



Folleto informativo de sistemas descentralizados Alcantarillado por gravedad de diámetro reducido

DESCRIPCIÓN

Los sistemas alternativos de recolección de agua residual han sido utilizados a menudo en situaciones en las cuales los sistemas convencionales de alcantarillado no son viables. El uso de alcantarillados convencionales es, en general, deseable por cuanto su desempeño está bien documentado. Sin embargo, en áreas con colinas o terrenos planos el uso esos sistemas puede requerir excavaciones profundas que aumentarían en forma significativa el costo de un sistema convencional de recolección del agua residual.

Sistema convencional de alcantarillado

Los sistemas convencionales de alcantarillado son el método más popular para la recolección y conducción de las aguas residuales. Las tuberías son instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la instalación de tratamiento. Las tuberías se dimensionan y diseñan con una configuración lineal y gradientes uniformes para mantener una velocidad que dé como resultado una auto-limpieza. Los pozos de visita se instalan entre dos tramos rectos de tubería para asegurar que se tenga un fácil acceso a cualquier obstrucción. Las tuberías son generalmente de un diámetro

igual a 8 pulgadas o mayor, y normalmente se instalan a una profundidad mínima de 3 pies, y máxima de 25 pies. Los pozos se instalan a intervalos no mayores a 400 pies, o en donde se producen cambios en el ángulo de la pendiente.

Sistemas alternos de alcantarillado

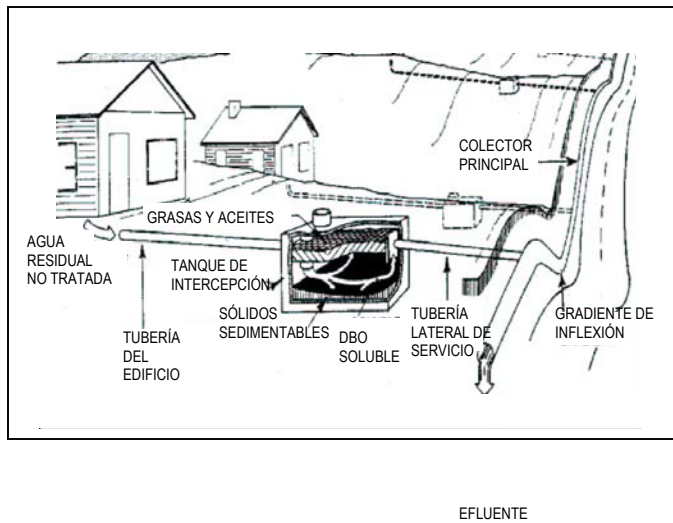
En los lugares donde existe una preocupación por la necesidad de hacer excavaciones profundas, puede ser ventajoso el uso de sistemas alternos de alcantarillado. Estos sistemas generalmente usan tuberías que son de menor diámetro y de poca pendiente, o que se ajustan al contorno del terreno, con lo cual se reduce la cantidad de excavación y los costos de construcción. Esto se ilustra en la Figura 1, la cual muestra un colector con gradiente de inflexión (cuyo contorno se ajusta a la forma del terreno). Mientras que el nivel inicial del colector esté a una mayor elevación que la plantilla final del mismo, el flujo por el sistema continúa en la dirección seleccionada. Los sistemas alternos pueden ser deseables en áreas en donde el elevado nivel freático permitiría la percolación del agua subterránea al colector, aumentando la cantidad de agua residual a ser tratada. El uso sistemas alternos de alcantarillado puede ser ventajoso en áreas en

donde el uso de sistemas de tratamiento en el punto de generación de los residuos sea inapropiado o muy costoso debido al tamaño reducido del lote, las condiciones inadecuadas del suelo u otras limitaciones.

Este folleto informativo discute los alcantarillados de flujo por gravedad de diámetro reducido (AGDR).

Alcantarillados de flujo por gravedad de diámetro reducido

Los AGDR conducen el efluente por gravedad desde un tanque de intercepción (o un tanque séptico) a un punto centralizado de tratamiento, o a una estación de bombeo para su transferencia a otro sistema de recolección o a una instalación de tratamiento. La Figura 1 muestra un sistema AGDR típico.



La mayoría de los sólidos del agua residual son removidos por los tanques sépticos, lo cual reduce el potencial de obstrucción del sistema y permite que se usen tuberías de diámetro menor, tanto en las tuberías laterales aguas abajo de los tanques sépticos como en los colectores principales. Dispositivos de acceso para la limpieza son instalados para permitir el lavado con agua a presión; raras veces se usan los pozos de visita. Las tuberías verticales de aireación son requeridas en, o cerca de, los puntos elevados del perfil del colector. El control de olores es importante en todos los puntos de acceso porque los AGDR transportan residuos malolientes provenientes de los tanques sépticos. Debido al uso de diámetros pequeños y la flexibilidad de alineación y pendiente de los AGDR, normalmente los volúmenes de excavación son mucho menores que en el caso de los alcantarillados convencionales. Los diámetros de tubería pueden ser de un mínimo de 3 pulgadas. Generalmente se usa tubería plástica por ser económica para diámetros reducidos y resistir la corrosión.

APLICABILIDAD

- Se han financiado aproximadamente unos 250 sistemas AGDR en los Estados Unidos mediante el programa de la EPA de Fondos para la Construcción. Muchos más han sido financiados a nivel local o con capital privado. Estos sistemas fueron introducidos a los Estados Unidos en la década de 1970, pero en Australia han sido utilizados desde la década de 1960.
- Los sistemas AGDR son más eficientes en cuanto al costo cuando la densidad de las viviendas es reducida, el terreno presenta ondulaciones de magnitud moderada, y la elevación final del sistema es menor a la de toda, o casi toda, el área de servicio. Los

Fuente: U.S. EPA, 1991.

FIGURA 1 SISTEMA DE AGDR

sistemas también pueden ser efectivos en donde el terreno es demasiado plano para instalar alcantarillados convencionales sin que se requieran excavaciones profundas, en donde el suelo es rocoso o inestable, o en donde el nivel freático es elevado.

- Los sistemas AGDR no tienen la capacidad excesivamente grande que tienen los alcantarillados convencionales, y por esto deben diseñarse con la capacidad de expansión suficiente para el crecimiento futuro.

convencionales, con lo cual se reduce el costo de las tuberías y la excavación.

- Las necesidades de tratamiento final se reducen en lo relacionado a la carga contaminante porque parte de la remoción ocurre en los tanques sépticos.
- La reducción en profundidad de los colectores principales reduce los costos de construcción cuando se presenta un nivel freático elevado o terrenos rocosos.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- La construcción es rápida, requiriéndose menos tiempo para prestar el servicio.
- Personal no especializado puede operar y mantener el sistema.
- El eliminar los pozos de visita reduce las fuentes de afluencia pluvial, lo cual reduce aún más el tamaño de las tuberías, las estaciones de bombeo y el tratamiento final, y en definitiva da como resultado un menor costo.
- Reducción del costo de excavación: las zanjas para las tuberías de AGDR generalmente son más estrechas y de menor profundidad que las de un alcantarillado convencional.
- Reducción del costo de materiales: las tuberías del sistema AGDR son de menor tamaño que las de alcantarillados

Desventajas

Si bien no es necesariamente una desventaja, la experiencia limitada que se tiene con la tecnología AGDR ha llevado a que en algunas situaciones los sistemas no hayan tenido un desempeño apropiado.

Si bien no tienen grandes desventajas específicamente para los climas templados, algunas restricciones pueden limitar su aplicación:

- Los sistemas AGDR no pueden manejar agua residual de tipo comercial que tenga un alto contenido de arenisca o sólidos sedimentables. Los restaurantes pueden ser conectados si están equipados con trampas de grasa eficientes. Las lavanderías pueden ser un factor que limita el uso de AGDR en pequeñas comunidades. No se cuenta con reportes de sistemas AGDR que hayan sido utilizados como una opción de recolección del agua residual comercial.
- Además de la corrosión dentro de la tubería por el agua residual, la corrosión externa ha sido un problema en algunos sistemas de AGDR en los Estados Unidos cuando las

tuberías han sido instaladas en suelos altamente corrosivos. Si las tuberías van a estar expuestas a este tipo de suelos, se debe incorporar en el diseño el uso de materiales no corrosivos.

- El disponer de residuo de los tanques sépticos es quizás el aspecto más complejo del sistema AGDR y debe ser responsabilidad de las autoridades municipales. Sin embargo, muchos tanques están instalados en propiedad privada por lo cual se requiere que la municipalidad obtenga los derechos de paso necesarios para tener acceso al sistema. La contratación para llevar a cabo esas funciones es posible, en la medida que la autoridad municipal retenga el poder de imponer los controles sanitarios requeridos.
- Los olores son el problema más común. Muchos de los sistemas que fueron utilizados inicialmente usaban tanques de "balance" en el punto de generación del residuo, los cuales promovían el que el sulfuro de hidrógeno fuera liberado del efluente del tanque séptico interceptor a la atmósfera. Otros problemas de olores eran causados por sistemas inadecuados de ventilación de las viviendas, y por pozos de acceso o estructuras de ventilación del colector principal. Un diseño apropiado de ingeniería puede controlar los problemas de olor.
- Los SGDR deben estar enterrados a suficiente profundidad para evitar la congelación. La necesidad de excavación puede ser muy significativa en áreas en donde la capa de congelación del suelo es profunda.

CRITERIOS DE DISEÑO

Los caudales máximos se basan en la fórmula $Q=20 + 0.5D$, en donde Q es el caudal (en galones por minuto), y D es el número de viviendas a las cuales el sistema da servicio (EPA 1992). De ser posible, el uso de aforados de caudal es deseable para el diseño. Sin embargo, si esta información no está disponible, los caudales máximos deben ser calculados. Cada segmento de la tubería es analizado mediante las ecuaciones de Hazen-Williams o de Manning para determinar si la tubería es de tamaño y pendiente adecuados para manejar el caudal máximo de diseño. No se requiere una velocidad mínima; tuberías de PVC (tipo SDR 35) son comúnmente usadas para los segmentos de flujo por gravedad. Tuberías más fuertes (por ejemplo, tipo SDR 21) pueden ser necesarias cuando el sistema es abastecido por unidades de bombeo del efluente del tanque séptico (BETS). Válvulas de retención pueden ser usadas también en secciones inundadas, o en donde se presenta represamiento causado por el colector principal (sobrecarga hidráulica). Estas válvulas se instalan aguas abajo de los dispositivos de acceso para la limpieza del colector principal.

Los diámetros típicos para los AGDR son de 8 cm (3 pulgadas) o mayores, pero el tamaño mínimo recomendado de la tubería es de 10.16 cm (4 pulgadas) ya que las tuberías de 8 cm (3 pulgadas) no se consiguen fácilmente y tienen que ser encargadas sobre pedido. La pendiente de la tubería debe ser adecuada para conducir el caudal máximo por hora. Los sistemas de AGDR no necesitan cumplir con una velocidad mínima por lo que la sedimentación de los sólidos no es un parámetro de diseño. La profundidad de la tubería debe ser la mínima necesaria para prevenir el daño que podría ocurrir por las cargas por movilización de tierra y de vehículos, y por la congelación. La profundidad típica cuando no se esperan una carga alta por movilización de tierra o de camiones, es de 60 a 75 cm (24 a 30 pulgadas).

Todos los componentes deben ser a prueba de corrosión, y todas las descargas (por ejemplo a un colector convencional de intercepción o a una instalación de tratamiento) deben hacerse a través de tuberías de caída por debajo del nivel del líquido con el fin de reducir al mínimo los olores. El sistema se ventila a través de tuberías de aireación en las líneas de servicio a las viviendas. Las otras aberturas a la atmósfera se deben dirigir a un lecho de tierra para el control de los olores, a menos que estén distantes de zonas pobladas.

Las dimensiones de los tanques sépticos generalmente se seleccionan con base en los códigos locales de plomería. Las unidades BETS que se utilizan para servicio debajo del nivel del terreno se describen en el Folleto informativo de tuberías a presión. Es esencial que se asegure la eliminación de la infiltración y afluencia (I/I) en los lotes mediante la evaluación de las tuberías de las edificaciones y la reparación adecuada, de ser necesaria, y mediante pruebas que se realicen previamente a la instalación de los tanques sépticos.

Los dispositivos de acceso para la limpieza del colector principal generalmente están ubicados a intervalos de 120 a 300 m (400 a 1,000 pies). El tratamiento es normalmente por pozas de estabilización o por infiltración al subsuelo. El efluente también puede ser transferido a una estación de bombeo o a una instalación de tratamiento.

Un tanque séptico que esté bien operado y mantenido normalmente remueve hasta el 50 por ciento de la DBO_5 , el 75 por ciento de los sólidos suspendidos, virtualmente toda la arenisca, y cerca del 90 por ciento de las grasas. Normalmente los bloqueos del sistema no son un problema. Además, el agua residual que llega a la planta de tratamiento tiene una mayor dilución que el agua residual cruda. Los valores típicos de la DBO y los SST son de 110 mg/l y 50 mg/l, respectivamente.

La sedimentación primaria no se requiere para el tratamiento del efluente de tanques sépticos. Los filtros de arena son efectivos en el tratamiento. El efluente responde bien al tratamiento aeróbico, pero en la cabecera de la planta de tratamiento se debe prestar atención adicional al control de olores.

DESEMPEÑO

Point Royal Estates, Texas

Point Royal Estates es una subdivisión urbana de 80 residencias que fue desarrollada a principios de la década de 1970 cerca del lago Ray Hubbard en el sector noroccidental del Condado de Rockwall en Texas. Por muchos años las fallas de los tanques sépticos y los campos de drenaje fueron un gran inconveniente para los residentes de Royal Point Estates, que eventualmente ocasionó la baja en el valor de las propiedades.

Originalmente cada vivienda tenía dos tanques sépticos de 250 galones de capacidad, y las tuberías del campo de absorción al suelo, de flujo por gravedad, pasaban por los patios. Los sistemas empezaron a fallar en forma rutinaria, debido en gran parte a problemas de infiltración por ya que los suelos eran principalmente arcillas de alta compactación. Muchos residentes hacían el bombeo de los tanques dos veces al año, pero aun así se reportaban fallas del sistema. Algunos residentes decidieron arrendar inodoros químicos portátiles (“*port-a-potties*”). En 1990, la ciudad de Rowlett conformó un Distrito de Mejoras Públicas para instalar un sistema convencional de alcantarillado en Point Royal Estates. Las estimaciones finales de costo de este proyecto fueron de aproximadamente \$10,000 por vivienda. Estos costos altos llevaron a la ciudad a explorar otras alternativas.

En 1993, se formó la corporación Point Royal Water and Sewage Supply Corporation (PRWSSC) para evaluar las alternativas para el sistema de recolección del agua residual. Después de una serie de reuniones públicas se hizo evidente que la mejor opción para la subdivisión podría ser un alcantarillado de diámetro reducido. La estimación final de costo del sistema AGDR fue de aproximadamente \$3,500 por vivienda. El sistema consistió de tanques de intercepción con una capacidad desde 1,000 a 2,000 galones, instalados en cada vivienda. Los tanques fueron instalados con deflectores y tuberías de diseño Clemson para prevenir la acumulación de los sólidos, y para reducir la cantidad de lodos enviados aguas abajo a las tuberías del sistema. Las viviendas fueron conectadas a los tanques interceptores con tuberías de PVC de 4 pulgadas instaladas con una pendiente del 2 por ciento. El efluente era llevado por gravedad de los tanques interceptores al colector del AGDR usando tuberías de 2 pulgadas. Válvulas y accesos de limpieza de fácil manejo y mantenimiento fueron instaladas en la mayoría de las viviendas. Los tanques sépticos existentes fueron abandonados y destruidos, en la medida en que era práctico.

La compañía Oxytec, Inc. fue la contratista general de la instalación, la cual se inició en abril de 1994. Las inspecciones finales se llevaron a cabo en julio de 1995; desde esa fecha no se han reportado problemas operacionales.

OPERACION Y MANTENIMIENTO

Los requisitos de operación y mantenimiento (O/M) de los sistemas AGDR son generalmente simples, especialmente si no existen unidades BETS o estaciones de bombeo. El lavado de los segmentos de colectores principales de baja velocidad mediante la descarga de agua puede ser requerido. Se debe hacer el bombeo de los

tanques sépticos para prevenir que los sólidos entren a los colectores principales. Se recomienda hacer el bombeo cada 3 a 5 años. Sin embargo, la experiencia actual con sistemas AGDR señala que una periodicidad de una vez cada 7 a 10 años es adecuada. Cuando se utilizan estaciones de bombeo, como es el caso de áreas de baja elevación en donde se recolectan residuos de fuentes múltiples, las inspecciones deben hacerse en forma diaria o semanal. Se debe mantener un registro de todos chequeos realizados, el mantenimiento llevado a cabo, y los reportes de inspecciones por mal funcionamiento del sistema. El aforo regular del caudal es útil para evaluar si se están desarrollando problemas de infiltración y afluencia.

La municipalidad u organización operadora debe ser responsable de la O/M de todos los componentes del AGDR para asegurar un alto grado de confiabilidad. Se necesitan acuerdos generales de derecho de paso para permitir el acceso a los componentes del sistema tales como los tanques sépticos o unidades BETS ubicados en propiedad privada.

COSTOS

Los costos de los principales colectores, líneas laterales y tanques de intercepción, ya instalados, representan más del 50 por ciento del valor total de la construcción (véase el listado detallado del costo de los componentes en la Tabla 1). El costo promedio de 12 proyectos, en valores ajustados a enero de 1991, fue de \$3.71/m (\$12.19/pie) para colectores principales de 10 cm (4 pulgadas), \$290 por cada dispositivo de acceso para la limpieza, y \$2.76/m (\$9.08/pie) por cada conexión de servicio al usuario. Un listado más detallado de esta información se presenta en la Tabla 1. El costo promedio de los tanques sépticos, no incluido en la Tabla 1, era de \$1,535 para

unidades con una capacidad de 3,785 L (1,000 galones). El promedio por conexión era de \$5,353 (valor ajustado a enero de 1991), y los mayores requisitos de O/M para los sistemas AGDR eran los de bombeo de los tanques. Otras actividades de O/M incluyen la reparación de daños a las tuberías de flujo por gravedad causados por excavaciones, la supervisión de nuevas conexiones, y la inspección y reparación de los componentes mecánicos y las estaciones de bombeo. La mayoría de los usuarios de los sistemas AGDR pagan mensualmente de \$10 a \$20 por gastos de manejo del sistema, los cuales incluyen los costos de O/M y los administrativos.

TABLA 1 COSTO DE LOS COMPONENTES DE ALCANTARILLADOS DE FLUJO POR GRAVEDAD DE DIÁMETRO REDUCIDO

Comunidad (Índice de costo)	Tubería insta- lada	Pozo de visita	Acceso para limpieza	Estación de bombeo	Tubería de Impulsión	Tubería de edificio	Conexión de servicio	Rehabi- litación del sitio	Total
Westboro, Wisconsin	5.27	0.60	-	1.65	0.55	0.76	a	0.75	13.03
Badger, South Dakota	2.67	1.93	-	3.23	0.39	0.03	2.59	b	15.61
Avery, Idaho	8.57	0.60	0.25	5.11	1.64	-	0.69	b	43.39
Maplewood, Wisconsin	17.30	0.44	0.62	10.72	2.92	-	2.79	1.29	45.85
S. Corning, New York #1	13.36	0.44	0.48	-	-	1.62	7.72	3.08	43.63
S. Corning, New York #2	15.11	0.72	0.32	-	-	2.51	11.87	2.11	50.87
New Castle, Virginia	9.89	2.40	0.78	2.88	2.60	-	b	b	30.58
Miranda, California	24.36	1.61	1.60	-	0.17	4.94	7.44	0.53	69.33
Gardiner, New York	15.07	1.47	0.37	0.78	0.50	0.72	2.50	0.77	30.84
Lafayette, Tennessee	6.90	0.64	0.14	1.26	0.37	0.11	4.19	b	16.29
West Point, California	7.26	-	0.35	2.22	1.56	-	6.00	-	38.64
Zanesville, Ohio	8.09	0.18	1.05	-	-	9.46	8.71	1.12	46.65
Promedio ajustado	15.10	1.42	0.79	4.95	1.66	3.22	7.13	2.12	57.89

Management Systems. WCB McGraw-Hill, Inc. Boston, Massachusetts.

4. H&R Environmental Consultants, 1998. *Assessing Wastewater Options for Small Communities*, The National Environmental Training Center for Small Communities, West Virginia University, Morgantown, West Virginia.
5. Insights, Volume 4, Number 3: Summer 1995, *Subdivision Residents Near Dallas Choose Small Diameter Sewer to Remedy On-Site Wastewater Problems*.
6. U.S. Environmental Protection Agency. October 1991. *Manual: Alternative Wastewater Collection Systems*. EPA Office of Water. EPA Office of Research & Development. Washington, DC. EPA 625/1-91/024.
7. U.S. Environmental Protection Agency. September 1992. *Design Manual: Wastewater Treatment and Disposal for Small Communities*, EPA Office of Water. EPA Office of Research & Development. Cincinnati, Ohio. EPA 625/R-92/005.
8. U.S. Environmental Protection Agency. 1980. *Design Manual: Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems*. EPA Office of Water. EPA Office of Research & Development. Cincinnati, Ohio. EPA 625/1-80/012.
9. U.S. Environmental Protection Agency. September 1992. *Summary Report, Small Community Water and Wastewater Treatment*, EPA Office of Water. EPA Office of Research & Development. Cincinnati, Ohio. EPA 625/R-92/010.

Otros folletos informativos de la EPA se pueden obtener en el siguiente sitio de Internet:

<http://www.epa.gov/owmitnet/mtbfact.htm>

1. Barrett, Michael E. and J. F. Malina, Jr. September, 1991. *Technical Summary of Appropriate Technologies for Small Community Wastewater Treatment Systems*, University of Texas at Austin.
2. Technical Report #40 1998, *Appropriate Technology for Sewage Pollution Control in the Wider Caribbean Region*, Caribbean Environment Programme, United Nations Environment Programme, CEP.
3. Crites, R. and G. Tchobanoglous. 1998. *Small and Decentralized Wastewater*

10. U.S. Environmental Protection Agency.
September 1987. *Case Study Number 18,
Dexter, Oregon: Minimum Grade Effluent
Sewers.* James S. Gidley, Assistant
Professor, Civil Engineering.

Municipal Technology Branch
U.S. EPA
Mail Code 4204
1200 Pennsylvania Avenue, NW
Washington, D.C. 20460

11. Small Community Wastewater Collection
Systems, Publication Number 448-405, July
1996, Virginia Cooperative Extension.



INFORMACION ADICIONAL

Illinois Rural Community Assistance
Program
Illinois Community Action Association
P.O. Box 1090
Springfield, IL 62705

Lamac Engineering Company
John Acree
323 West Third Street
P.O. Box 160
Mt. Carmel, IL 62863

Oxytec Environmental Group, Inc.
Bill Tenison
P.O. Box 2220
McKinney, TX 75070

David Venhuizen, P.E.
5803 Gateshead Drive
Austin, TX 78745

Walker Baker & Associates, Ltd.
Bill Walker
102 North Gum Street
Harrisburg, IL 62946

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: