

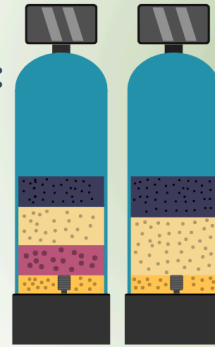
FILTRACIÓN RÁPIDA EN LECHO PROFUNDO:

EL PROCESO MENOS EVALUADO EN TRENES DE TRATAMIENTO DE AGUA.



Impartido por: **Germán Grosso.**

30 de Julio - 2024.



Atención a clientes:



El equipo de atención a clientes de Carbotecnia. Estamos para apoyarlo con sus proyectos.

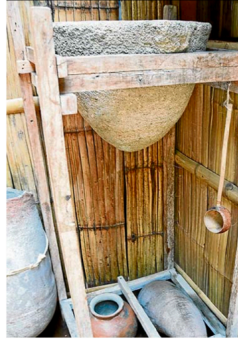
Filtración lenta en lecho profundo

Velocidad de flujo es menor al 5% que en filtración rápida.
Son digestores biológicos muy grandes (no se retrolavan)



La filtración lenta en lecho profundo, aunque es un proceso de filtración, es más un reactor biológico. Estos equipos ocupan grandes extensiones. Se forman bacterias en la cama de arena y degradan la materia orgánica (disuelta y suspendida) que contiene el agua. La velocidad de flujo es menor al 5% de la que se utiliza en la filtración rápida. Estos equipos no se retrolavan.

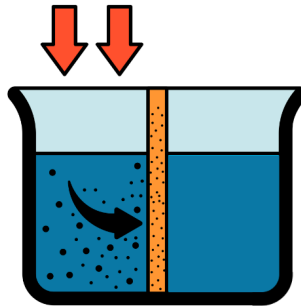
Filtración: el proceso de purificación de agua más antiguo



La filtración es el proceso de purificación de agua más antiguo.

Entendemos por filtración:


Retención de sólidos que no pasan en un medio poroso.



En el ámbito del tratamiento de agua, entendemos por “filtración” a la separación de sólidos suspendidos que se encuentran presentes en ella, a través de un medio poroso que los retiene. Los sólidos quedan retenidos debido a su tamaño.

Sólido

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

 $> 1.5 \mu\text{m}$

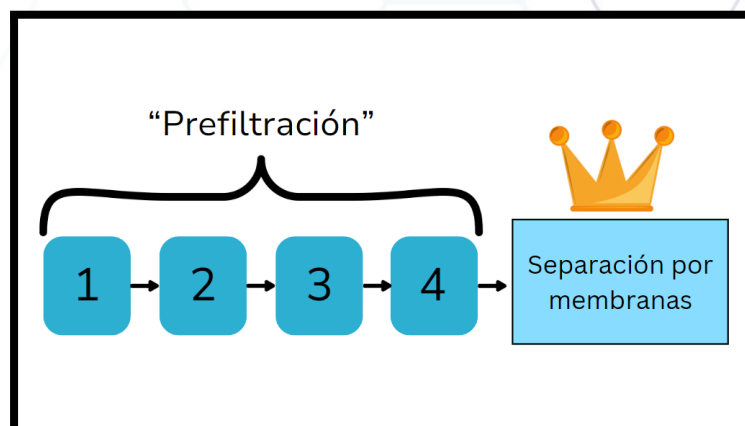
Desde el punto de vista de la fisicoquímica, sólido es un estado de agregación de la materia en el que las moléculas que lo forman se encuentran juntas, mantienen una gran cohesión y oponen resistencia a cambios de forma y de volumen. Los líquidos solamente oponen resistencia a cambios de volumen. Los gases no oponen resistencia a cambios ni de forma ni de volumen. Desde la prueba para determinar sólidos suspendidos totales del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, sólido es una partícula mayor a $1.5 \mu\text{m}$.



Los coloides son sólidos suspendidos de un tamaño muy pequeño: entre 2 y 500 nm. Ya que 500 nm son 0.5 μm , no se reflejan como sólidos suspendidos totales en los resultados de análisis de agua.



La filtración es el proceso de separación más utilizado por el ser humano.



Los procesos de separación por membrana ocupan actualmente el centro de la escena. A los procesos previos, que son indispensables para que esta realice su función de una manera eficiente y duradera, se les ha denominado, en conjunto, “prefiltración”. De alguna manera, se les ha restado importancia. Muchas veces no se operan de la mejor manera; cuando es así, los equipos de membranas no se desempeñan de la mejor manera y con frecuencia los usuarios buscan la raíz del problema en la membrana. En Carbotecnia, hemos decidido concentrarnos en el diseño y la mejor ejecución y

operación de los procesos previos a los procesos de membranas. Estos últimos no siempre se utilizan. Y cuando se utilizan, los procesos previos son los cimientos.



En el webinar de filtración de líquidos en cartuchos vimos que la filtración se puede clasificar en dos: de superficie y de profundidad. Sobra mencionar que la filtración en lecho profundo pertenece al segundo grupo.



Los filtros rápidos de lecho profundo pueden operar a gravedad o a presión. Ambos desempeñan la misma función y lo que veremos en este webinar les aplica por igual.

Profundidad del lecho en filtración rápida

En 2000, Kawamura reportó que el valor de L/d (en donde L es la profundidad de la cama y d es el diámetro efectivo de partícula del medio granular) para distintos medios granulares, suele tener los siguientes valores:

Caso	Valor de L/d
Camas ordinarias de arena y camas duales	$\geq 1,000$
Camas multimedia (antracita, arena y granate) o camas ordinarias de arena gruesa ($1.5 \text{ mm} > d > 1.0 \text{ mm}$)	$\geq 1,250$
Camas ordinarias de un medio muy grueso ($2 \text{ mm} > d > 1.5 \text{ mm}$)	1,250 – 1,500
Si se desea obtener una turbiedad menor a 0.1 NTU, y no se usan filtroayudas poliméricos	Aumentar el L/d 15%

Nota: para camas duales o multimedia, se determina el L/d de cada medio y se suman.

Nix, D. N. y J. S. Taylor, *Filter Evaluation Procedures for Granular Media*, 2ª Ed., American Water Works Association, Denver, 2018.

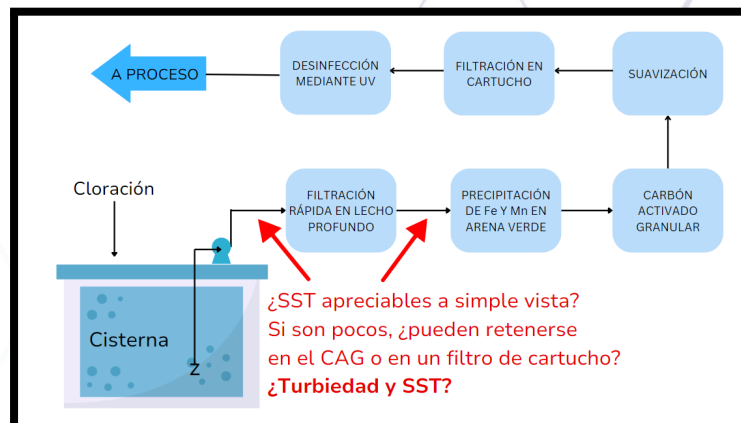
La profundidad típica de un lecho profundo está entre 40 y 90 cm.

La mayor parte de la retención física de partículas ocurre en los primeros 20 cm de cama. Ocurre en la parte superior ya que, después de retrolavar la cama, los gránulos menores que la componen quedan

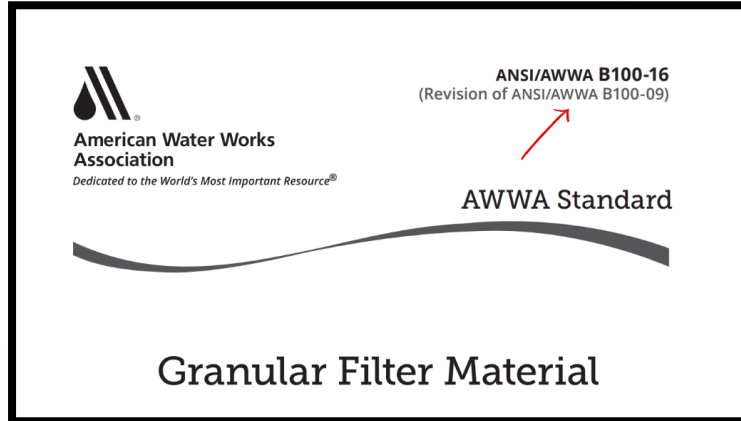
en la parte superior. La profundidad adecuada de un lecho profundo para filtración rápida depende del diámetro efectivo de partícula del medio granular.

Velocidad de flujo en filtros rápidos de lecho profundo	
Escenario	Velocidad del flujo de filtración (gpm/ft ²)
Cama de arena después de un clarificador. El valor mayor aplica cuando previo al clarificador se aplicó un coagulante y un polielectrolito [1]	2.46 a 4.91
Filtros multimedia [1]	Se operan a la misma velocidad a la que se opera un filtro de cama profunda y homogénea de arena.
Cuando hay preocupación por ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> o quistes de <i>Giardia</i> en suministros de agua cruda (se busca minimizar el riesgo de fuga de partículas). [1]	2.46 a 2.86
Cama de arena para retener hierro [1]	2.46 a 3.07
Costa Oeste de Estados Unidos (a menos de que una prueba piloto demuestre que se puede filtrar a mayor velocidad) [1]	6.0
Velocidad arriba de la que tiende a deteriorarse la calidad del filtrado [1]	6.0
Velocidad arriba de la que aumenta desproporcionalmente la caída de presión [1]	8.2
Velocidad a la que actualmente se promueve el diseño de filtros que utilizan zeolita como medio granular	Arriba de 12.

En filtración, no es necesario tener un tiempo de contacto. La variable de diseño fundamental es la velocidad de flujo de filtración. La tabla de la imagen muestra la velocidad de flujo a la que suelen operar los filtros rápidos de lecho profundo. Mientras menor es la velocidad de flujo, la calidad del filtrado (que ocurre por tamaño del sólido retenido) es mejor. No son pocos los casos en los que se diseñan los filtros rápidos de lecho profundo demasiado estrechos y se operan a velocidades de hasta 15 gpm/ft². Esto ocurre cuando no se va a medir la calidad del agua filtrada, y no importa su calidad.



En los procesos de tratamiento de agua, casi siempre se considera la filtración rápida en lecho profundo. Cuando el agua a tratar contiene una baja cantidad apreciable de sólidos suspendidos visibles, ¿pueden retenerse en el CAG o en un filtro de cartucho? Si no son apreciables visualmente, es común que no nos cuestionamos si realmente la requerimos y que luego no midamos si su aportación es importante. Habría que medir la turbiedad y los sólidos suspendidos totales en el agua de entrada y salida de un filtro de lecho profundo.



La norma *B100-16 Granular Filter Material* de la *American Works Water Association (AWWA)* es una muy buena referencia en relación a la calidad de los medios filtrantes, la calidad de las camas de soporte y las prácticas para la instalación de las mismas. Vale la pena adquirirla. Está disponible en la página de la AWWA.



En Carbotecnia ponemos particular atención a la selección de medios granulares filtrantes que cumplan con los parámetros de calidad que establece la norma B100-16.



La arena sílica es el medio filtrante que más se ha utilizado. Se le llama "sílica" porque debe tener un alto contenido de sílice, que es insoluble en el agua y, por lo tanto, no le imparte sabor. También puede tener un alto contenido de alúmina, que, al igual que el sílice, es

insoluble en agua y no le imparte sabor. El contenido de sales solubles es alto en muchos bancos de arena, por lo que no pueden aplicarse en filtración. La norma B100-16 de la AWWA establece que una arena puede aplicarse en filtración de agua cuando su solubilidad en una solución de ácido clorhídrico a una concentración cercana al 18% en peso, no es mayor al 5%. Los proveedores de arena sílica en México ofrecen materiales de excelente calidad química y libres de sólidos ajenos. No obstante, en Carbotecnia hemos invertido un gran esfuerzo para contar con proveedores que cumplan con una especificación adecuada en relación a la distribución del tamaño de partícula y que la mantengan. Después de este esfuerzo, hoy podemos asegurar que ofrecemos arena sílica nacional que compite con las mejores de cualquier país.

Calidad de los medios granulares para filtración

- Pureza química

Table 1 Specific gravity and acid-solubility levels for filter media

Filter Media	Characteristics	
	Specific Gravity	Acid Solubility (%)
Anthracite	>1.4	<5
Silica sand	>2.5	<5
High-density sand	>3.8	<5

- Distribución de tamaño de partícula (tamaño efectivo de partícula y coeficiente de uniformidad o rango)
- Ausencia de materiales ajenos al medio granular

Los medios granulares que contempla la norma B100-16 son: antracita, arena sílica y arena de alta densidad, como es el granate (*garnet*).

La antracita y el granate son importados, cuentan con el certificado NSF/ANSI 61 y cumplen en todos los sentidos.

Medios granulares que contempla la norma B100-16



Antracita 1.5 (10x20)

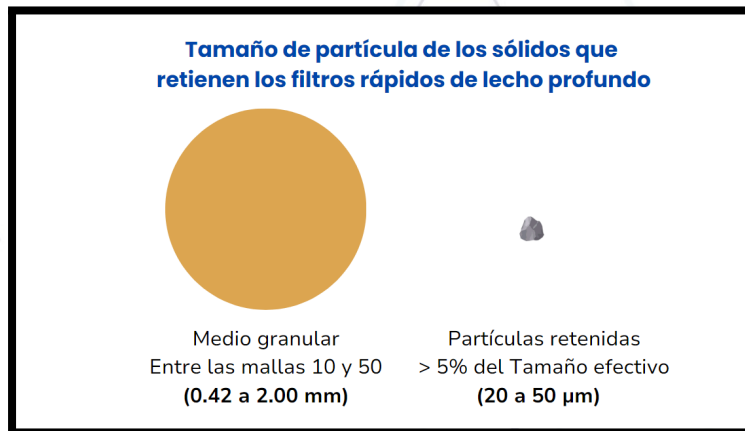
Arena sílica 16 x 35

Granate 30 x 40

Granate 8 x 12
(como cama de soporte)

Se pueden hacer lechos de filtración duales con arena sílica 16 x 35 (en la parte inferior) y antracita del 1.5 (10 x 20) en la parte superior. O lechos triples, con granate 30 x 40 debajo de la arena y soportado por granate 8 x 12. Estos tres medios filtrantes, con el rango de tamaño

de partícula mencionado, se expanden con la misma velocidad de flujo. Si se aplican en otros rangos de tamaño de partícula, alguno de ellos no expandirá y en poco tiempo la cama filtrante habrá quedado colmatada.



Un medio granular de los que contempla la norma B100-16 retiene partículas mayores al 5% del tamaño efectivo de partícula del propio medio granular. Ya que los medios granulares que se utilizan suelen tener una distribución de tamaño de entre las mallas 10 y 50, retienen partículas mayores a 20 a 50 μm .

¿Cuándo es recomendable usar un filtro rápido de lecho profundo?

Cuando hay que retener partículas mayores a 20 μm (¿quizás mayores a 5 μm ?)

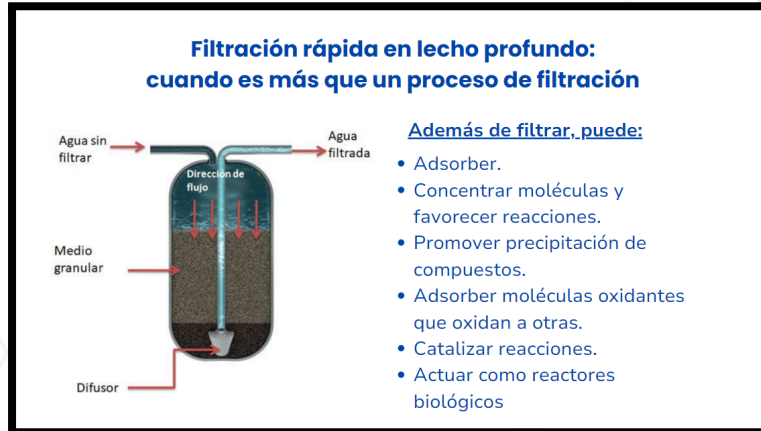
Cuando la concentración de sólidos suspendidos a retener es alta, por lo que vale la pena un filtro que pueda retrolavarse (masa de partículas > 0.01% de la masa de agua).

Cuando se busca una calidad de filtrado que no lo dan otros tipos de filtros.

El comentario entre paréntesis “¿quizás mayores a 5 μm ?” se debe a que los proveedores de zeolita mencionan que estas retienen partículas mayores a 5 μm . No lo hemos constatado, aunque puede ser que sí, considerando que la zeolita es porosa y es más rugosa que la arena.

Una regla heurística menciona que los filtros de cartucho son competitivos cuando la concentración de partículas a retener es mayor al 1% en masa respecto al líquido a filtrar.

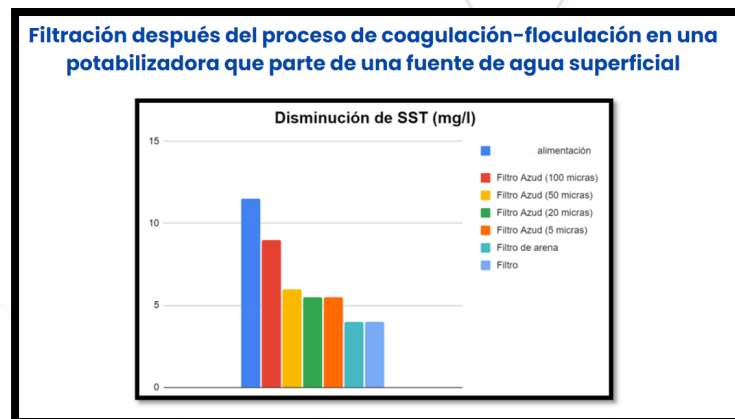
En cuanto al último comentario, en la siguiente imagen mencionaremos mecanismos que la mayoría desconoce que ocurren en los filtros de lecho profundo.



Hay poco conocimiento sobre el hecho de que un filtro rápido de lecho profundo puede realizar funciones adicionales a las de filtrar. La bibliografía especializada sobre filtración rápida en lecho profundo toca este punto, aunque poco y como un apéndice. Aunque la principal función de un filtro rápido de lecho profundo es filtrar, los otros mecanismos pueden llegar a ser muy importantes, como se muestra en un ejemplo que veremos más adelante.

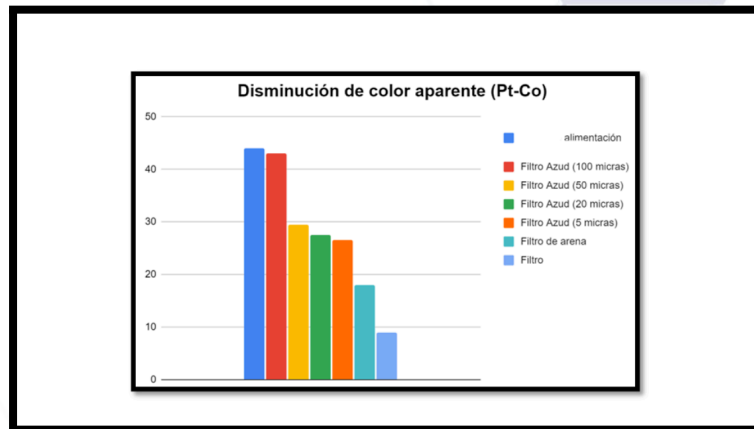
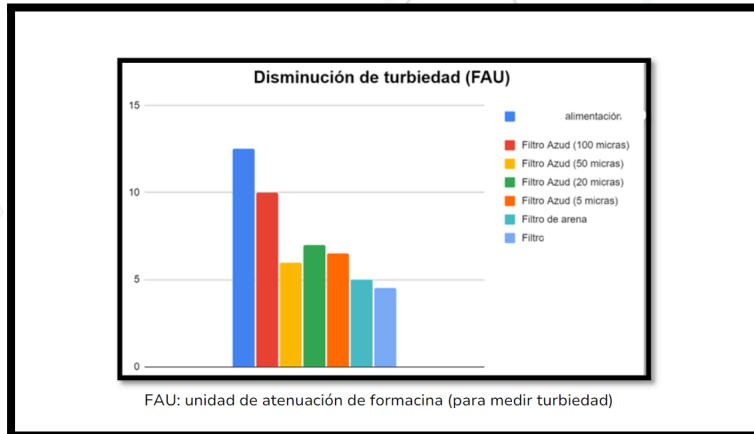


Los filtros de discos van a realizar una importante disrupción en la filtración de agua. Ahorran entre el 95% y el 99% del agua de retrolavados. No se utilizan más porque los seres humanos nos resistimos a los cambios culturales. Es la misma razón por la que muchos cambios avanzan con lentitud.

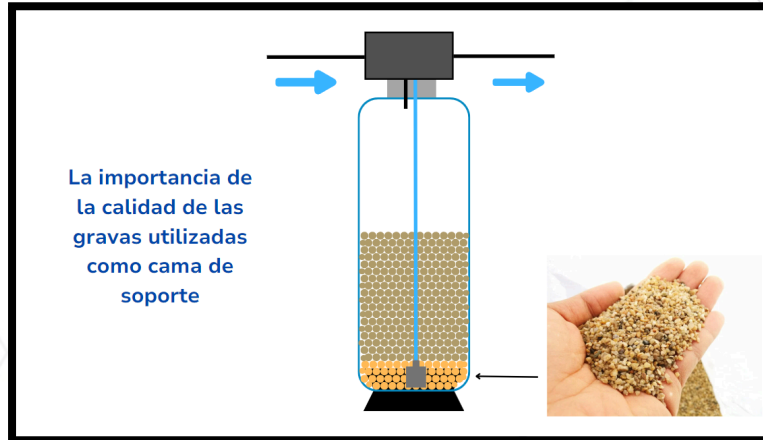


Estos son los resultados comparativos entre filtración en discos y filtración en lecho profundo de arena sílica en una planta potabilizadora que parte de una fuente de agua superficial. La filtración se llevó a

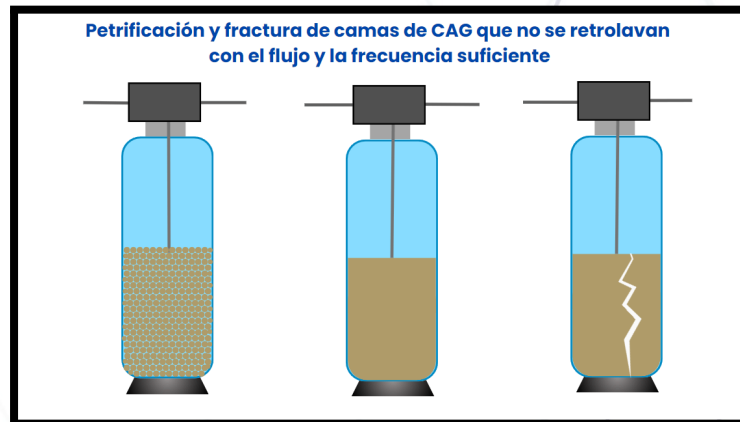
cabo después del proceso de coagulación-floculación. Se puede observar que tanto los sólidos suspendidos totales como la turbiedad y el color disminuyen más en los filtros de arena que en filtros de discos de 5 µm.



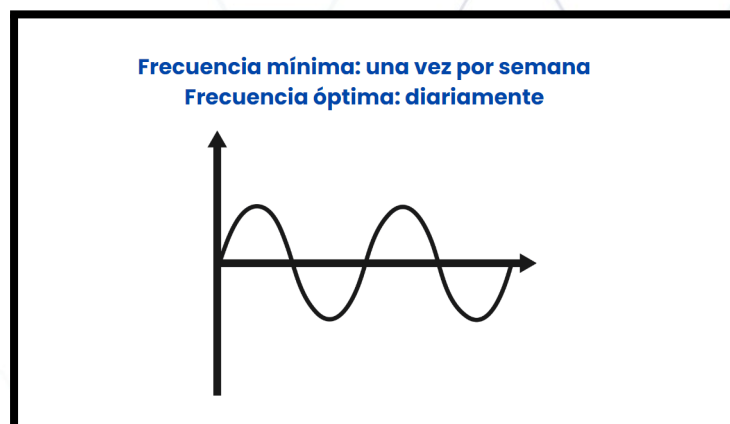
Los detalles de un filtro de lecho profundo, como el distribuidor inferior y las toberas, son esenciales.



También lo son las gravas de soporte. En México, los proveedores ofrecen gravas de muy buena calidad química, redondas y libres de sólidos, aunque no hemos encontrado un proveedor comprometido con la producción de gravas con la distribución de tamaño adecuado y libres de finos. Por lo tanto, ofrecemos gravas importadas que cumplen con lo que señala la norma B100-16.



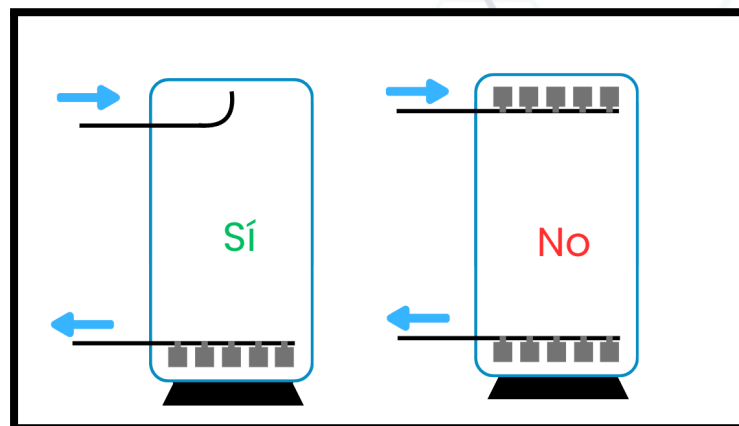
Como es el caso de todos los medios granulares, es fundamental retrolavarlos adecuadamente para evitar la petrificación y la posterior canalización del flujo.



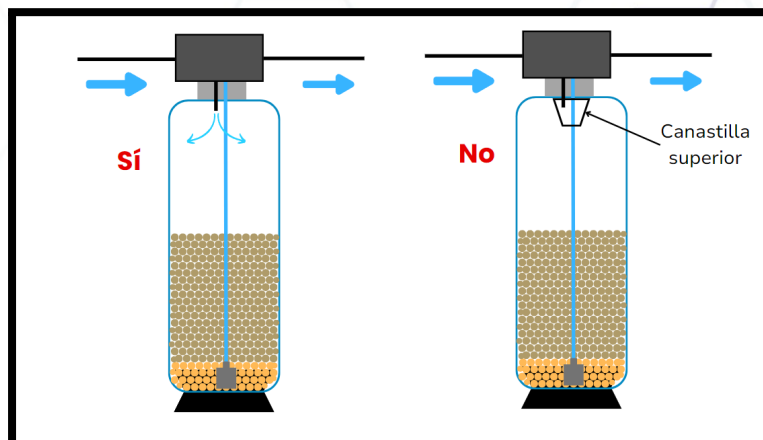
Los retrolavados deben llevarse a cabo con una frecuencia que impida que partes de la cama se vayan petrificando.



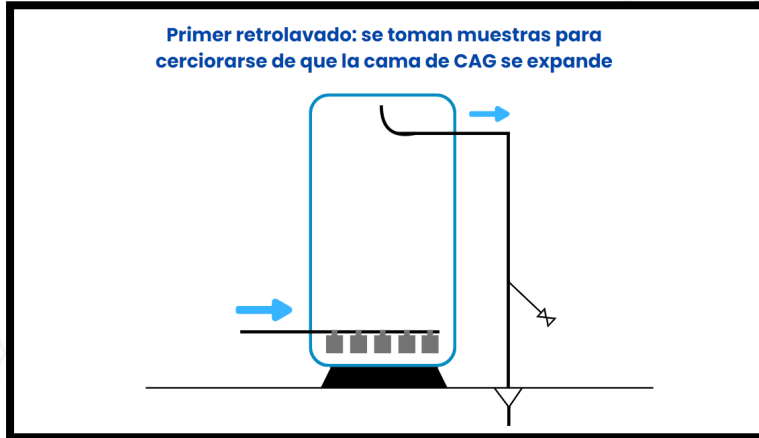
Hay que retrolavar con la velocidad de flujo que logre la expansión de la cama del medio granular.



Por ningún motivo deben colocarse toberas en la parte superior del filtro.



En el caso de recipientes compuestos, no debe colocarse la canastilla superior.



En el primer retrolavado y cuando la temperatura del agua a filtrar varíe más de 5°C (debido a los cambios de estación), hay que cerciorarse de que la cama del medio granular se expande.



Cuando se logra expandir la cama al retrolavar, el retrolavado ha terminado su función cuando el agua sale con las mismas características con las que entra (sin turbiedad y sin arrastrar sólidos). Retrolavar durante más tiempo, solo ocasiona desperdicio de agua.

Gracias por su atención

Tel. + 52 33 3834-0906
ventas@carbotecnia.com.mx

Carbotecnia
PURIFICACIÓN AVANZADA