

Tecnología en Breve

PUBLISHED BY THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER

Filtración Lenta con Arena

Resumen

Utilizado por primera vez en Estados Unidos en 1872, los filtros lentos de arena son el tipo más antiguo de filtración de agua municipal. Actualmente, se mantiene como un método prometedor para filtrar sistemas pequeños con agua de baja turbiedad o fuentes de agua que contienen algas. La filtración lenta con arena no requiere pre-tratamiento o un control extenso del operador, algo importante para un operador de sistemas pequeños con muchas responsabilidades.

¿Qué es la filtración lenta con arena?

La filtración lenta con arena es un proceso simple y fiable. Son filtros relativamente baratos de construir, pero requieren operadores altamente cualificados.

El proceso consiste en filtrar el agua no tratada lentamente a través de una cama porosa de arena, el agua entra a la superficie del filtro y luego drena por el fondo.

Construido adecuadamente, el filtro consiste en un tanque, una cama de arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de sub-drenajes para recoger el agua filtrada y

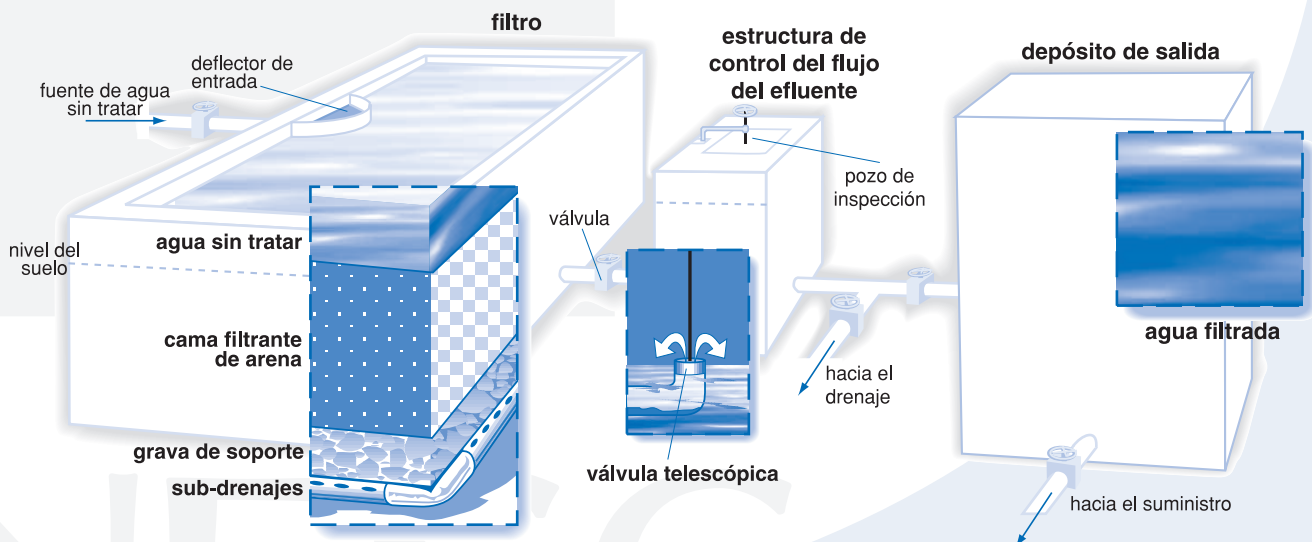
un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración. Ningún químico es añadido para facilitar el proceso de filtración.

Ventajas

La simplicidad de diseño y operación, así como los requerimientos mínimos de compuestos químicos y energía hacen que el filtro lento de arena sea una técnica apropiada para el retiro de materia suspendida orgánica e inorgánica. Estos filtros también retiran organismos patógenos.

La filtración lenta con arena reduce las bacterias, la nubosidad y los niveles orgánicos,

Filtro Lento de Arena



Comportamiento Típico del Tratamiento de Filtros Lentos de Arena Convencionales

Parámetro de Calidad del Agua	Capacidad de Eliminación
Turbiedad	<1.0 NTU
Coliformes	1-3 unidades log
Virus Entéricos	2-4 unidades log
Quiste <i>Giardia</i>	2-4+unidades log
<i>Cryptosporidium Oocysts</i>	>4 unidades log
Carbón Orgánico Disuelto	<15-25%
Biodegradable	
Carbón Orgánico Disuelto	<50%
Precusores del Trihalometano	<20-30%
Metales Pesados	
Zn, Cu, Cd, Pb	>95-99%
Fe, Mn	>67%
As	<47%

Tuente: Adaptado de Collins, M.R. 1998.

reduciendo así la necesidad de desinfección y consecuentemente, la presencia de subproductos de desinfección en el agua final. Otras ventajas incluyen:

- Mínimos problemas de manejo de lodo.
- No es necesaria la supervisión cercana del operador.
- Los sistemas pueden hacer uso de materiales y de mano de obra disponible localmente.

Los filtros lentos de arena pueden proveer incluso una excelente calidad de tratamiento de agua (Ver Tabla 1.) Los filtros lentos de arena demuestran constantemente su efectividad en el retiro de partículas suspendidas con turbiedades en los efluentes por debajo de 1.0 unidad de turbiedad “nefelométrica” (NTU), alcanzando de un 90 a más de 99% de reducción en bacterias y virus, y ofreciendo un retiro virtualmente completo de los quistes *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium oocyst*.

Limitaciones

Los filtros lentos de arena presentan ciertas limitaciones. Estos requieren de una superficie grande, grandes cantidades del medio del filtro y de mano de obra para su limpieza.

El agua con niveles altos de turbiedad puede tapar rápidamente la arena fina de estos filtros. El agua es aplicada a los filtros sin

ningún pre-tratamiento cuando el agua tiene niveles de turbiedad menores a 10 NTU.

Cuando los filtros lentos de arena son utilizados con agua de corrientes superficiales que presentan una gran variedad de niveles de turbiedad, la turbiedad se puede reducir utilizando canales de infiltración o filtros ásperos, tales como filtros de grava antes del filtro de arena.

Las aguas con muy bajo contenido de nutrientes pueden perjudicar el retiro de la turbiedad, puesto que algunos nutrientes deben de estar presentes para promover el crecimiento del ecosistema biológico dentro de la cama de filtro.

Los filtros lentos de arena no retiran completamente todos los químicos orgánicos, sustancias inorgánicas disueltas, como metales pesados o precursoros del trihalometano (THM)—compuestos químicos que pueden formar THMs cuando se mezclan con el cloro. Incluso, el agua con arcillas muy finas no es tratada fácilmente usando filtros lentos de arena.

El filtro de carbón granular activado (CGA) tipo emparedado es un filtro modificado lento de arena que retira material orgánico. Este filtro utiliza como base una capa de arena que tiene una profundidad de aproximadamente 1 pie, una capa intermedia de CGA de aprox. 0.5 pies y una capa superior de arena con una profundidad aproximada de 1.5 pies. Este filtro modificado lento de arena retira efectivamente pesticidas, carbón total orgánico y precursoros de THM.

Los filtros lentos de arena son menos efectivos al retirar microorganismos del agua fría porque a medida que la temperatura decrece, la actividad biológica dentro de la cama de filtro disminuye.

Descripción del Proceso

Los filtros lentos de arena requieren una muy baja aplicación o nivel de filtración (0.015 a 0.15 galones por minuto por cada pie cuadrado de área de la cama de filtro, dependiendo de la graduación del medio de filtro y de la calidad del agua a tratar). La acción de retiro incluye un proceso biológico en adición a los procesos químicos y físicos.

Una capa pegajosa de la materia biológica, llamada “schmutzdecke” se forma en la superficie de la arena, donde las partículas son atrapadas y la materia orgánica es biológicamente degradada. Los filtros lentos de arena dependen de esta capa de filtración en la superficie del filtro para filtrar las partículas. A medida que la capa de filtración

trabaja durante el ciclo de filtración, está asume el rol dominante en la filtración más que en el medio granular.

Una prueba piloto es siempre necesaria cuando se diseña filtros lentos de arena. Actualmente, los ingenieros no son capaces de predecir el funcionamiento de los filtros lentos de arena para una calidad específica de agua sin tratar. La operación piloto de un filtro pequeño, preferentemente a lo largo de varias estaciones del año, asegurará el funcionamiento adecuado de una planta a gran escala.

Se debe recordar, luego que después que el diseñador establece los parámetros, como la velocidad de filtración de la planta, profundidad de la cama y el tamaño de arena, es poco lo que puede hacer el operador de la planta para mejorar el funcionamiento del filtro lento de arena que no produzca agua satisfactoria.

Una prueba piloto de la planta de filtro lento de arena no debe ser costosa. La prueba piloto de la planta ha sido realizada utilizando segmentos de pozos de observación y otros productos cilíndricos prefabricados, tales como vasos del filtro.

Las instalaciones piloto de los filtros lentos de arena operan por largos periodos de tiempo, hasta un año, pero el nivel de esfuerzo puede ser bajo, consistiendo en controles diarios de pérdida de presión, rangos de flujo, temperatura del agua y turbiedad, y tomando muestras de coliformes.

Considerando que el mecanismo de purificación en un filtro lento de arena es esencialmente un proceso biológico, su eficiencia depende de una comunidad biológica equilibrada en la materia "schmutzdecke". Por lo tanto, los filtros deben

operar a un nivel constante. Cuando la operación se detiene, los microorganismos causantes de degradación bacteriológica de las impurezas atrapadas, pierden su efectividad. Operaciones intermitentes perturban la continuidad necesaria para una actividad biológica eficiente.

Una forma de superar este problema, es permitir al filtro que opere a un nivel decreciente. La filtración con nivel decreciente produce agua adicional, la cual generalmente es satisfactoria. Por otra parte, el modo de nivel decreciente puede ser aplicado durante la operación de noche, resultando en ahorros significantes de trabajo.

El almacenamiento de agua filtrada es esencial en una planta de filtro lento de arena, por dos razones. La primera es debido a la importancia de establecer una actividad biológica, por lo que el uso de cloro antes del filtro es inapropiado, y el operador debe proporcionar tiempo de contacto de desinfección en un recipiente de almacenaje. La segunda es que el almacenamiento es necesario para igualar la producción a la demanda.

Requerimientos de Operación y Monitoreo

Un filtro lento de arena debe ser limpiado cuando la arena fina se obstruya, lo cual es medido por la pérdida de presión. El periodo de tiempo entre las limpiezas puede variar desde varias semanas a un año, dependiendo de la calidad del agua que se quiere tratar. El operador limpia el filtro raspando la capa superficial de la cama de filtro. Un periodo de maduración de 1 a 2 días es requerido para

Resumen del Diseño de un Filtro Lento de Arena

TABLA 2

Parámetros de Diseño	Rango de Valores Recomendados
Velocidad de Filtración Área por Cama de Filtro	0.15 m ³ /m ² x h (0.1 - 0.2 m ³ /m ² x h) Menos de 200 m ² (en los abastecimientos de agua comunidades pequeñas para facilitar la limpieza manual del filtro)
Número de Camas de Filtro	Mínimo de 2 camas.
Profundidad de la Cama de Filtro	1 m (mínimo de 0.7 m de profundidad de arena)
Medio de Filtro	Tamaño efectivo (TE) = 0.15-0.35 mm; Coeficiente de uniformidad (CU) = 2-3
Altura del Agua "supernatant"	0.7-1 m (maximum 1.5 m)
Sistema de Drenaje • Ladrillos estándar • Losas de hormigón prefabricadas • Ladrillos de hormigón prefabricados con orificios en la parte superior • hormigón poroso • Tubos perforados (de tipo lateral y múltiple)	Generalmente, no son necesitadas para cálculos futuros Máxima velocidad en múltiples y laterales = 0.3 m/s Espacio entre laterales = 1.5 m Espacio de orificios en laterales = 0.15 m Tamaño de orificios en laterales = 3 mm

Fuente: Vigneswaran, S. y C. Visvanathan. 1995

que la arena raspada produzca una función de filtración biológica. La calidad del agua filtrada es pobre durante este periodo de tiempo y no debe ser utilizada.

En algunos filtros pequeños lentos de arena, material geotextil es colocado en capas sobre la superficie. En este método de limpieza, el operador puede retirar una capa de la tela filtrante periódicamente de modo que la capa superior de arena requiere un reemplazo menos frecuente.

En climas sujetos a temperaturas bajo cero grados centígrados, los filtros lentos de arena usualmente deben permanecer bajo techo. Los filtros descubiertos que operan en climas fuertes desarrollan una capa de hielo que previene su limpieza. Por lo tanto, operarán efectivamente sólo si los niveles de turbiedad del efluente son lo suficientemente bajas para que el filtro opere durante los meses de invierno sin ser limpiado. En climas más cálidos, se puede requerir una cubierta sobre el filtro lento de arena para reducir el crecimiento de algas dentro del filtro.

Antes de limpiar un filtro lento de arena, el operador debe retirar la materia flotante, como hojas, algas. Cuando una unidad se encuentra paralizada para su limpieza, las otras se encuentran operando a un nivel ligeramente más elevado para mantener la producción de la planta.

Después de la limpieza de la unidad, esta se alimenta de nuevo con agua a través de los drenajes inferiores. Esta agua puede ser obtenida de un tanque elevado ó utilizando agua de un filtro adyacente. Cuando el pozo de limpieza es diseñado, debe de considerarse la reducción temporal en la salida del agua, asegurándose que esa cantidad de agua se encontrará disponible para los usuarios.

Una vez que el filtro ha sido limpiado, los microorganismos usualmente se restablecen y producen un efluente aceptable. En áreas frías, la maduración puede tomar varios días. Aún cuando la turbiedad del efluente es suficientemente baja, el abastecimiento del agua puede ser reestablecido después de un día con una adecuada cloración.

El monitoreo y operación de un filtro lento de arena no es complicado. Las tareas diarias incluyen lecturas y registros de las pérdidas

de presión, turbiedad del agua cruda y filtrada, niveles de flujo y desinfectante residual. Si es necesario, el operador deberá ajustar el flujo para mantener la producción de agua en línea con la demanda.

Además, con la promulgación de la Regla de Tratamiento de Agua Superficial, cada día el operador necesita usar los datos de flujo y desinfectante residual para calcular los valores del tiempo de contacto y determinar si la desinfección es lo suficientemente rigurosa. Estas tareas pueden requerir de una a dos horas a menos que se automaticen.

¿Dónde puedo encontrar mayor información?

- American Water Works Association. 1993. *Back to Basics Guide to Slow Sand Filtration*. Denver: American Water Works Association.
- American Water Works Association. 1994. *Slow Sand Filtration: International Compilation on Recent Scientific and Operational Developments*. Denver: American Water Works Association.
- Clark, R. M., and D. A. Clark. 1995. *Drinking Water Quality Management*. Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Company.
- Collins, M. R. 1998. "Assessing Slow Sand Filtration and Proven Modifications." *In Small Systems Water Treatment Technologies: State of the Art Workshop*. NEWWA Joint Regional Operations Conference and Exhibition. Marlborough, Massachusetts.
- National Research Council. 1997. *Safe Water from Every Tap: Improving Water Services to Small Communities*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1990. *Environmental Pollution Control Alternatives: Drinking Water Treatment for Small Communities*. Washington, D.C.: Office of Water. EPA/625/5-90/025
- U.S. Environmental Protection Agency. 1998. *Small System Compliance Technology List for the Surface Water Treatment Rule and Total Coliform Rule*. Washington, D.C.: Office of Water. EPA/815/R/98/001.
- Vigneswaran, S. and C. Visvanathan. 1995. *Water Treatment Processes: Simple Options*.

