de zanja proporcionan una mayor área superficial para la absorción al suelo (U.S. EPA, 1980a; Hoover, 1999).

El tamaño de un sistema de absorción al suelo se basa en el tamaño de la vivienda y en las características del suelo. Tradicionalmente, el suelo ha sido evaluado utilizando la "tasa de percolación", una medida de la velocidad de migración del agua a través del suelo en cuestión. Para que el drenaje del terreno se considere adecuado, los límites aceptables de la tasa de percolación fluctúan entre 23 y 24 minutos por centímetro (1 a 60 minutos por pulgada) (U.S. EPA, 1980a). Tasas de percolación de 1.18 y 24 minutos por centímetro (3 y 60 minutos por pulgada) por cada dormitorio de la vivienda a ser servida, corresponderían a áreas de absorción de aproximadamente 70 y 340 metros cuadrados, respectivamente (Harlan and Dickey, 1999). Aún cuando el número de dormitorios ha sido utilizado típicamente como un método empírico para medir el tanque, esto se debe considerar sólo como una aproximación; en sí mismo, ese método no es una manera confiable de estimar el volumen anticipado de los desechos (U.S. EPA, 1980a).

Mientras que algunos estados continúan utilizando la tasa de percolación como criterio para la aceptabilidad del terreno, muchos utilizan un parámetro más amplio como parte de una evaluación completa del terreno, el índice de aceptación a largo plazo (Hoover, 1999). Este índice considera la textura, la estructura, el color y la consistencia de todas las capas del suelo debajo de la zona de drenaje, así como la topografía local, para determinar la carga de agua residual que un área puede recibir a largo plazo una vez que se haya formado la biomasa.

Las características del agua residual que fluye al área de absorción al suelo es una variable crítica para el funcionamiento apropiado de los sistemas sépticos. Los sistemas de absorción al suelo trabajan con mayor eficacia cuando el agua residual afluyente no contiene niveles significativos de sólidos sedimentables ni compuestos grasos (U.S. EPA, 1980a) que pueden acelerar la obstrucción de la zona de percolación. Por consiguiente, el uso de trituradores domésticos de basura y el verter grasas a los drenajes de la vivienda pueden reducir la eficiencia de los sistemas de tanques sépticos con absorción al suelo (Gannon *et al.*, 1998). Para evitar que se obstruya el potencial de percolación del suelo, los tanques sépticos están equipados con deflectores de salida para evitar la descarga de grasa flotante, nata y partículas incorporadas al sistema de absorción al suelo. Además, se recomienda el uso de tanques de dos compartimientos en lugar de los diseñados con un compartimiento individual. Aún así, los tanques deben ser dimensionados correctamente para evitar la sobrecarga hidráulica, y el paso de materiales indeseables al sistema de absorción al suelo.

La digestión de desechos es un proceso que depende de la temperatura, y las temperaturas más frías pueden obstaculizar la descomposición eficaz de los desechos en los tanques sépticos (Seifert, 1999). Por lo tanto, en climas fríos se pueden necesitar que los tanques

estén enterrados a profundidades mayores, y/o tengan aislamiento térmico.

Los sistemas sépticos pueden ser una fuente de nitrógeno, fósforo, materia orgánica, y patógenos bacterianos y virales, lo cual puede tener graves impactos ambientales y de salud (Gannon *et al.*, 1994). Las fallas de los sistemas en el tratamiento adecuado del agua residual pueden deberse al emplazamiento o la instalación inadecuados, o a una operación deficiente. La sobrecarga hidráulica ha sido identificada como una causa importante de fallas del sistema (Jarrett *et al.*, 1985). Puesto que las aguas residuales sépticas contienen diversos compuestos de nitrógeno (por ejemplo, amoníaco, compuestos de amonio y formas orgánicas de nitrógeno) (Brown, 1998), la instalación de sistemas sépticos en áreas densamente desarrolladas, junto con otros factores, da como resultado la introducción de contaminantes de nitrógeno a las aguas subterráneas. Los impactos en la capa freática pueden ocurrir aún cuando las condiciones del terreno son favorables debido a que la zona de tratamiento aeróbico no saturada situada debajo de la zona de percolación - una zona requerida para la remoción de organismos patógenos - promueve la conversión a nitratos del nitrógeno presente en el agua residual (Hoover, 1999). Si la contaminación del agua subterránea por nitrato es una preocupación en la región, se podrían requerir métodos de control o tecnologías de desnitrificación para el funcionamiento adecuado y seguro del sistema séptico.

Los síntomas de un sistema séptico que no está funcionando correctamente pueden incluir olores fuertes, la acumulación de agua residual incorrectamente tratada, o el represamiento del agua residual en la vivienda (Hoover, 1999). Síntomas menos obvios se presentan cuando los sistemas están funcionando en condiciones subóptimas, las cuales producen un deterioro mensurable de la calidad del agua que, a largo

plazo, lleva a la degradación ambiental local (Brown, 1998).

No se debe permitir que solventes, productos tóxicos y otros productos químicos caseros se descarguen a un sistema séptico; estas sustancias pueden eliminar las bacterias beneficiosas que se encuentran en el tanque y en la zona de percolación, y generar fallas en el sistema (Montgomery, 1990). Aunque se han comercializado algunos solventes orgánicos como limpiadores del sistema séptico y como sustitutos al bombeo de los lodos, existe poca evidencia que tales limpiadores realicen cualquiera de las funciones especificadas. Se sabe que esos limpiadores pueden exterminar microbios útiles, dando por resultado la descarga creciente de contaminantes (Gannon *et al.*, 1999; Montgomery, 1999). Además, los componentes químicos en estos productos pueden contaminar las aguas receptoras (U.S. EPA, 1993). Las restricciones al uso de aditivos son más eficaces cuando se usan como parte de un Programa de Prácticas Mejoradas de manejo que involucre otras medidas de reducción en la fuente, tales como la prohibición del uso de fosfatos y del uso de accesorios de plomería de bajo volumen.

El diseño de los lechos y zanjas de disposición subsuperficial varía grandemente debido a las condiciones específicas del lugar. En áreas inclinadas, un sistema de distribución en serie se configura de modo tal que se utilice cada una de las zanjas a su capacidad máxima antes de que el efluente se desborde a la zanja siguiente. Se puede instalar un sistema dosificador o presurizado de distribución para asegurar la distribución completa del efluente a cada zanja (U.S. EPA, 1980a). Válvulas de alternación permiten el cambio entre los lechos o zanjas para permitir el secado o el descanso del sistema (U.S. EPA, 1980a; Gannon *et al.*, 1999). Un sistema de dosificación, tal como un sistema de tuberías de baja presión, es útil en las áreas con un nivel alto de agua subterránea, y en suelos permeables en donde se empleen zanjas someras

de grava instaladas a una profundidad de 22.86 a 30.48 centímetros (9 a 12 pulgadas) debajo de la superficie. Otra opción es el uso del riego por goteo (Hoover, 1999).

Se ha demostrado que los tanques sépticos con absorción al suelo que han sido ubicados, dimensionados, construídos y mantenidos correctamente representan un método de tratamiento y disposición de aguas residuales que es eficiente y beneficioso desde el punto de vista económico. Al operar sin equipos mecánicos, los sistemas de absorción al suelo que reciben mantenimiento adecuado tienen una vida útil de servicio mayor a 20 años. Se deben tomar en cuenta diversas medidas importantes durante la construcción para asegurar la confiabilidad del sistema:

- El mantener equipos pesados fuera del área del sistema de absorción al suelo antes y después de la construcción. La compactación del terreno puede dar lugar a la falla prematura del sistema.
- El desviar del sistema de absorción al suelo la escorrentía pluvial de las azoteas de edificios y de las áreas pavimentadas. Esta agua superficial puede aumentar la cantidad de agua que el suelo tiene que absorber y dar como resultado fallas prematuras.
- El asegurar que el dispositivo de alternación y el fondo de las zanjas estén nivelados para proporcionar una distribución uniforme del efluente del tanque séptico. Si se presentan desplazamientos de la estructura por asentamiento o formación de hielo, parte del sistema de absorción al suelo puede estar sobrecargado.
- El evitar la instalación del sistema de tanque séptico con absorción al suelo cuando el suelo este húmedo. La construcción en suelo húmedo puede causar la formación de

charcos e incremento de la compactación del terreno, lo cual reduce grandemente la permeabilidad del terreno y la vida útil de un sistema.

- El instalar dispositivos de ahorro de agua para reducir la cantidad de agua residual que entra al sistema de absorción al suelo.
- El bombear el tanque séptico por lo menos cada tres a cinco años, y el hacer inspecciones rutinarias.

DESEMPEÑO

Cuando los sistemas de tanque séptico con absorción al suelo son instalados y mantenidos correctamente, éstos constituyen un método eficiente para el tratamiento y la disposición de las aguas residuales domésticas. Sin embargo, aún en las mejores circunstancias, los sistemas de tanque séptico permiten “fugas planificadas” de contaminantes a las aguas subterráneas (Tolman *et al.*, 1989) por lo cual éstos deben ser diseñados y operados para reducir al mínimo el impacto de esas fugas. Si bien se ha identificado que la sobrecarga hidráulica es una causa importante de la falla de sistemas sépticos (Jarrett *et al.*, 1985), la contaminación debida a fallas del sistema puede ser causada por una variedad de factores. En un estudio, las fallas generalizadas de sistemas sépticos en Illinois fueron atribuidas principalmente a la inaptitud de suelos, la edad del sistema, la falta de mantenimiento, y el diseño e instalación inadecuados de los sistemas (Smith and Ince, 1989). Así mismo, un estudio de los sistemas sépticos del condado de Hopatcong en New Jersey demostró que las condiciones inadecuadas del suelo, y la poca profundidad del lecho de roca fueron componentes significativos de las fallas del sistema (HSAC, 1997). Según una estimación, solo el 32 por ciento del área

total de los Estados Unidos tiene suelos apropiados para el tratamiento de desechos por medio de los sistemas tradicionales de tanques sépticos con absorción al suelo (U.S. EPA, 1980a).

La frecuencia del uso también afecta el funcionamiento del sistema. Se ha encontrado que los campos de drenaje instalados en propiedades que son utilizadas en forma estacional desarrollan una capa biológica incompleta, dando como resultado la distribución y absorción desigual del agua residual (Postma *et al.*, 1992).

Un factor crítico en el funcionamiento óptimo del sistema es la profundidad del suelo no saturado debajo del área de absorción. En un estudio sobre el funcionamiento de un sistema séptico realizado en una isla costera de barrera (caracterizada por la alta variabilidad del nivel freático y suelos arenosos, dos condiciones que son desfavorables para la operación del sistema séptico) se encontró que una capa del suelo de 60 centímetros proporcionaba un tratamiento microbiano adecuado, aún a las tasas de carga más altas evaluadas en el estudio (Cogger *et al.*, 1988). Por el contrario, el mismo estudio encontró que otro sistema de igual diseño con una capa del suelo de 30 centímetros por debajo de la zona de drenaje presentaba problemas por el incremento del nivel freático y daba un tratamiento inadecuado. Para las tasas de carga estudiadas se determinó que la profundidad del suelo no saturado debajo del sistema representaba un factor más decisivo en el funcionamiento del sistema que la carga hidráulica.

A pesar de las limitaciones descritas anteriormente, los sistemas sépticos tienden a ser preferidos para uso doméstico a largo plazo en lugar de otros métodos de tratamiento en el punto de origen de los desechos. Un estudio realizado en 1980 llegó a la conclusión que los sistemas de tanques sépticos con absorción al suelo fueron los sistemas de menor costo y de

mejor nivel de desempeño entre seis técnicas de tratamiento para uso en el punto de origen de los desechos (U.S. EPA, el 1980b). Además de los tanques sépticos con absorción al suelo, las otras cinco técnicas eran los inodoros de incineración, los inodoros de reciclaje, las unidades de aireación extendida seguidas por filtros de arena abiertos, los tanques sépticos seguidos por filtros de arena abiertos, y los tanques sépticos seguidos por filtros horizontales de arena.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para mantener el sistema operando correctamente, se debe evitar el poner materiales de alto contenido de sólidos o grasas en drenajes o inodoros, incluyendo toallas de papel, cigarrillos, arcilla granulada con heces de mascotas, productos de higiene femenina, y grasa residual de la comida (HSAC 1997). En el pasado se ha recomendado el bombeo de los sólidos acumulados en los tanques sépticos cada tres a cinco años; sin embargo, se ha demostrado que la carga de sólidos varía extremadamente y que en los tanques modernos no se requiere un bombeo tan frecuente (U.S. EPA, 1994). Se debe planear un bombeo cada cuatro años, pero en la práctica esto debe determinarse mediante la inspección.

Las inspecciones se deben realizar por lo menos cada dos años para confirmar que los deflectores estén funcionando correctamente, que no existe ninguna fuga, y para monitorear los niveles del lodo y la nata en el tanque (U.S. EPA, 1994). El tanque debe ser bombeado si el grosor de la capa de lodo excede el 25 por ciento de la capacidad operativa del líquido del tanque (Hoover, 1999), o si el fondo de la capa de nata se encuentra a 7.62 centímetros (tres pulgadas) del fondo del deflector (U.S. EPA, 1994). Se requieren inspecciones más frecuentes en los

sistemas que utilizan tecnologías más avanzadas (Hoover *et al.*, 1995).

Aunque se comercializan muchos aditivos de enzimas para mejoras de la digestión en el sistema séptico, la eficacia y la utilidad de muchos de estos productos es cuestionable (Seifert, 1999). Si los productos de desecho no son digeridos correctamente antes de su descarga, la causa más probable es la sobrecarga hidráulica. En climas fríos, las bajas temperaturas promedio del tanque pueden también inhibir la digestión.

De igual manera, se dispone de muchos aditivos químicos para la limpieza y rehabilitación del sistema. Sin embargo, muchos de estos productos no son eficaces (véase Bicki and Bettler, 1988 con relación al uso del peróxido para la rehabilitación de sistemas sépticos), y algunos pueden incluso dañar el sistema (Gannon *et al.*, 1998). El uso de aditivos químicos debe ser evitado.

COSTOS

Los costos de instalación y mantenimiento de los sistemas sépticos varían de acuerdo a la región geográfica, al tamaño y tipo del sistema, y a las características específicas del suelo y la geología del terreno seleccionado. La instalación de un nuevo sistema séptico de lecho o de zanja en un lugar que satisface los criterios para tales sistemas varía ampliamente en costo. Los valores fluctúan entre \$1,500 como mínimo hasta \$8,000 como máximo (Montgomery, 1990; Anchorage HHS, 1999; Ingersoll, 1994). Se asume un costo promedio de instalación de \$4,000 para un sistema tradicional de tanque séptico con absorción al suelo en un área geológicamente favorable.

El costo para el bombeo del tanque varía de un mínimo de \$60 (Ingersoll, 1994) hasta un máximo de \$260 (HSAC, 1997). En el caso de un costo de bombeo de \$150, y asumiendo un bombeo cada cuatro años, el costo total de bombeo durante un período de 20 años sería de \$750 (sin ajuste por inflación). Las inspecciones realizadas cada dos años cuestan entre \$50 y \$250 (Scott County, 1999); considerando un honorario de \$125, el costo acumulado de las inspecciones durante 20 años sería de \$1,250. El costo promedio de inspección y mantenimiento, sin ajuste por inflación, para un sistema de tanque séptico funcionando correctamente sería de \$100 por año para una vida útil hipotética de 20 años.

El costo total (sin ajuste por inflación) incluyendo el precio promedio de compra distribuido a lo largo de un período de 20 años llega a ser de \$300 por año. Sin embargo, se debe notar que si un sistema se mantiene correctamente, su vida útil de servicio debe exceder los 20 años.

El valor del mantenimiento apropiado es ilustrado más aún por los costos asociados con la reparación de los sistemas sépticos que presentan fallas. Éstos pueden variar ampliamente, dependiendo de la naturaleza del problema y de la ubicación del terreno. Un rango típico sería de \$1,200 a \$2,500 para la revitalización o reparación de un área de drenaje saturada. La remoción y el reemplazo completo de los sistemas existentes puede costar cinco a diez veces más que los costos de reparación (véase, por ejemplo, HSAC, 1997; Ingersoll, 1994).

REFERENCIAS

1. Anchorage HHS (Health and Human Services). Internet site at <http://www.ci.anchorage.ak.us/Services/Departments/Health/questions.html>, accessed July 1999.
2. Bicki, T.J.; and Bettler, R., 1988. Potential Nitrate Contamination of Shallow Ground Water Following Chemical Rehabilitation of a Septic System. In *Proceedings of the FOCUS Conference on Eastern Regional Ground Water Issues, Stamford, CT*, pp.169-177. Dublin, OH: National Well Water Association.
3. Brown, R.B., 1998. *Soils and Septic Systems*. Fact Sheet SL-118. University of Florida Cooperative Extension Service. Internet site at http://edis.ifas.ful.edu/scripts/htmlgen.exe?body&DOCUMENT_SS114, accessed July 1999.
4. Cogger, C.G.; Hajjar, L.M.; Moe, C.L.; and Sobsey, M.D., 1988. Septic System Performance on a Coastal Barrier Island. *Journal of Environmental Quality*. 17: 401-8.
5. Gannon, R.W.; Bartenhagen, K.A.; and Hargrove, L.L., 1999. *Septic Systems: Best Management Practices*. North Carolina State University Water Quality Group. Internet site at <http://h2osparc.wq.ncsu.edu/estuary/rec/septic.html>, accessed June 1999.
6. Harlan, P.W.; and Dickey, E.C., 1999. *Soils, Absorption Fields and Percolation Tests for Home Sewage Treatment*. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln. Internet site at

<http://www.ianr.unl.edu/pubs/wastemgt/g514.htm>, accessed June, 1999.

Association of Agricultural Engineers
paper 85-2630.

7. Hoover, M.T. Professor of Soil Science and Extension Specialist, North Carolina State University, Raleigh, NC. Personal communication with Donna Messner, Parsons Engineering Science, Inc. 1999.
8. Hoover, M.T.; Disy, T.M.; Pfeiffer, M.A.; Dudley, N.; Mayer, R.B.; and Buffington, B., 1996. *North Carolina Subsurface System Operators Training School Manual*. Raleigh, NC: Soil Science Department, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University and North Carolina Department of Environment, Health and Natural Resources.
9. HSAC (Hopatcong Sewer Advisory Committee), 1997. *Benefits and Consequences of the Choice Between: Septic Systems or Sewers*. HSAC Publication #1. Internet site at <http://www.hopatcong.org/sewers/sewer.htm>, accessed July, 1999.
10. Ingersoll, J.H., 1994. "Septic Tank Sense (Country Property Dollars and Sense)." *Country Living* 17: 148-9.
11. Jarrett, A.R.; Fritton, D.D.; and Sharpe, W.E., 1985. *Renovation of Failing Absorption Fields by Water Conservation and Resting*. American Association of Agricultural Engineers paper 85-2630.
12. Montgomery, T., 1990. *On-Site Wastewater Treatment Systems: A Brief Description of Ecological, Economic and Regulatory Factors*. The New Alchemy Institute, Technical Bulletin No. 6. Internet site at <http://www.fuzzlu.com/greencenter/tb/tb006.htm>, accessed July 1999.
13. Postma, F.B.; Gold, A.J.; and Loomis, G.W., 1992. Nutrient and Microbial Movement from Seasonally-Used Septic Systems. *Journal of Environmental Health* 55: (2) 5-10.
14. Scott County Geology, Minnesota. Internet site at <http://www.co.scott.mn.us/EH/eh/ehgeology.htm>, accessed July 1999.
15. Seifert, R. 1999. *Septic System Fact Sheets*. Alaska Cooperative Extension, University of Alaska, Fairbanks. Internet site at <http://zorba.uafadm.alaska.edu/coop-ext/faculty/seifert/septicys.html>, accessed June 1999.
16. Smith, T.; and Ince, M., 1989. Septic System Density and Groundwater Contamination in Illinois: A Survey of State and Local Regulation. NTIS Report PB89-178545.
17. Tolman, A.L.; Gerber, R.G.; and Hebson, C.S., 1989. Nitrate Loading Methodologies for Septic System Performance Prediction: State of an Art. In *Proceedings of the FOCUS*

Conference on Eastern Regional Ground Water Issues, pp 167-180. Dublin, Ohio: National Water Well Association.

18. U.S. EPA, 1980a. *Design Manual: Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems*. EPA 625/1-80-012, U.S. EPA, Washington, DC.
19. U.S. EPA, 1980b. *Evaluation of 19 On-Site Waste Treatment Systems in Southeastern Kentucky*. EPA 600/2-80-101, U.S. EPA, Washington, DC.
20. U.S. EPA, 1993. *Guidance Specifying Management Measures for Sources of Nonpoint Pollution in Coastal Waters*. EPA 840-B92-002, U.S. EPA, Washington, DC.
21. U.S. EPA, 1994. *Guide to Septage Treatment and Disposal*. EPA 625/R-94/002, U.S. EPA, Washington, DC.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Contacte la Oficina de Extensión de su condado y el Departamento de Salud de su estado para información regional específica. Información adicional puede conseguirse en:

American Society of Civil Engineers World Headquarters, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191-4400

American Society of Home Inspectors Contact: Rob Paterkiewicz, 932 Lee St., Suite 101, Des Plaines, IL 60016

Dr. Michael T. Hoover, Professor of Soil Science/Extension Specialist, North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University, Soil Science Department, Raleigh, NC 27695-7619

Dr. R.B. Brown, Professor and Extension Specialist, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Services, University of Florida, Gainesville, FL 32611-0510.

National Society of Consulting Soil Scientists, Mary Reed, Executive Secretary, Chuck Jackson, Executive Director, National Society of Consulting Soil Scientists, Inc., 325 Pennsylvania Ave., S.E., Suite 700, Washington, DC. 20003

La mención de marcas o de productos comerciales no significa que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos apruebe o recomiende su uso.

Para mayor información, contactarse con:

Municipal Technology Branch
U.S. EPA
Mail Code 4204, 401 M St., S.W.
Washington, D.C., 20460

