


Los problemas operativos que enfrenta el carbón activado granular en tratamiento de agua

Ing. Germán Grosó Cruzado
23 abril de 2024




Carbotecnia
PURIFICACION AVANZADA

Atención a clientes



Este grupo de jóvenes compañeros, profesionales en las áreas de química, bioquímica, biología e ingeniería son quienes día a día dan acompañamiento a aquellos de ustedes que lo requieren, y llevan el seguimiento a sus proyectos.

Equipo de mercadotecnia



Y hoy quiero presentarles al equipo de mercadotecnia. Hacen un trabajo formidable, que se refleja en la página de Carbotecnia y en la presencia de la empresa en redes sociales. A la cabeza de este equipo está Raúl Pérez, que está cumpliendo 20 años como parte del equipo de Carbotecnia y quien ha hecho la mayoría de las imágenes de los webinars que estamos impartiendo.



**Cuando el carbón activado perfecto en el laboratorio
resulta no serlo en la práctica**

G. Groso Cruzado

Ponencia presentada en AMEXCarb2017

Presentamos este trabajo en la convención bianual organizada por la Asociación Mexicana de Carbono en 2017, llevada a cabo en el IPICYT, San Luis Potosí. El contenido se encuentra en la página de Carbotecnia. Fue bien acogido en el sector de la investigación ya que hace conciencia de lo importante que resulta el conocimiento de la ingeniería para aplicar el carbón activado correctamente. Este es el enfoque del presente webinar.

RECIPIENTE (A PRESIÓN) (ADSORBEDOR, PURIFICADOR, DECLORADOR)

(No es FILTRO puesto que
su función primordial no es retener sólidos)

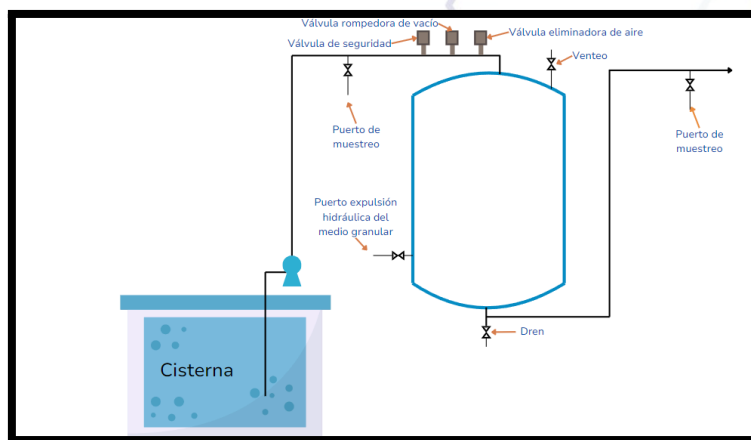
Si el recipiente es de acero al carbón, requiere un recubrimiento epóxico sanitario interior en buen estado (el carbón acelera la corrosión)



Recipientes *composite*, gran innovación de los noventa (P op máx: 150 psi /T op máx: 65°C)

Si el recipiente es de acero al carbón, debe tener un recubrimiento epóxico sanitario interior en buen estado y sin puntos de oxidación. El carbón acelera la oxidación del acero al carbón en contacto con agua. Los recipientes *composite* son una creación de finales del siglo pasado; cuentan con un recubrimiento interior en polietileno, que es un polímero muy estable. Estos recipientes no resisten temperaturas de operación mayores a 65°C. Carbotecnia ofrece los recipientes *composite* de mayor calidad en el mercado; se producen con robots.

ACCESORIOS EXTERNOS



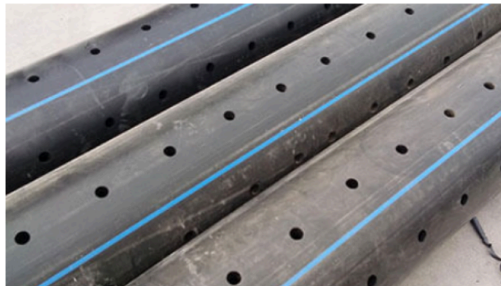
Accesorios externos típicos que requiere un adsorbedor de CAG.



La válvula de seguridad (o liberadora de presión) es necesaria cuando la bomba que alimenta el agua puede alcanzar una presión cercana a la máxima presión de trabajo del recipiente. Si el recipiente es de *composite*, la válvula rompedora de vacío es necesaria cuando el nivel del agua alimentada al recipiente está más de 1.90 m por debajo del nivel del recipiente (ya que puede generar un vacío de 140 mm de Hg, que es el máximo que resisten estos recipientes). La válvula eliminadora se requiere siempre, aunque puede sustituirse por una válvula manual.

ACCESORIOS INTERNOS

Distribuidor inferior



Tubería ranurada (se usa poco actualmente)

La tubería ranurada que se aplica como distribuidor inferior, se usa poco actualmente.

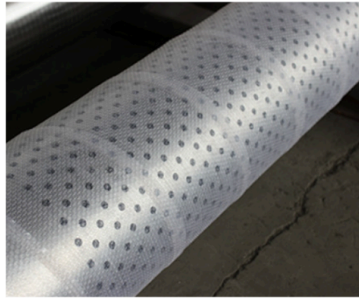
Toberas microrranuradas



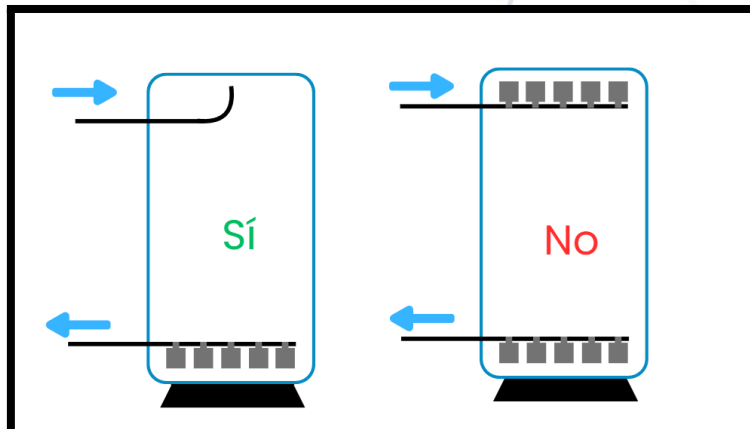
Otra gran innovación de los años noventa (la ranura que más se utiliza tiene una abertura de entre 0.18 y 0.20 mm (puede retener partículas mayores a la malla 40)

Las toberas microrranuradas fueron una innovación muy importante de los años noventa. Han sustituido a la tubería perforada. Se fabrican en acero inoxidable y en materiales plásticos, como ABS. La abertura más común de su ranura es de entre 0.18 y 0.20 mm. El mínimo diámetro de partícula que puede retener una tobera es del doble de su abertura. Por lo tanto, una ranura de 0.20 mm puede retener partículas de 0.40 mm o mayores (la malla 40 corresponde a 0.42 mm).

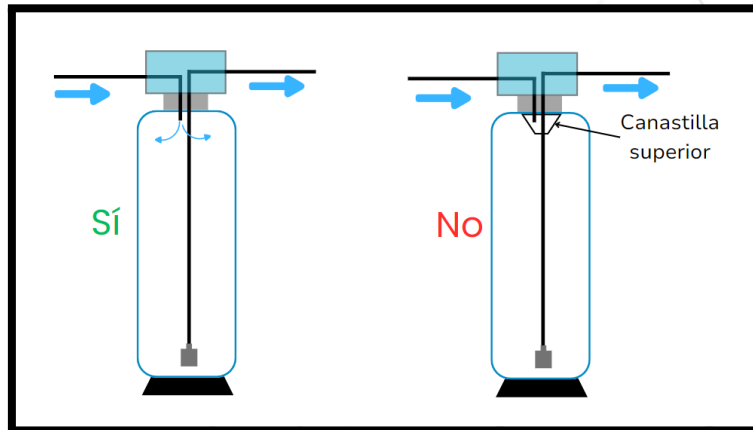
Tubo distribuidor inferior perforado, envuelto en una malla (suele fallar a menos de que se utilice una malla de buena especificación que se aplique bien)



Algunos usuarios construyen el distribuidor inferior con tubería perforada que envuelven en una malla. En Carbotecnia, no hemos tenido buena experiencia con clientes que utilizan este método, ya que suelen utilizar mallas de no muy buena especificación, que se aplican sin una técnica uniforme (quizás le dan dos o tres vueltas a la malla que envuelve al tubo). Como resultado, quedan partículas atrapadas entre el tubo y la malla lo que ocasiona que el sistema inferior termine colmatándose.

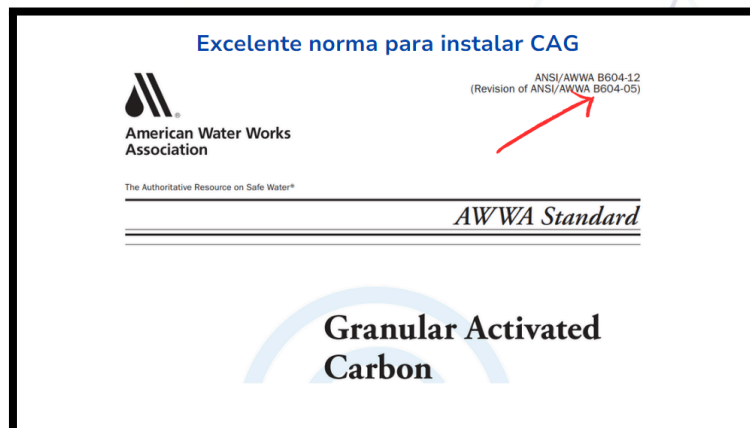


No deben colocarse toberas o mallas en el tubo distribuidor superior teniendo como objeto impedir que el CAG (o el medio granular que se vaya a utilizar) se pierda durante el retrolavado. Estas toberas o mallas: (a) se tapan muy fácilmente con sólidos suspendidos presentes en el agua o en el líquido a tratar; (b) Impiden que salgan partículas que hay que expulsar al retrolavar (partículas fracturadas del medio granular o lodo que se va formando en el medio granular) y nos impiden cerciorarnos de que el medio granular se expande al retrolavar.



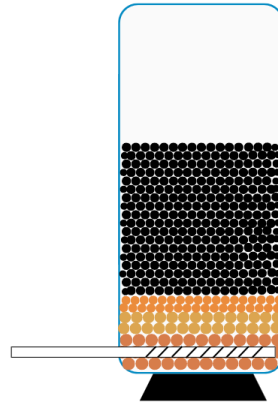
Por los mismos motivos, no deben instalarse las canastillas superiores que incluyen algunos recipientes *composite*.

INSTALACIÓN DE LA CAMA DE SOPORTE Y DE LA CAMA DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR

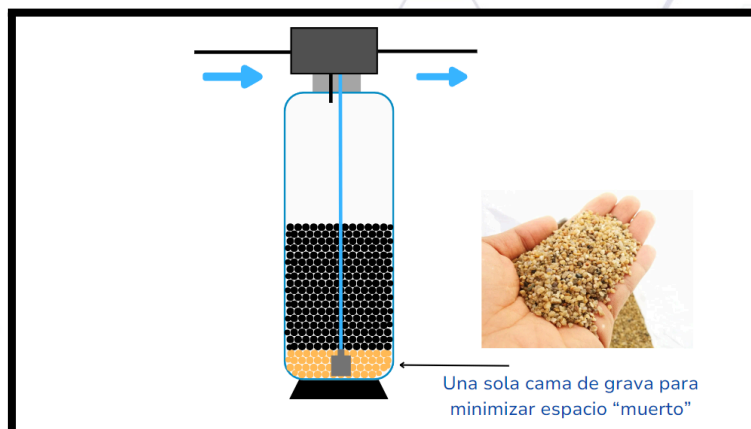


La norma ANSI/AWWA B604-12 está a la venta en la página de la AWWA. Es muy útil y vale la pena seguirla.

Distribuidor inferior
fabricado en
tubería perforada.
Requiere camas de
grava para
sostener la cama
de CAG



La norma anterior (ANSI/AWWA B604-12), al hacer alusión a las camas de soporte del CAG, hace referencia a otra norma, la ANSI/AWWA B100-16 *Granular Filtering Material*, que describe la manera correcta de elegir e instalar camas de grava. A principios de los noventa, los tubos distribuidores inferiores se barrenaban con broca y los orificios solían tener un diámetro de entre $\frac{1}{4}$ " y $\frac{3}{4}$ ". Para soportar el CAG (u otro medio granular), era necesario colocar camas de grava que empezaban por tamaños grandes en la parte inferior y que iban disminuyendo de tamaño hasta que eran suficientemente pequeños para soportar al medio granular, sin que este se colara hacia el fondo del recipiente.

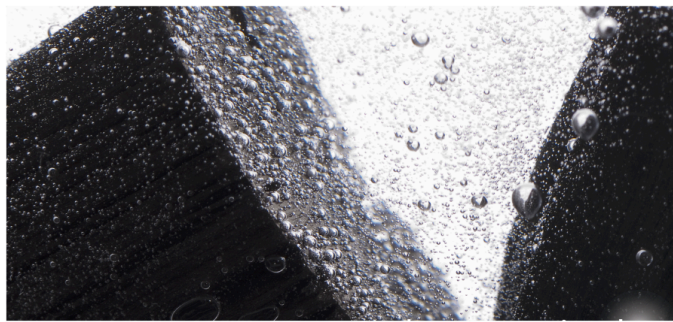


Aunque estas toberas pueden soportar de manera directa a la mayoría de los medios granulares, es común instalar solamente una cama de gravilla (de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " o de $\frac{1}{8}$ " x $\frac{1}{16}$ ") que cubra al distribuidor inferior, aunque no con el fin de que actúa como cama de soporte, sino de que disminuya el espacio "muerto" que queda por debajo de las toberas.



El carbón activado recién desempacado adsorbe preferentemente oxígeno (respecto a nitrógeno) y disminuye su concentración en espacios cerrados. Esto puede provocar asfixia cuando una persona instala el CAG dentro de un recipiente poco ventilado. Es MUY IMPORTANTE tener esto en cuenta.

Tiempo que tarda el agua en inundar completamente los poros del CAG



Antes de retrolavar y de poner en operación una cama de CAG, es indispensable lograr que el agua inunde completamente sus poros.

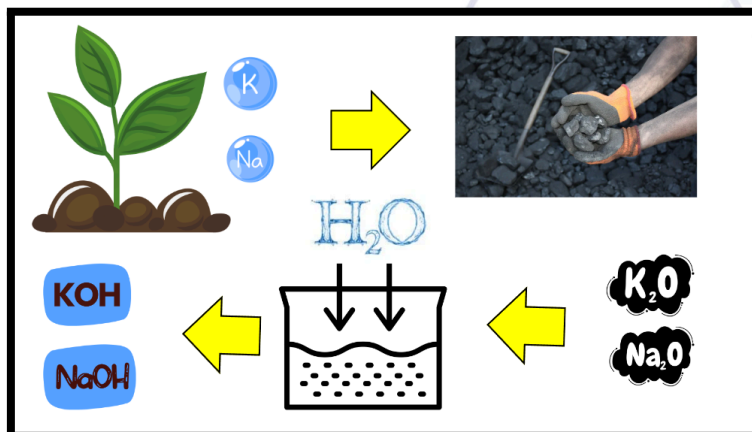
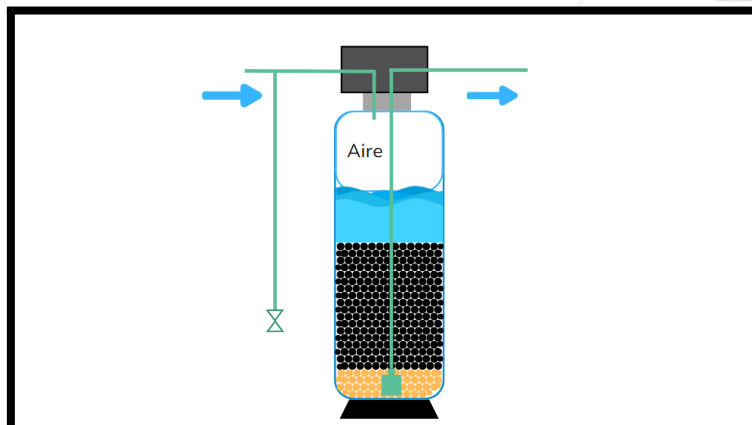
Viscosidad dinámica del agua

Temperatura (°C)	Viscosidad Dinámica (centipoises)
0	1.792
5	1.519
10	1.308
15	1.139
20	1.002
25	0.890
30	0.797
35	0.719
40	0.653
45	0.596
50	0.546
55	0.502
60	0.463

20°C ----> 72 h

45°C ----> 10 min

Si el agua se encuentra a 20°C, el proceso se lleva alrededor de 72 horas. Cuando no hay tiempo suficiente, la inundación puede lograrse alternando la operación de la cama de CAG en flujo de servicio y de retrolavado, con flujo de retrolavado muy bajo (si no es muy bajo, el aire contenido en los poros del carbón provoca que el agua arrastre los gránulos hacia afuera del recipiente). Si se cuenta con agua caliente, la inundación de los poros se lleva a cabo con enorme rapidez.

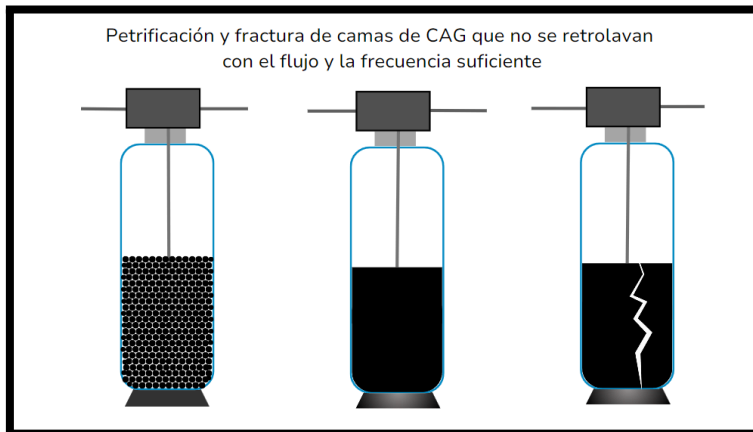


Un carbón virgen activado térmicamente (que es el que más se utiliza en tratamiento de agua) desprende hidróxidos de manera natural, lo que aumenta el pH del agua entre 2 y 3 unidades de pH. Si se quiere acelerar el proceso de extracción de estos hidróxidos, se puede inundar la cama de CAG en una solución acidificada con un ácido inorgánico, como fosfórico o clorhídrico. El usuario debe buscar la manera de introducir dicha solución al adsorbedor.



El aroma (a huevo podrido) se elimina inundando la cama de CAG en una solución de ácido clorhídrico (al 2-5%). El ácido clorhídrico provoca que el sulfuro se disuelva en el agua y que con rapidez se desprenda como sulfuro de hidrógeno (H_2S). El H_2S es un compuesto de alta toxicidad pero la cantidad que se va a desprender no es alta.

RETROLAVADO DE LA CAMA DE CAG

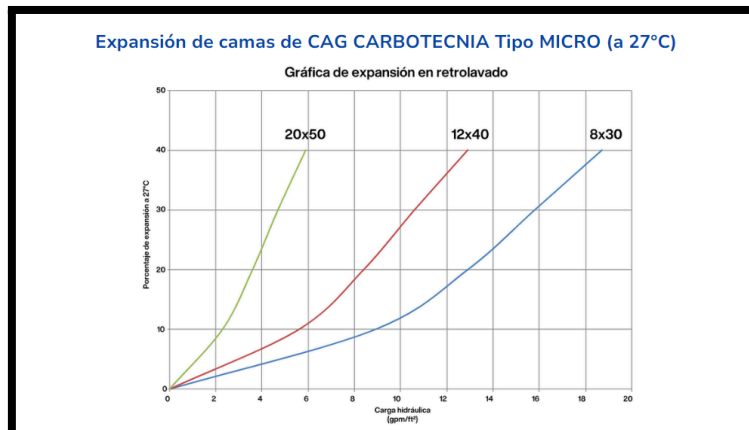


Cuando una cama de cualquier medio granular, como el CAG, no se retrolava con el flujo de agua suficiente para expandir y con la frecuencia suficiente, poco a poco los gránulos se pegan entre sí, la cama “se petrifica”, luego se fractura, el flujo se canaliza y el agua deja de circular entre los gránulos del medio. Como consecuencia, “aparentemente”, el medio ha dejado de realizar su función. Cuando no hay conciencia de la canalización del flujo, el usuario cree que el medio debe cambiarse.

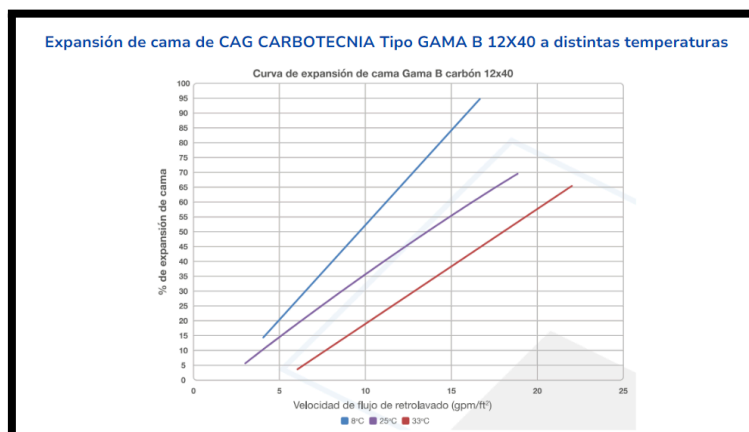


Estadísticamente, más del 60% de los adsorbedores de CAG que utilizan los seres humanos no se retrolavan con flujo o con la frecuencia suficiente. Ante esta realidad, podemos decir que la operación de mantenimiento más importante en adsorbedores de CAG es el retrolavado con el flujo adecuado para lograr una expansión de la cama de al

menos 30%, y con la frecuencia adecuada para que las partículas de CAG no se peguen entre sí.

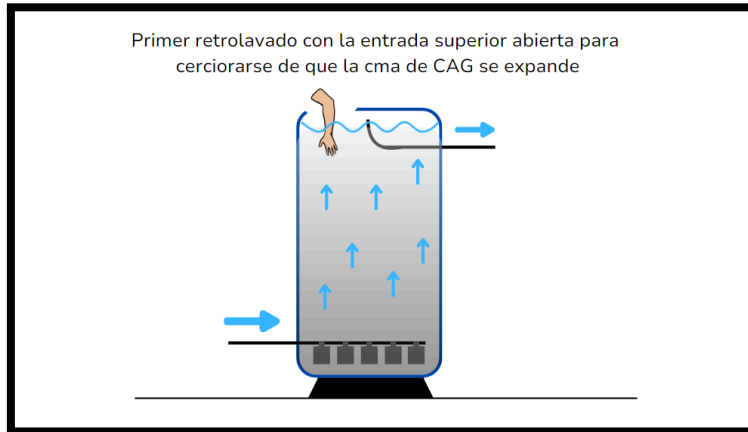


Las fichas técnicas de los carbones activados granulares suelen reportar gráficas de expansión de cama al retrolavar. La gráfica anterior corresponde a carbones granulares de concha de coco que se retrolavan a 27°C. Se observa que un CAG formado por partículas menores, se expande con una menor carga hidráulica. Para calcular el flujo de retrolavado requerido, se multiplica la carga hidráulica (gpm/ft²) que corresponde al porcentaje de expansión deseada, por el área de sección transversal del recipiente que contiene al CAG.

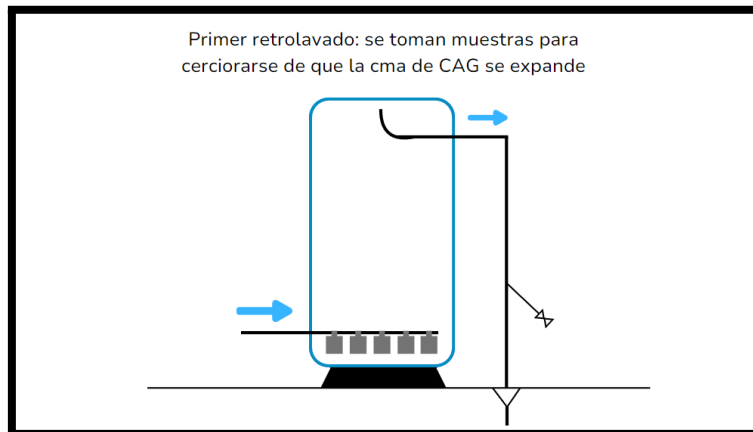


La gráfica anterior muestra el porcentaje de expansión de un carbón activado granular bituminoso 12x40 a distintas temperaturas. Se observa que mientras menor es la temperatura del agua, la cama de CAG se expande más. En países que se encuentran fuera de los trópicos, el cambio de temperatura del agua a lo largo del año es grande, y es necesario adecuar el flujo de retrolavado en cada estación, para lograr el porcentaje de expansión deseada (30%). En países que están dentro de los trópicos (como el caso de México), basta con adecuar el flujo de retrolavado dos veces al año.

Estas gráficas permiten estimar el flujo requerido para expandir la cama un determinado porcentaje. No obstante, siempre existe cierta diferencia entre el flujo estimado por las gráficas y el valor real. Esto se debe a que los distintos lotes de CAG pueden tener diferencias granulométricas.



Retrolavar con la entrada superior abierta no es una “mexicanada”. Es un método que utilizan muchas empresas internacionales para las que el agua es una materia prima fundamental. Con este método, se cercioran de que la cama de CAG se expande en un porcentaje adecuado. Al conocer el flujo con el que se logró dicha expansión, los siguientes retrolavados los llevan a cabo con el recipiente cerrado.

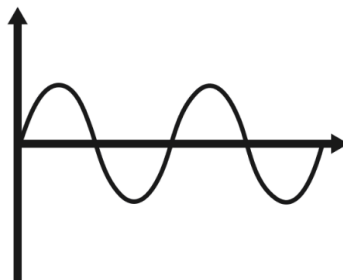


También podemos cerciorarnos de que la cama de CAG se expande, tomando muestras del agua que sale del adsorbedor. Aumentar poco a poco el flujo de retrolavado, hasta que empiezan a salir gránulos de CAG. En este punto, disminuir poco a poco el flujo de retrolavado hasta que dejan de salir gránulos de carbón. Registrar el flujo final y retrolavar con el mismo subsecuentemente.

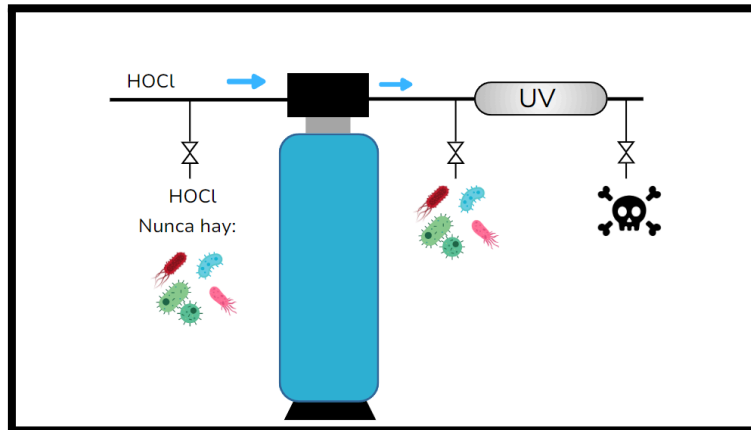


Cuando tenemos la certeza de que la cama de CAG se expande al retro lavar, el retro lavado ha cumplido su función cuando el agua que sale del mismo tiene la misma apariencia (contenido de sólidos suspendidos, turbiedad) que el agua que entra.

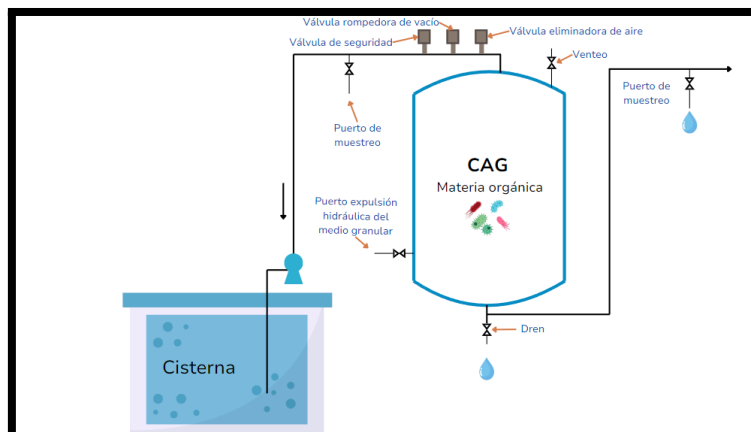
Frecuencia mínima: una vez por semana
Frecuencia óptima: diariamente



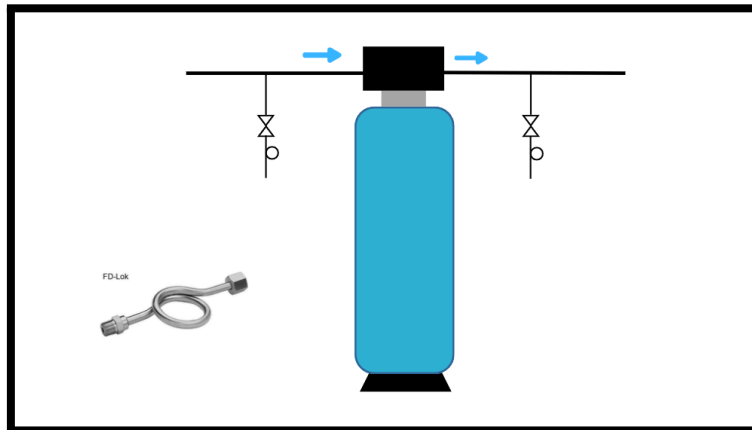
DESINFECCIÓN DE LA CAMA DE CAG



Si aplicamos el CAG en potabilización, es necesario hacer análisis bacteriológicos en el agua tratada por el carbón. El muestreo debe realizarse antes de la aplicación de cualquier equipo de desinfección (como luz UV, ozono o membrana de ultrafiltración). El CAG puede convertirse en una cama de desarrollo bacteriano, ya que el carbón adsorbe materia orgánica. Las bacterias llegan a la cama de CAG por la tubería de descarga, que no tiene cloro libre.



Las bacterias ingresan en momentos de contrapresión (por ejemplo, si el nivel del agua que se bombea hacia el adsorbedor está a un nivel inferior, y si al detenerse la bomba falla la válvula check). Si la diferencia de niveles es cercana o mayor a dos metros, y no se cuenta con válvula rompedora de vacío, un recipiente de *composite* puede colapsar (hacia el interior).



Para disminuir lo más posible la reinfeción, hay que eliminar toda gotera en la tubería de descarga del adsorbedor (por ejemplo, en las válvulas para toma de muestras) y hay que mantener limpia el área en la que se encuentra el adsorbedor. También ayuda instalar colas de cochino en las válvulas de muestreo. En estas se queda un sello de agua que dificulta el ingreso de bacterias al sistema en caso de contrapresión.

Desinfección mediante agente oxidante
Inundar la cama de CAG en una solución de dióxido de cloro a una concentración de entre 3 y 30 mg/L durante una hora. Enjuagar.

El dióxido de cloro es el único oxidante que no reacciona con el carbón activado aunque sí inactiva microorganismos.

Compuesto	Potencial de oxidación (voltios)
Ion hidróxido (OH ⁻)	2.80
Ozono	2.07
Peróxido de hidrógeno	1.78
Ion clorito	1.57
Ácido hipocloroso (el denominado "cloro libre")	1.49
Cloro molecular	1.36
Dióxido de cloro	0.95

No reacciona con el CAG debido a su bajo potencial de oxidación. No obstante, cuando encuentra un protón (como ocurre en algunos aminoácidos que forman parte de la mayoría de los microorganismos) ejerce su función oxidativa y es capaz de recibir cuatro electrones (lo que ningún otro oxidante es capaz de recibir).



Para aplicar la desinfección con vapor de agua, además de requerir de una caldera, es necesario que el adsorbedor y todos sus internos sean de acero. Para desinfectar en una solución ácida (pH menor a 4), el adsorbedor y sus internos no pueden ser de acero al carbón. Para desinfectar en una solución básica (pH mayor a 11), no hay problema con los materiales del adsorbedor y de sus accesorios; el problema con esta forma de desinfección es que se requiere mucha agua para enjuagar.

AGOTAMIENTO PREMATURO DEL CAG EN AGUA DE TENDENCIA INCRUSTANTE

AGOTAMIENTO PREMATURO DEL CAG EN AGUA DE TENDENCIA INCRUSTANTE

Índice de Langelier

$$IL = pH - pH_s$$

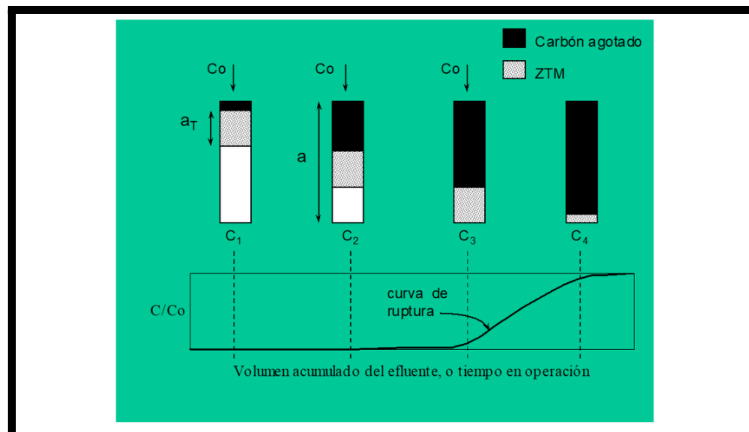
$\left\{ \begin{array}{l} IL > 0 \text{ Incrustante} \\ IL = 0 \text{ Neutro} \\ IL < 0 \text{ Corrosivo} \end{array} \right.$



Altos valores de pH, dureza total y alcalinidad total aumentan la tendencia incrustante de un agua. Por el contrario, valores bajos de estas variables, aumentan su tendencia corrosiva. Un alto valor de sólidos disueltos totales aumenta la fuerza incrustante o corrosiva que definen las primeras tres variables mencionadas. Al CAG no le afecta un agua con

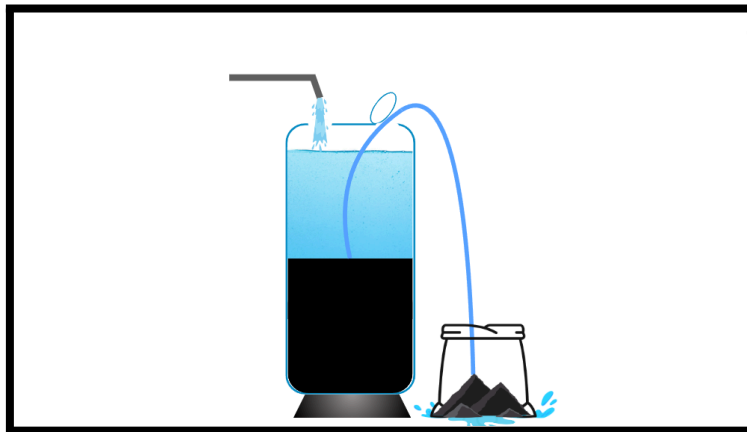
tendencia corrosiva, pero sí una con tendencia incrustante, porque ocasiona depósitos (principalmente carbonatos de calcio) en las paredes del carbón, lo que lo agota prematuramente. Hay varios métodos para disminuir la tendencia incrustante del agua, aunque habría que valorar si conviene disminuirla o si es más conveniente cambiar el CAG con mayor frecuencia.

DETECCIÓN DEL PUNTO DE RUPTURA DE UNA CAMA DE CAG



El punto de ruptura no es el punto en que una cama de CAG se satura. Es cuando esta deja pasar el compuesto que debe retener, en una concentración que pasa de un límite máximo permitido por el usuario. Tener como referencia la concentración de cloro libre residual, no considera que el CAG se utiliza no solamente para decolorar, sino para retener compuestos orgánicos. Vale la pena buscar una variable que refleje la presencia de compuestos orgánicos que no deberían superar cierta concentración en el agua tratada.

TRANSPORTE HIDRÁULICO DEL CAG HACIA AFUERA DEL RECIPIENTE



Se puede retirar el medio granular de un recipiente mediante un sifón como el que se muestra en la imagen. La parte de la manguera que queda dentro del recipiente, debe mantenerse al nivel de la superficie de la cama de CAG (que va descendiendo). El carbón se recibe en costales o en un tanque que permita que el agua salga. Durante el proceso, debe mantenerse el nivel de agua en la parte superior del recipiente ya que dicha agua es el “motor” que hace que los gránulos de carbón salgan por el sifón.

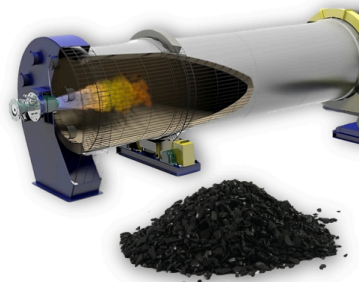
DISPOSICIÓN O REACTIVACIÓN DEL CARBÓN AGOTADO

REACTIVACIÓN DEL CARBÓN GRANULAR



Beneficios:

- Logramos la recuperación original del CAG.
- Evitamos la disposición como residuo de manejo especial.
- Precio menor que un carbón virgen.
- Se pierdede alrededor del 10% del CAG en todo el ciclo de regeneración.



Gracias por su atención

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

Carbotecnia
PURIFICACIÓN AVANZADA