



# Folleto informativo de operación y mantenimiento del alcantarillado

## Limpieza e inspección de tuberías

---

### DESCRIPCIÓN

A medida que se produce el envejecimiento de los sistemas de alcantarillado, el riesgo de deterioro, obstrucciones y derrumbes se convierte en una consideración muy importante. Por esta razón las municipalidades en todo el mundo están haciendo esfuerzos para mejorar de antemano el nivel de desempeño de sus sistemas de alcantarillado. La limpieza y la inspección de los colectores de agua residual son fundamentales para el mantenimiento y funcionamiento correcto del sistema, y además extienden la inversión de la comunidad en su infraestructura de alcantarillado.

### Técnicas de inspección

Se requieren programas de inspección para determinar la condición actual del alcantarillado y para ayudar a la planificación de una estrategia de mantenimiento. Idealmente las inspecciones del alcantarillado deben realizarse en condiciones de bajo caudal. De presentarse condiciones de flujo que pudieran volcar la cámara, las inspecciones deben llevarse a cabo durante los periodos de menor caudal entre la medianoche y las cinco de la mañana, o se puede hacer un taponamiento temporal del colector para reducir el caudal. La mayoría de los colectores son inspeccionados utilizando uno de los métodos siguientes.

- Circuito cerrado de televisión (CCTV).
- Cámaras.
- Inspección visual.

- Inspección por iluminación con lámparas.

Las inspecciones por televisión son las usadas con mayor frecuencia, las más eficientes a largo plazo en términos de costo y las más eficaces para documentar la condición interna del alcantarillado. La Figura 1 muestra una configuración típica del equipo de inspección por televisión. Para tuberías de alcantarillado con diámetros de 0.1 a 1.2 m (4 - 48 pulgadas) se recomiendan las inspecciones por circuito cerrado de televisión. Se debe preparar la cámara de CCTV para que el lente esté lo más cerca posible al centro de la tubería. En colectores de mayor tamaño la cámara y las luces están sujetos a una balsa sobre la cual flotan por la tubería de un pozo, de visita al siguiente. La cámara y las luces giran en dirección horizontal y vertical para que se puedan ver los detalles de las paredes. En colectores más pequeños el cable y cámara se sujetan a un deslizador conectado a una boya o sombrilla de arrastre que flotan de un pozo de visita al siguiente. La documentación de las inspecciones es de gran importancia para el éxito de un programa de operación y mantenimiento (O/M). Con las inspecciones de CCTV se produce un video que puede ser usado como referencia futura.

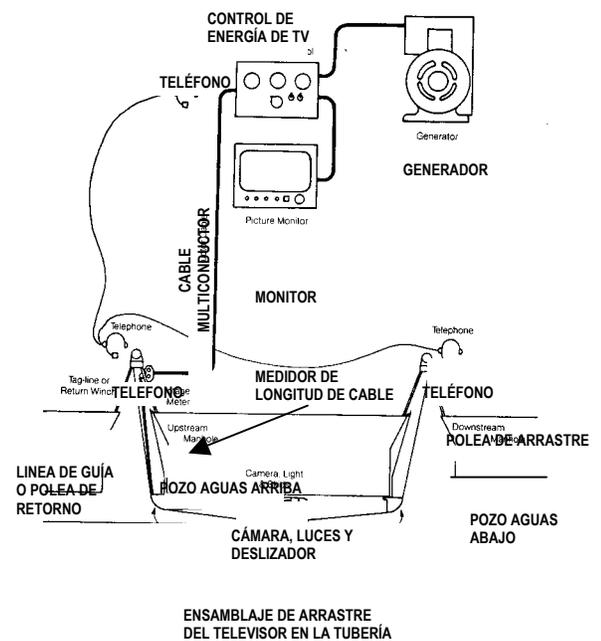
En colectores de mayor diámetro, en donde los puntos de acceso a la superficie están separados por mas de 300 m (1,000 pies lineares), las

inspecciones se realizan comúnmente con cámaras. Para esta técnica se usa una cámara de película montada sobre una balsa con luces pulsantes (*strobe light*). Esta técnica requiere menos energía eléctrica que la de CCTV de manera que el cable es más liviano y manejable. Las inspecciones con cámaras se documentan con fotografías instantáneas Polaroid que son referenciadas en un registro de datos de acuerdo a la fecha, la hora y la ubicación.

Las inspecciones visuales son vitales para tener un conocimiento completo de la condición de los alcantarillados. Las inspecciones visuales de pozos de visita y de tuberías incluyen las de superficie y las internas. Los operadores deben prestar atención a zonas colapsadas en el suelo sobre las tuberías y terrenos con acumulación de agua. Los inspectores también deben examinar en detalle la condición física de los cruces de arroyos, las condiciones de los brocales y de las tapas de los pozos de visita o de cualquier superficie de ladrillo expuesta, y la visibilidad de los pozos y otras estructuras. Para colectores grandes se recomienda una inspección interna o una visita a pie dentro de la tubería. Esta inspección requiere que el operador entre al pozo de visita, al canal y a la tubería, y examine la condición del brocal, la tapa y la pared del pozo, así como las paredes de la tubería encima del nivel de flujo. Cuando se entra a un pozo o una tubería de alcantarillado es muy importante cumplir con las regulaciones actualizadas de la Administración de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial (*Occupational Safety and Health Administration*) para espacios encerrados. Si no se puede entrar a un pozo, se pueden utilizar espejos. Generalmente se colocan los espejos en dos pozos de visita adyacentes para la luz se refleje al interior de la tubería.

Las inspecciones de iluminación con lámparas se utilizan para tuberías de baja prioridad, las cuales corresponden generalmente a tuberías de menos de 20 años de antigüedad. También se

usa la iluminación con lámparas en proyectos cuyos recursos financieros son extremadamente



Fuente: Water Pollution Control Federation, 1989.

**FIGURA 1 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO DE CCTV**

limitados. En esta técnica se baja una cámara dentro del pozo de mantenimiento y se coloca en el centro del cruce del brocal del pozo y la tubería. Se obtienen después imágenes visuales del interior de la tubería usando la cámara.

Varias técnicas de inspección especializadas han sido desarrolladas recientemente en todo el mundo. AMTEC, una empresa inglesa de inspección de alcantarillados ha usado equipos basados en líneas de luces y en sonar que miden el contorno interno de la sección transversal. Karo, una empresa alemana de investigación y desarrollo, está trabajando en la mejora de la tecnología de CCTV usando nuevos sensores sónicos, pero el éxito de esta técnica aún no ha sido demostrado. La tecnología de sonar podría ser muy útil para la inspección de tuberías cóncavas (de sifón invertido) que siempre se encuentran llenas de agua a presión. La empresa Melbourne Water and CSIRO Division

of Manufacturing Technology ha introducido una nueva tecnología denominada PIRAT, la cual consiste en el uso de un vehículo de operación interna dentro de la tubería dotado con un escáner de láser. El instrumento tiene la capacidad de hacer una evaluación cuantitativa y automática de la condición del alcantarillado. Los datos geométricos que se recolectan son usados para reconocer, identificar y evaluar defectos en los colectores del alcantarillado.

Sonex también ha diseñado una tecnología nueva denominada calibrador sónico (*ROTATOR Sonic Caliper*) que tiene la capacidad de tomar mediciones por cada pie de tubería. Este aparato es arrastrado por los colectores de un pozo al siguiente para recolectar datos que pueden ser usados en el cálculo del volumen de sedimento depositado, la medición de la corrosión desde la corona de la tubería hasta el nivel del agua, y la determinación del porcentaje de deflexión en todos los puntos alrededor de las tuberías flexibles. Los datos recolectados se basan en el intervalo requerido para que un pulso sónico vaya a un objeto determinado y regrese de este.

### **Técnicas de limpieza**

El sistema de alcantarillado requiere un programa de limpieza para mantener su funcionamiento apropiado. Existen varias técnicas que son usadas tradicionalmente para eliminar obstrucciones y como herramientas de mantenimiento preventivo. Cuando se hace la limpieza del alcantarillado, las comunidades locales deben tener en cuenta las regulaciones de la EPA referentes a los residuos sólidos y peligrosos según se definen en el Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos (40 CFR 261). Debe consultarse con las autoridades locales en lo referente al cumplimiento con las normas estatales para el muestreo y la disposición final de residuos peligrosos.

La Tabla 1 resume algunos de los métodos de limpieza de alcantarillado más comúnmente utilizados.

Nuevas técnicas de limpieza hidráulica están también siendo desarrolladas a nivel internacional. En Francia y Alemania se han desarrollado varios sistemas innovadores de vaciado usando el concepto de “ruptura de la represa.” En Francia se ha desarrollado un sistema de vacío denominado Hydrass cuyo diseño consiste de una reja que gira sobre una bisagra en una posición casi horizontal. Cuando la reja se abre y se produce la descarga se genera una ola de vaciado que remueve los sedimentos depositados. En Alemania también se ha desarrollado un sistema similar denominado GNA Hydrosel<sup>®</sup>. Este sistema de vaciado no requiere electricidad, mantenimiento ni gasto de agua potable. El Hydrosel<sup>®</sup> consiste de una reja operada hidráulicamente y una sección con pared de concreto construida para almacenar el agua a ser descargada. El sistema se puede instalar en colectores de diámetro grande ( $\geq 2000$  mm o  $\geq 79.4$  pulgadas). No parece haber límite en cuanto a la duración de la descarga porque se puede almacenar más agua de descarga sin costos adicionales de construcción o de operación. Otro ejemplo de una tecnología similar se tiene en el sistema Brussels Sewer System en el cual una carretilla con paleta de vaciado se mueve físicamente por la tubería y remueve el sedimento para que pueda ser transportado con el flujo del alcantarillado.

Si bien todos de estos métodos han sido eficaces en el mantenimiento de sistemas de alcantarillado, el método ideal para reducir y controlar los materiales que se encuentran en las líneas de alcantarillado son los programas de educación y prevención de la contaminación. El público debe ser informado de que sustancias comunes de uso doméstico como las grasas y aceites deben desecharse en la basura usando recipientes cerrados, no en el alcantarillado.

Este método no sólo ayudaría a minimizar problemas de plomería a los dueños de

viviendas sino que también ayudaría a mantener limpios los colectores del alcantarillado.

**TABLA 1 MÉTODOS COMUNES DE LIMPIEZA DEL ALCANTARILLADO**

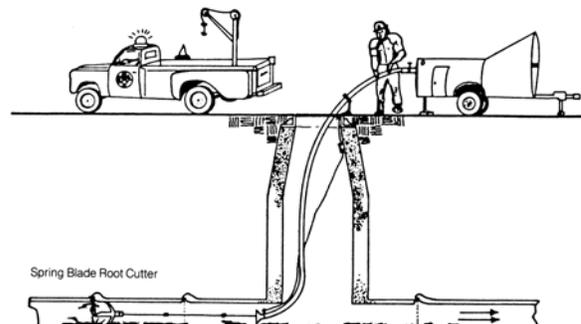
Tecnología	Usos y aplicaciones
<b>Remoción mecánica</b>	
Método de raspado (Véase la Figura 2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa un motor y un eje de soporte con barras continuas de raspado o en secciones.</li> <li>• A medida que rotan las barras estas deshacen los depósitos de grasas, cortan las raíces y remueven la basura.</li> <li>• Las máquinas de raspado también ayudan a colocar los cables que se usan para inspecciones televisadas y las máquinas de baldes.</li> <li>• Es más efectivo en tuberías hasta de 300 mm (12 pulgadas) de diámetro.</li> </ul>
Máquina de baldes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparato cilíndrico, cerrado en un extremo y con dos mandíbulas opuestas de bisagra al otro extremo.</li> <li>• Las mandíbulas se abren, y raspan los materiales para depositarlos en el balde.</li> <li>• Remueve parcialmente depósitos grandes de lodo, arena, grava y otros tipos de residuos sólidos.</li> </ul>
<b>Remoción hidráulica</b>	
Máquina de esfera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una esfera de limpieza de caucho con estrías gira y limpia el interior de la tubería a medida que aumenta el flujo en la línea de alcantarillado.</li> <li>• Remueve depósitos de material inorgánico sedimentado y acumulación de grasas.</li> <li>• Es de mayor eficacia en tuberías de diámetros desde 13 a 60 cm (5 a 24 pulgadas)</li> </ul>
Método de vaciado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduce un flujo fuerte de agua a la línea desde un pozo de visita.</li> <li>• Remueve materiales flotantes y en cierta medida arena y grava.</li> <li>• Es de mayor eficacia cuando se usa en combinación con otras operaciones mecánicas como por ejemplo limpieza con máquina de baldes.</li> </ul>
Chorro a presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirige un chorro de agua de alta velocidad a la tubería desde un pozo de visita.</li> <li>• Remueve la acumulación de basura y grasas, remueve las obstrucciones y corta raíces en tuberías de diámetro pequeño.</li> <li>• Es eficiente para la limpieza rutinaria de tuberías de diámetro pequeño y con flujo reducido.</li> </ul>
Carretilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escudo metálico circular con borde de caucho y articulación de bisagra montado sobre una carretilla de acero con ruedas pequeñas. El escudo funciona como un tapón para inducir una acumulación de agua.</li> <li>• Restriega la pared interna de la tubería</li> <li>• Eficaz en la eliminación de escombros pesados y la limpieza de grasas en la línea.</li> </ul>
Cometas, bolsas y "poly pigs"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Similar en función a la máquina de esfera</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los bordes rígidos de la bolsa y la cometa inducen una acción de restregado.</li> <li>• Es eficaz para remover la acumulación de desechos en descomposición y las grasas y removilizarlos aguas abajo.</li> </ul>
Trampa de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolecta sedimentos en lugares convenientes.</li> <li>• Necesitan ser vaciadas regularmente como parte del programa de mantenimiento.</li> </ul>
Trampa de grasas e interceptores de arena y aceite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La solución final para la acumulación de grasa es recolectarla y eliminarla.</li> <li>• En algunos casos los códigos locales de construcción o las regulaciones del alcantarillado requieren estos tipos de estructuras. Generalmente se requieren interceptores de arena y aceite en las descargas de talleres de automóviles.</li> <li>• Necesitan de una limpieza completa para su funcionamiento correcto.</li> <li>• La frecuencia de limpieza varía desde dos veces por mes hasta una vez cada seis meses dependiendo de la cantidad de grasa en la descarga.</li> <li>• Se debe dar instrucción a los operadores de restaurantes y talleres de automóviles sobre la necesidad de dar mantenimiento a estas trampas.</li> </ul>
<p>Sustancias químicas</p> <p><i>Antes de usar estas sustancias hay que revisar las hojas de seguridad industrial de materiales y contactar a las autoridades locales en lo referente al uso correcto de acuerdo con las regulaciones y la disposición final una vez usadas en la operación. Si se requiere asistencia o recomendaciones respecto al uso de algunas sustancias químicas, contacte a la U.S. EPA o la Agencia Estatal de Control de Contaminación del Agua.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usadas para controlar raíces, grasa, olores (gas de H<sub>2</sub>S), corrosión del concreto, roedores e insectos.</li> <li>• <i>Control de raíces</i> – el efecto dura más tiempo que el de las máquinas de raspado (aproximadamente de 2 a 5 años).</li> <li>• <i>Gas de H<sub>2</sub>S</i> – algunas sustancias químicas comunes son el cloro (Cl<sub>2</sub>), el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), el oxígeno puro (O<sub>2</sub>), el aire, la cal (CA(OH)<sub>2</sub>), el hidróxido de sodio (NaOH) y las sales de hierro.</li> <li>• <i>Problemas de grasa y jabón</i> – algunas sustancias químicas comunes son los ácidos biológicos, agentes de digestión, enzimas, cultivos de bacterias, catalizadores, materiales cáusticos, hidróxidos y neutralizantes.</li> </ul>

Fuente: Arbour and Kerri, 1997 and Sharon, 1989.

## APLICABILIDAD

En años recientes han sido desarrolladas máquinas para aprovechar la información obtenida en el diagnóstico de alcantarillado. Programas como estos consisten en actividades de mantenimiento con evaluación constante del sistema que pueda



Fuente: Sharon, 1989.

## FIGURA 2 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RASPADO

remediar y prevenir el funcionamiento defectuoso y las fallas futuras en una forma más exitosa y eficiente. La ciudad de Garland en Texas ha tratado de establecer un programa que optimice las actividades de mantenimiento actuales para reducir las quejas de los usuarios, los desbordes del drenaje sanitario, y el tiempo y la inversión necesarios para solucionar las obstrucciones del alcantarillado y otras actividades de reparación no anticipadas. Este plan se basa en la frecuencia de mantenimiento, el desempeño del sistema y los costos de

mantenimiento durante un periodo dado de tiempo. Este plan se desarrolló usando un sistema de información geográfica (SIG) y datos históricos para mostrar las zonas en donde se han reportado quejas, estancamientos e información general de mantenimiento. La ciudad de Garland determinó que con el aumento en la frecuencia de mantenimiento se mejoraba el desempeño del sistema. La ciudad recomienda hacer 70 inspecciones y actividades de mantenimiento por cada 30 limpiezas. Las inspecciones son consideradas más importantes porque ayudan a definir y prevenir problemas futuros.

**TABLA 2 FRECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

Actividad	Promedio (% del sistema por año)
Limpieza	29.9%
Eliminación de raíces	2.9%
Inspección de pozos de visita	19.8%
Inspección por CTV	6.8%
Pruebas de humo	7.8%

Fuente: ASCE, 1998

Un estudio realizado por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (*American Society of Civil Engineers*, ASCE) reporta que las actividades de mantenimiento más importantes son la limpieza y las inspecciones por CCTV. La Tabla 2 muestra la frecuencia promedio de varias actividades de mantenimiento. Un plan de mantenimiento trata de desarrollar una estrategia y una prioridad para el mantenimiento de tuberías con base en los siguientes factores:

- Problemas - frecuencia y ubicación; 80% de las problemas ocurren en 25% del sistema (Hardin y Mecer, 1997).
- Edad – los sistemas más antiguos tienen un mayor riesgo de deterioro que los recién construidos.

- Material de construcción – tuberías construidas con materiales más susceptibles a corrosión tienen un mayor potencial de deterioro y de derrumbamiento. Tuberías no reforzadas de concreto, ladrillo y asbesto-cemento son ejemplos de tuberías susceptibles a corrosión.
- Diámetro de tubería o volumen transportado – tuberías que reciben mayores volúmenes tienen prioridad sobre las que transportan volúmenes reducidos.
- Ubicación – tuberías ubicadas en áreas con poca inclinación o que tienen una alta probabilidad de inundación tienen una mayor prioridad.
- Tuberías a presión vs. tuberías de flujo por gravedad – tuberías a presión tienen una mayor prioridad que las de flujo por gravedad, considerando una equivalencia en diámetro, dada la complejidad de su limpieza y rehabilitación.
- Condiciones subterráneas – la profundidad del nivel freático, la profundidad hasta la roca firme, las características del suelo (clasificación, resistencia, porosidad, compresibilidad, susceptibilidad a heladas, erodabilidad, y pH).
- Potencial de corrosión – el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) es responsable por la corrosión de las tuberías, las estructuras y los equipos usados en sistemas de alcantarillado. Es necesario hacer un monitoreo de las condiciones en el interior de las

tuberías e implementar tratamientos según sea necesario para prevenir el crecimiento de película bacteriana y la producción de gases de H<sub>2</sub>S.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La Tabla 3 resume las limitaciones de las varias técnicas de inspecciones usadas por las entidades que operan alcantarillados. La Tabla 4 muestra las limitaciones de algunos de los métodos de limpieza usados por las mismas.

El principal beneficio de realizar un programa de mantenimiento es la reducción de los desbordes del alcantarillado, el estancamiento en sótanos, y otras descargas de agua residual debidas a la condición sub-estándar del alcantarillado.

**TABLA 3 LIMITACIONES DE LAS TÉCNICAS COMUNES DE INSPECCIÓN**

Técnica de inspección	Limitación
Inspección visual	En alcantarillados más pequeños el tipo de problemática que se detecta es muy limitado porque la única parte de la tubería que se puede ver en detalle es la adyacente al pozo de visita. Por esto hay una baja probabilidad de obtener información concluyente referente a grietas o problemas estructurales. Sin embargo, este método provee información necesaria para tomar decisiones con respecto a rehabilitación.
Inspección con cámaras	Cuando se hace una inspección con cámaras en tuberías de diámetro grande, la cuadrilla de inspección toma fotos más o menos al azar y como resultado las fotos tienden a dar un cubrimiento menos amplio.
Circuito cerrado de	Este método requiere inspección ya avanzada la noche y como

televisión (CCTV)	resultado los operadores de la televisión son susceptibles a perder la concentración. Las inspecciones de CCTV también son costosas y requieren mucho tiempo.
Inspección con iluminación	La cámara de video no cabe dentro de las tuberías y por eso durante la inspección debe mantenerse en el pozo de visita. Como resultado, sólo los primeros diez pies de la tubería pueden ser observados e inspeccionados con este método.

Fuente: Water Pollution Control Federation, 1989

El manejo inadecuado de instrumentos y de substancias químicas que se usan en la inspección y el mantenimiento de tuberías del alcantarillado pueden causar la degradación del medio ambiente. Por ejemplo:

- La disposición final inadecuada de materiales y substancias químicas provenientes de las operaciones de limpieza.
- El manejo inadecuado de tinturas químicas en polvo.
- El mantenimiento inadecuado de los instrumentos de inspección. Algunos instrumentos tienen tendencia a recubrirse con residuos de petróleo y que de no ser mantenidos en forma correcta pueden crear un riesgo de incendio.

## DESEMPEÑO

La Tabla 5 define las condiciones en las cuales los métodos de limpieza tienen su mayor eficacia. Los siguientes son ejemplos de casos proveen información adicional referente a los métodos de limpieza de alcantarillado.

## Condado de Fairfax, Virginia

El sistema de alcantarillado de Fairfax County está constituido por 3,000 millas de tuberías. Como en el caso con el programa de rehabilitación, el programa para el mantenimiento del alcantarillado del condado también está enfocado en la inspección y la limpieza de las tuberías, especialmente en las áreas más antiguas de la ciudad. La reorganización y la agilización del programa de mantenimiento, en conjunto con un énfasis renovado en el aumento de la productividad, ha dado como resultado reducciones muy significativas en cuanto a los estancamientos y desbordes del alcantarillado en los últimos años. En el año fiscal de 1998 se registraron un total de 49 incidentes que incluyeron 25 estancamientos del alcantarillado y 24 desbordes.

El programa de mantenimiento del alcantarillado se compone de inspecciones visuales, limpiezas del alcantarillado programadas con base en el historial de mantenimiento, limpiezas no programadas determinadas por inspección visual o por CCTV, y actividades de seguimiento para determinar la causa de los estancamientos y los desbordes. Las inspecciones visuales se llevan a cabo usando un espejo sujeto a una varilla, aún cuando recientemente se ha introducido el uso de cámaras portátiles para aumentar la eficacia de las inspecciones visuales. Las áreas más antiguas del alcantarillado se inspeccionan cada 2 años y las más nuevas cada 3 a 4 años.

La limpieza en un aspecto importante del mantenimiento de las tuberías. Se

establecen las prioridades de limpieza del alcantarillado con base en la antigüedad de la tubería y la frecuencia de los problemas dentro de la misma. El condado usa los métodos de raspado y de limpieza con agua a presión para mantenimiento de las tuberías. Las máquinas de baldes se usan raras veces porque este método consume mucho tiempo. El condado usa métodos

mecanizados en lugar de sustancias químicas para remover las grasas y las raíces. La introducción del uso de sustancias químicas al programa de limpieza requiere la utilización de una cuadrilla experimentada, la adopción de un nuevo programa y el determinar un tiempo de retención que asegure el uso efectivo de las sustancias químicas.

**TABLA 4 LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA**

Método de limpieza	Limitación
Máquina de esfera, chorro a presión, carretilla	<p>En general estos métodos sólo tienen éxito cuando se puede mantener la presión requerida de agua sin el riesgo de inundar sótanos o viviendas situadas a baja elevación. Chorro a presión- La limitación principal de esta técnica es que se debe tener precaución en áreas con instalaciones de agua en sótanos y en áreas con pendientes empinadas.</p> <p>Máquina de esfera – No se puede usar efectivamente en tuberías con uniones desfasadas o con conexiones de servicio que sobresalgan porque la esfera se puede deformar.</p> <p>Carretilla– Para limpiar líneas más grandes, se requiere que los registros sanitarios sean diseñados de mayor tamaño para la entrada y salida del equipo. De otra manera la carretilla debe ser ensamblada dentro del registro sanitario. También se deben tomar precauciones en áreas con instalaciones de agua en sótanos y en áreas con pendientes empinadas.</p>
Máquina de baldes	Se sabe que este tipo de maquinaria ha causado daños a alcantarillados. No se puede usar la máquina de baldes cuando la línea está bloqueada completamente porque esto imposibilita que el cable de arrastre pase de un pozo de visita al

	siguiente. La preparación del equipo tarda bastante tiempo.
Método de vaciado	Este método no es muy eficaz en la eliminación de desechos grandes. El vaciado no remedia este problema porque solo logra el desplazamiento temporal de residuos sólidos de una sección a otra del sistema.
Limpiado de alta velocidad	El éxito y la eficiencia en la eliminación de basuras se disminuyen con el aumento del área transversal de la tubería. Se han producido estancamientos en viviendas cuando este método es usado por operadores con poca experiencia. Aún los operadores experimentados requieren tiempo adicional para la limpieza de raíces y grasas en las tuberías.
Cometa o bolsa	Se debe tener precaución cuando se usa este método en áreas con instalaciones de agua en sótanos y en áreas con pendientes empinadas.
Método de raspado	Las barras continuas de raspado son más difíciles de recobrar y reparar cuando se quiebran y no son útiles en tuberías con diámetros mayores a 300 mm (0.984 pies) porque las barras tienen la tendencia a enrollarse y doblarse. Este aparato tampoco es efectivo en la remoción de arena o gravilla, pero sí puede soltar el material que debe ser vaciado posteriormente.

La administración de los datos también es fundamental para tener éxito en el programa de mantenimiento. El condado ha empezado a anotar el número de veces que se han limpiado e inspeccionado las líneas y el número de desbordes y estancamientos en cada línea. Esta información ha ayudado al condado a establecer las prioridades para mantenimiento futuro del alcantarillado y ajuste del calendario de limpieza e inspecciones de las líneas.

El costo por pie para el mantenimiento de las instalaciones de Fairfax se ha reducido durante los últimos años como resultado de la agilización y el aumento de la eficiencia y la productividad de los empleados en trabajo de campo. En el año 1998, la limpieza por agua a presión tenía un costo de \$1.44 por metro (\$0.44/pie), y por raspado de \$2.82 por metro (\$0.86/pie); y la inspección televisada un costo de \$3.18 por metro (\$0.97/pie). Estos costos incluyen los de mano de obra, los beneficios laborales, los costos de materiales y equipo, y los costos generales de los servicios administrativos.

### **La Ciudad de Fort Worth, Texas**

La ciudad de Fort Worth ha comenzado a usar la limpieza del alcantarillado no sólo como un método de mantenimiento sino como una herramienta de diagnóstico. El alcantarillado de la ciudad incluye 3540.5 kilómetros (1,850 millas) de líneas y sirve aproximadamente a 1.2 millones de usuarios. El rango de diámetros de las tuberías es de 0.1 a 2.4 m (3.9 a 94.5 pulgadas). El sistema de alcantarillado esta diagramado actualmente en una serie encuadrada de mapas, y la ciudad espera establecer un sistema de información geográfica (SIG) durante el próximo año.

En los últimos tres años la ciudad de Fort Worth ha logrado mejoras significativas en su red de alcantarillado. Como resultado de esto se ha aumentado el grupo de mantenimiento del alcantarillado, incluyendo tres nuevas secciones que incluyen:

- El grupo encargado de la limpieza del alcantarillado y de los

taponamientos– este grupo responde a quejas de los usuarios, identifica

problemas dentro de las líneas y elimina todos los taponamientos.

**TABLA 5 EFICACIA DE LAS TÉCNICAS DE LIMPIEZA**

Solución al problema	Tipo de problema				
	Taponamientos de emergencia	Grasas	Raíces	Arena, grava y basuras	Olores
Máquina de esfera		●		●	●
Limpieza de alta velocidad	•	●		●	●
Método de vaciado					•
Carretillas de alcantarillado		●		●	
Máquina de baldes				•	
Barras con motor	●	•	●		
Barras de manejo manual	●	•	•		
Substancias químicas		•	●		●

● = Solución de mayor eficacia para un problema dado.

• = Solución de menor eficacia para un problema dado.

Fuente: U.S. EPA, 1993

- El grupo de televisión – Este grupo localiza los defectos y las conexiones de edificios al alcantarillado (también denominados conexiones laterales).
- El grupo de mantenimiento preventivo – Este grupo tiene a su cargo la limpieza e inspección de las líneas y el proveer la seguridad y el control de calidad.

En la mayoría de las inspecciones la ciudad usa el sistema de circuito cerrado de televisión CUE. Sin embargo, en las secciones en peor estado y más antiguas del sistema se hace inspección visual de casi el 40% de las líneas. También se

hacen inspecciones visuales en las líneas y los pozos de visita instalados más recientemente. La ciudad usa una variedad de métodos de limpieza incluyendo el de chorros de agua a presión, la limpieza de alta velocidad, el método de raspado, la máquina de baldes y el uso de camiones de parada (*stop trucks*, dotados con barras en secciones operadas con motor). Como parte de la estrategia de mantenimiento preventivo la ciudad también ha usado camiones de tipo combinado que cuentan con sistemas tanto de vaciado como de succión. Para controlar las raíces la ciudad usa un sistema de desarraigo por vapor que puede asegurar la remoción de raíces en las tuberías hasta por 5 años.

Las cuadrillas de inspección y limpieza consisten de dos personas para que cada una pueda operar los dos tipos de camiones, los combinados y los de televisión. La ciudad de Fort Worth ha hecho limpieza de casi 239 kilómetros (145 millas) de tuberías e inspecciones televisadas de 70 kilómetros (44 millas) de tuberías desde 1996 hasta 1998. El costo de la limpieza para el año 1998 fue calculado en \$1.38 \$/metro (\$0.42/pie) y el costo de las inspecciones televisadas fue estimado en \$1.28/metro (\$0.39/pie).

La ciudad de Fort Worth tiene como meta el hacer limpieza de todo el sistema cada siete u ocho años. Las prioridades de frecuencia de limpieza de las líneas se establecen con base en el número de quejas recibidas en cada área.

### **Ciudad de Los Ángeles, California**

El alcantarillado de Los Ángeles es uno de los más grandes y complejos del mundo. El sistema presta servicio a aproximadamente cuatro millones de personas en una área de 600 millas cuadradas. El sistema está constituido por 6,500 millas (6,950 kilómetros) de tuberías del alcantarillado. El rango de los diámetros de tuberías va de 6 hasta 150 pulgadas (0.1 m a 3.8 m) y casi la mitad del sistema es de una antigüedad mayor a 50 años.

El éxito continuado del sistema se atribuye al activo programa preventivo de operación y mantenimiento. Dentro de este programa se ha implementado un plan de manejo computarizado con énfasis en el mantenimiento preventivo y correctivo. Este sistema hace el seguimiento de todas las actividades de mantenimiento.

Para el mantenimiento preventivo, la ciudad de Los Angeles ha adoptado un programa de evaluación de la condición del alcantarillado. Este programa establece prioridades para la inspección, la limpieza y la rehabilitación con base en un sistema de calificación que utiliza como criterios la edad, el tamaño y el material de construcción de la tubería para programar las inspecciones. Se determina la calificación usando información de SIG y de programas especiales de computadora y de lógica. Las inspecciones de alta prioridad se hacen usando CCTV, mientras que las de menor prioridad se hacen con la técnica de iluminación con lámparas. Las inspecciones por iluminación pueden ser seguidas por una inspección de CCTV de requerirse más información.

La ciudad de Los Ángeles lleva a cabo aproximadamente 145 kilómetros (90 millas) de inspecciones de CCTV por año. El costo de las inspecciones de CCTV es aproximadamente \$1.00/pie incluyendo la mano de obra y los equipos. La ciudad también realiza casi 4,506 kilómetros (2,800 millas) de inspecciones visuales por año a un costo de \$0.07/pie. La ciudad de Los Ángeles hace limpieza de casi 2,032 (1,900 millas) de alcantarillado por año.

La frecuencia de limpieza se basa en las inspecciones y las condiciones observadas sobre el terreno. La ciudad elimina raíces por medio de máquinas de barras mecánicas (\$1.71/metro o \$0.52/pie), aplicaciones químicas, máquinas de levante hidráulicas y barras de operación manual (\$3.12/metro o \$0.95/ pie). El Programa de Mantenimiento para la Supresión de

Corrosión de la ciudad usa la pulverización de hidróxido de magnesio para tratar cerca de 129 kilómetros (80 millas) de tuberías cada año a un costo de \$700,000 para prevenir la corrosión. El programa de la ciudad para controlar el olor de H<sub>2</sub>S hace uso de dosificación cáustica a alta concentración, lo cual cuesta \$1,000,000 por año.

## COSTOS

La Tabla 6 resume los costos anuales de mantenimiento por milla para la limpieza y la inspección.

**TABLA 6 RESUMEN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO A NIVEL NACIONAL**

Componente	Rango de costos	Costo promedio
O/M total (costo/milla/año)	\$951 - \$46,973 <sup>1</sup>	\$2,823 <sup>3</sup>
Mano de obra (costo/milla/año)	\$695 - \$19,831 <sup>1</sup>	\$3,626 <sup>1</sup>
Beneficios laborales (costo/milla/año)	\$192 - \$9,033 <sup>1</sup>	\$1,185 <sup>1</sup>
Substancias químicas (costo/milla/año)	\$0.3 - \$7,616 <sup>1</sup>	\$512 <sup>1</sup>
Limpieza por vaciado con agua (costo/milla)	\$475 - \$5,230 <sup>2</sup>	\$1,700 <sup>1</sup>
Inspección televisada (costo/milla)	\$1,000 - \$11,450 <sup>2</sup>	\$4,600 <sup>1</sup>
Mantenimiento preventivo	Constituye el 63% del costo total del mantenimiento (excluyendo la depreciación)	

Fuentes: <sup>1</sup> Water Environment Research Foundation, 1997.

<sup>2</sup> Arbour and Kerri, 1997. <sup>3</sup> ASCE, 1998.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADS Environmental Services, 1998. "Sewer Evaluation Services." Internet site at [[http://www.adsenv.com/what\\_we\\_doservices-syeval.html](http://www.adsenv.com/what_we_doservices-syeval.html)], accessed June, 1998.
2. Arbour, R. and K. Kerri, 1997. *Collection Systems: Methods for*
3. Black & Veatch, 1998. *Evaluating and Improving Performance*. Prepared for the EPA Office of Wastewater Management by the California State University, Sacramento, CA.
3. Black & Veatch, 1998. *Optimization of Collection System Maintenance Frequencies and System Performance*. Prepared for the EPA Office of Wastewater Management under a

- cooperative agreement with American Society of Civil Engineers.
4. Coe, C.D., K. Fu, and M.G. Wade, 1997. "Sewer Cleaning as a Diagnostic Tool," In *Collection Systems Rehabilitation and O&M: Solving Today's Problems and Meeting Tomorrow's Needs*, pp.12:27-12:32.
  5. Fairfax County, Virginia, 1998. I. Khan, Director, Line Maintenance Division, Department of Public Works & Environmental Services, Fairfax County, Virginia, personal communication with Parsons Engineering Science, Inc.
  6. City of Fort Worth, Texas, 1998. C. Hanson, Superintendant, City of Fort Worth, Texas, personal communication with Parsons Engineering Science.
  7. Grande, Novac & Associates, Inc., 1998. "Flushing Device for Retention Tanks and Sewers." Internet site at [<http://www.gnainc.com/self.html>], accessed May 1998.
  8. Hagekhalil, A.; J. Carabantes, D. Marske, K. Runzer, and D. Parikh, 1997. "The City of Los Angeles' Primary Sewer Condition Assessment Program," In *Collection Systems Rehabilitation and O&M: Solving Today's Problems and Meeting Tomorrow's Needs*, pp. 8:27-8:38.
  9. Hardin, D. and C. Messer, 1997. "Old Data and New Tools-Maintaining the Sewers That Need It." *Proceedings of the Water Environment Federation Conference on Collection Systems Rehabilitation and O&M Speciality*.
  10. KA-TE, 1998. "The KA-TE Cutter." Internet site at [<http://www.nodig.com/ka=te/kt-03.htm>], accessed 1998.
  11. Kerri, K.D. and J. Brady, 1993. *Operation and Maintenance of Wastewater Collection Systems*, Volume 1. Prepared for the EPA Office of Water Program Operations by the California State University, Sacramento, CA.
  12. City of Los Angeles, 1998. B. Bergren, Manager, Public Works Sanitation and Wastewater Collections System Division, City of Los Angeles, personal communication with Parsons Engineering Science Inc.
  13. City of Los Angeles, 1998. *Wastewater Collection System Operation, Maintenance, and Management*.

14. May, J., D. Harding, G. Rames, and R. Nelson, 1996. "Using Maintenance Frequencies To Set, Plan, and Schedule I/I Control and Maintenance Activities," In *Collection System Symposium: Maintenance Management*, pp.483-494.
15. Nelson, R.E., P. Hsiung, and A. Witt, 1998. *Optimization of Collection System Maintenance Frequencies and System Performance*. Prepared for the EPA Office of Wastewater Management by the American Society of Civil Engineers and Black & Veatch.
16. Patrick, R., J. Rompala, A. Symkowski, W. Kingdom, R. Serpente, and N. For more information contact: Municipal Technology Branch U.S. EPA Mail Code 4204 401 M St., S.W. Washington, D.C., 20460 Freemn,1997. *Benchmarking Wastewater Operations-Collection, Treatment, and Biosolids Management*. Water Environment Research Foundation.
17. Pisano, W. N. Grande, and G. Novac,1997. "Automated Sewer Flushing Large Diameter Sewers," In *Collection Systems Rehabilitation and O&M: Solving Today's Problems and Meeting Tomorrow's Needs*. pp. 12:9-12:20.
18. Price, T.O., 1997. "Investigation of Corrosion, Debris and Deformation in Large Diameter Pipes Using the Sonic Caliper," In *Collection Systems Rehabilitation and O&M: Solving Today's Problems and Meeting Tomorrow's Needs*, pp.14:1-14:7.
19. Reid, S., G. Irwin, G.E. Knott, and D.Singleterry, 1997. "Optimizing Large Diameter Inspections," In *Collection Systems Rehabilitation and O&M: Solving Today's Problems and Meeting Tomorrow's Needs*, pp. 8:39-8:48.
20. Sharon, J. D., 1989. *Combined Sewer Overflow Pollution Abatement: Manual of Practice No. FDI7*. Prepared for the Water Pollution Control Federation by the Task Force on CSO Pollution Abatement.
21. Thomas, D. H. and T.W. Trybus, 1995. *Collection Structural Integrity Better Understood Through Visualization Provided With Desktop Mapping*.
22. UEMSI®,1998."The Predator®." Internet site at <http://www.uemsi.com /predator.htm>], accessed 1998.
23. Water Environment Research Foundation(WERF), 1997. *Benchmarking Wastewater*

*Operations - Collection,  
Treatment, and Biosolids  
Management. Project 96-CTS-5.*

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

## **INFORMACIÓN ADICIONAL**

California State University, Sacramento  
Ken Kerri  
6000 J Street  
Sacramento, California 95819

Fairfax County, Virginia  
Ifty Khan  
Department of Public Works  
6000 Freds Oak Road  
Burke, Virginia 22015

City of Fort Worth, Texas  
Cory Hanson  
Fort Worth Water Department  
1608 11th Avenue  
Fort Worth, Texas 76102

City of Los Angeles, California  
Barry Bergren  
Los Angeles Bureau of Sanitation  
2335 Dorris Place  
Los Angeles, California 90031

City of Topeka, Kansas  
Tim Green  
Department of Public Works  
515 S. Kansas Avenue  
Topeka, Kansas 66603

La mención de marcas o productos  
comerciales no constituye una  
aprobación o recomendación de uso por  
parte de la Agencia de Protección  
Ambiental de Estados Unidos.

Para mayor información contactarse con: