

WEBINAR EN VIVO

REACTIVACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO (AGOTADO)



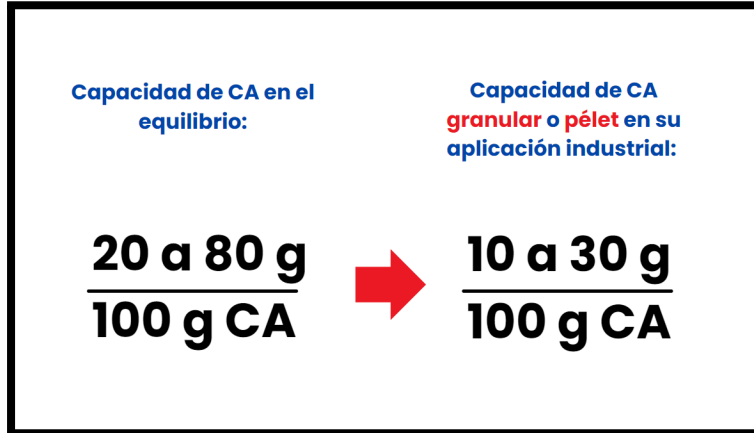
Presentado por: **Germán Grosó**

Martes, 10 Sep. 2024.

Equipo de atención a clientes



En Carbotecnia tenemos plena conciencia de que nuestro quehacer tiene como objeto asistirlos a ustedes con sus proyectos. Consideramos que el equipo de atención a clientes tiene el privilegio de tratar directamente con ustedes. Son la voz de ustedes en la empresa y tienen el mando. Todas las mañanas iniciamos con una reunión en la que este equipo busca asegurarse de que cumplamos con nuestra tarea y que contemplemos los asuntos de última hora. Otras empresas que se dedican a la purificación de agua y de otros fluidos, también son bienvenidos en estos webinars. Algunos son proveedores, clientes o solamente competidores. De todos hemos aprendido y, como comunidad técnica, vamos siendo mejores. Es tanto lo que tenemos que hacer para atender a usuarios finales que, aun sin ponernos de acuerdo, colaboramos.

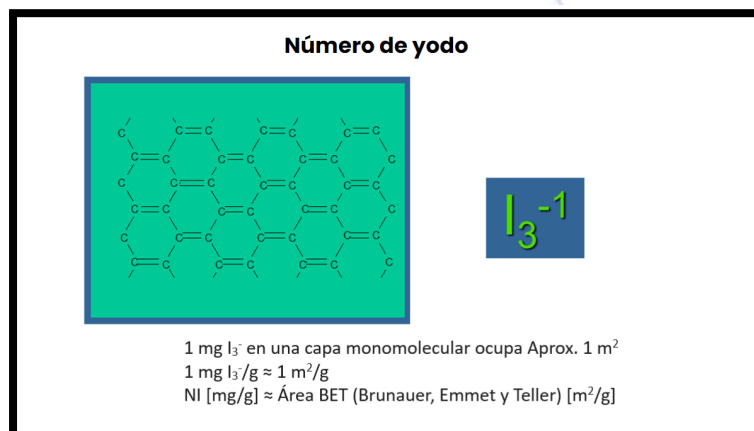


La capacidad de un carbón activado depende de diversos factores:

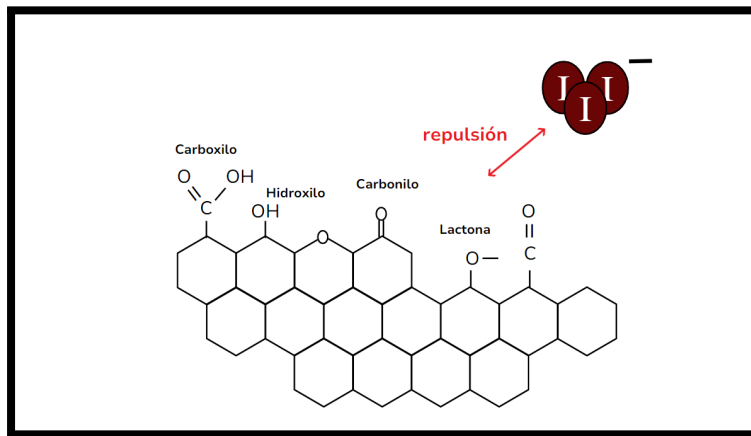
- Propiedades del carbón (distribución de tamaño de poro y química superficial).
- Propiedades y concentración de las moléculas disueltas que buscamos adsorber.
- Propiedades y concentración de otras moléculas disueltas adsorbibles.
- Propiedades fisicoquímicas de fluido a tratar (gas o líquido) y presencia de compuestos disueltos no adsorbibles.
- Presencia de sólidos coloidales y suspendidos.
- Temperatura del fluido.

En términos estadísticos, un carbón activado suele tener una capacidad de adsorción en el equilibrio (cuando el carbón llega a la saturación) de entre 20 y 80 de del adsorbato que buscamos retener por cada 100 g de carbón que utilizamos.

Cuando aplicamos el carbón en forma granular o pélet, además de los factores mencionados, interviene la dinámica de fluidos y la cinética que no depende de lo que ocurre dentro de los poros. Cuando no se cuenta con varias columnas conectadas en serie (lo que es casi siempre), hay que cambiar el carbón cuando se alcanza el punto de ruptura: aquél en el que la concentración del adsorbato (o adsorbatos) que buscamos retener supera cierta concentración en el efluente del fluido tratado. Cuando este ocurre, normalmente, el carbón ha retenido entre 10 y 30 g del adsorbato que buscamos retener. En la práctica, el tiempo en el que habrá que cambiar el CAG o el pélet puede ir desde minutos hasta años.

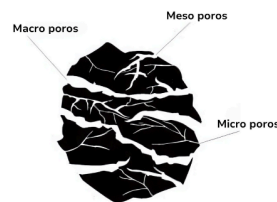


En cada doble ligadura de las placas gráficas que conforman a un carbón activado, existe una carga positiva de baja fuerza que adsorbe iónicamente a un ion triyoduro, cuya carga es negativa y también de baja fuerza. Cuando se pone en contacto carbón activado y una solución de ion triyoduro, este se adsorbe iónicamente en las placas gráficas en una capa monomolecular. Por otro lado, el ion triyoduro cabe en los poros más pequeños del carbón activado (los microporos). Entonces, la cantidad de ion triyoduro que adsorbe (iónicamente) un carbón activado, es proporcional a su área superficial. Y, más aún, un mg de ion triyoduro en una capa monomolecular ocupa cerca de 1 m^2 . Por lo tanto, el número de yodo de un carbón activado, en términos de mg de ion triyoduro adsorbidos por g de carbón activado, debería ser numéricamente muy similar al área superficial BET de un carbón activado, en términos de m^2/g . (Nota: el área BET se mide por adsorción de nitrógeno). Para medir el número de yodo solo se requieren reactivos relativamente económicos y equipo de cristalería. Para medir Área BET, se requiere un equipo costoso. Por lo tanto, en el ramo industrial, se utiliza mucho el número de yodo para valorar carbones activados.



El problema del número de yodo es que los óxidos que se pueden formar en las aristas de las placas gráficas, y que son comunes, repelen al ion triyoduro. Entonces, mientras más oxidado se encuentra un carbón activado, su número de yodo es menor que su área superficial. Los carbones activados pueden contener óxidos desde su fabricación, o pueden adquirirlos en la operación. Por esta razón, en el ámbito de la investigación científica no se utiliza el número de yodo como método para estimar el área de un carbón activado.

Tipos de **POROS** de acuerdo a su tamaño:



Diámetro

MICROPOROS

< 2 nm

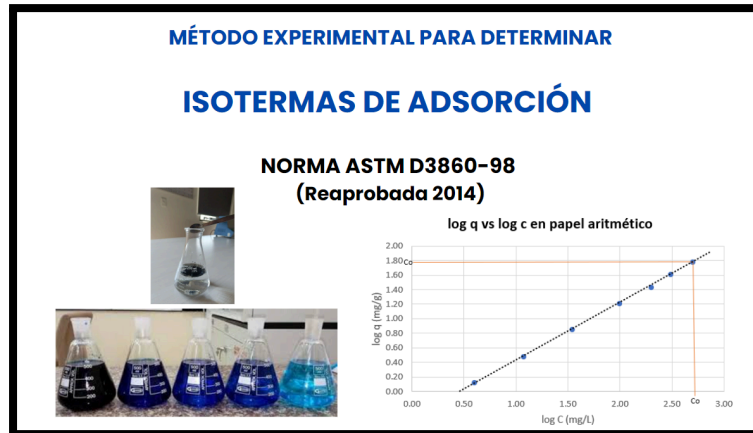
MESOPOROS

2 a 50 nm

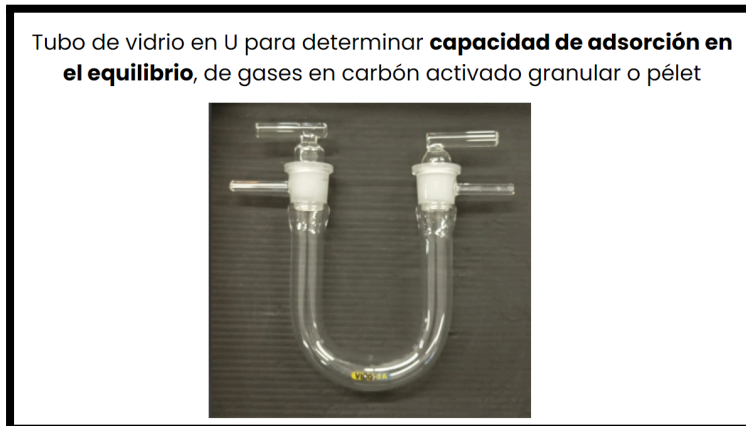
MACROPOROS

> 50 nm

Por otro lado, si las moléculas que nos interesa que adsorba un carbón activado son medianas o grandes, el área que proporcionan los poros pequeños (microporos) no es de utilidad. De todo esto, el número de yodo no siempre refleja la capacidad que puede tener un carbón activado y tampoco refleja el tiempo de vida útil que resta a un carbón activado que se encuentra en operación (sobre todo cuando el agua contiene oxidantes, como cloro libre, ozono, peróxido de hidrógeno u otro).



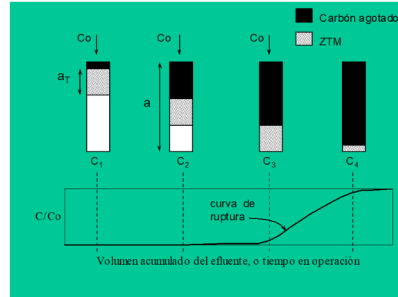
Para aplicaciones en fase líquida, la máxima capacidad de adsorción de un carbón activado se puede determinar mediante una isoterma de adsorción. Abordamos este tema en un webinar el 21 de mayo de 2024.



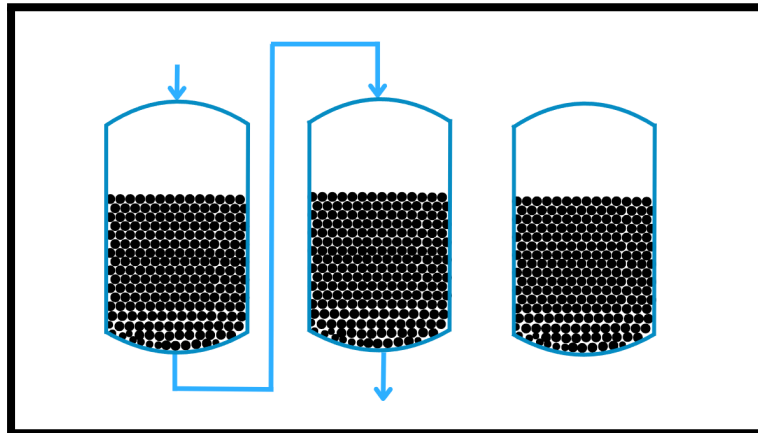
Para aplicaciones en fase gas, la máxima capacidad de un carbón activado se puede determinar mediante una columna de vidrio en la que se coloca una determinada cantidad de carbón activado, y por la que se hace pasar el gas que queremos adsorber a determinada concentración en otro gas no adsorbible (por ejemplo: acetona en aire), hasta que no aumenta más el peso de la columna.

Pruebas dinámicas (en columna)

Diámetro > 2" (para evitar distorsión de resultados por efectos de pared)



La mejor manera de conocer la capacidad de un carbón activado que se aplicará en forma granular (CAG) o pélet es mediante pruebas dinámicas, en una columna de diámetro igual o mayor a 2" y con el fluido que se va a tratar industrialmente. Hay que registrar la concentración del compuesto que queremos retener, junto con el volumen total de fluido tratado en distintos tiempos. Al punto en el que el CAG o pélet deja de cumplir con lo que se espera de él, se le llama *punto de ruptura*. Y al carbón activado que ha llegado a dicho punto se le llama *carbón agotado* o *carbón activado agotado*.



Cuando se conectan en serie el número de columnas de carbón activado necesarias para que, cuando se alcanza el punto de ruptura después de la última, la primera columna se encuentre totalmente agotada, retirando únicamente el carbón agotado de la primera columna, este ha alcanzado toda su capacidad. En este caso, al desconectar la primera columna, se conecta otra al final que contiene carbón virgen o reactivado. El sistema se opera como un carrusel, en el que solamente se va cambiando el carbón de la primera columna de la serie. Esta forma de trabajar solamente se aplica cuando el consumo de carbón es alto y justifica la instalación de varias columnas conectadas en serie. Son muy pocos los casos en los que esta dinámica se aplica.

desechar y disponer



reactivar y reutilizar



Un carbón agotado puede: (a) desecharse y disponerse, o (b) reactivarse y reutilizarse.

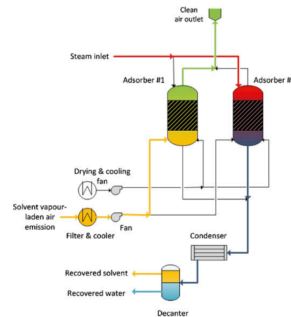
¿En qué consiste reactivar un carbón agotado?



Reactivar un carbón consiste en eliminar los compuestos retenidos en él, sin modificar las placas gráficas, de manera que se restablezca la capacidad de adsorción que tenía el carbón activado antes de usarse.

Reactivación *in situ*

Moléculas que desorben a una temperatura no mayor a 150°C.



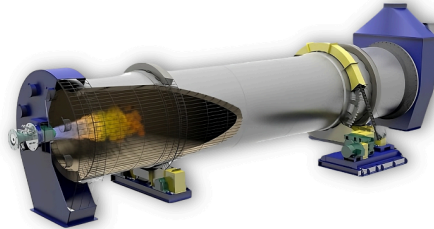
Se pueden reactivar un carbón *in situ* (sin retirar el carbón del equipo en el que se encuentra) cuando todos los compuestos adsorbidos desorben a una temperatura no superior a 150°C. La reactivación se lleva a cabo mediante vapor saturado. Podríamos calentar más el carbón activado, pero corremos el peligro de acercarnos a la temperatura de ignición del mismo (que suele ser cercano a los 250°C).

Puede reactivarse un carbón in situ con aire caliente, pero se prefiere usar vapor de agua para disminuir las posibilidades de ignición del carbón.

Reactivación térmica

(en el mismo tipo de horno en el que se activa)

Moléculas que desorben a más de 150°C y moléculas que no desorben (hay que pirolizarlas a 400°C y gasificarlas a 700°C)

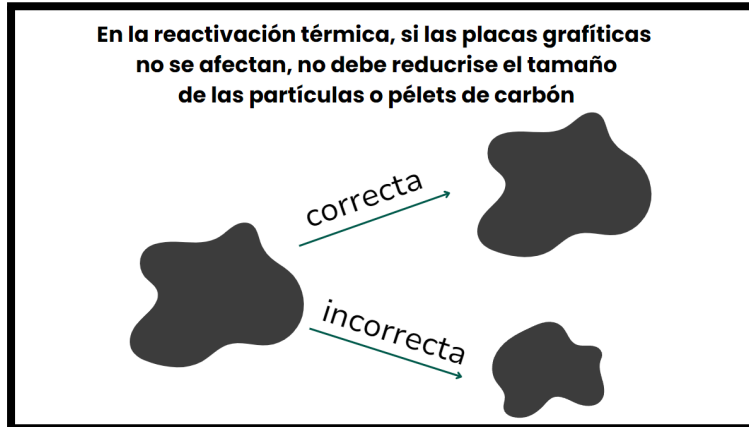


Cuando el carbón agotado ha adsorbido moléculas que desorben arriba de 150°C o moléculas que no desorben (porque no pueden pasar a fase gas), es necesario reactivar el carbón "térmicamente". Esta reactivación se lleva a cabo en hornos iguales a los utilizados para la activación. Por lo tanto, los fabricantes de carbón activado son quienes suelen ofrecer el servicio de reactivación térmica. En este tipo de reactivación, el carbón agotado se somete a temperaturas que alcanzan alrededor de 700°C. Las moléculas que no desorben (porque no pasan a fase vapor), al llegar a 350 o 400°C, pirolizan o combustionan y forman carbón amorfo. Conforme sigue aumentando la temperatura, el carbón amorfo reacciona con gases o vapores oxidantes (como CO_2 , O_2 o vapor de agua) y se convierte en CO_2 y más vapor de agua. Las placas gráficas que forman al carbón activado no reaccionan porque sus átomos están más estructurados y son menos reactivos.

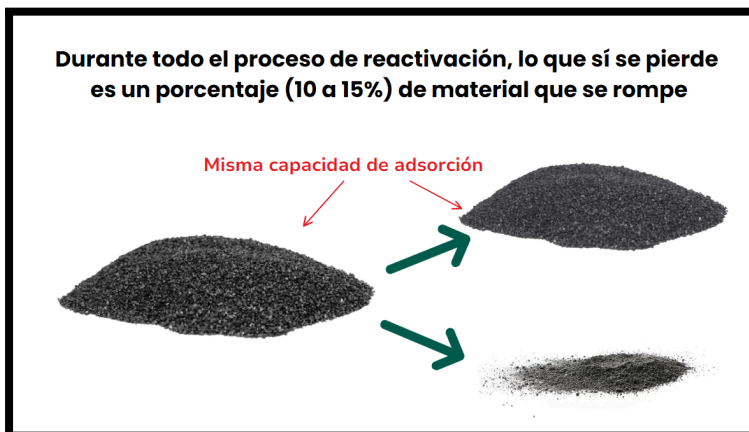
**En la reactivación térmica,
las placas gráficas no deben afectarse**



Si la temperatura, el tiempo de residencia en el horno o la presencia de gases y vapores oxidantes superan cierto valor en el proceso de reactivación, las placas gráficas empiezan a gasificarse y a reducirse de tamaño. Esto debe evitarse.

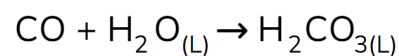
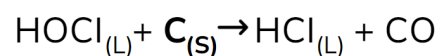


Si las placas gráficas se están gasificando en un proceso de reactivación, la densidad aparente del carbón reactivado será menor que la densidad aparente que tenía el carbón virgen. Por otro lado, el tamaño promedio de los gránulos que forman el CAG (o el tamaño de los pélets) disminuye. Como dijimos: esto debe evitarse.



Lo que sí se pierde es aquella parte de la masa del material que se rompe a lo largo de todo el proceso de reactivación, y que consta de: retirar el carbón del adsorbedor, transportarlo a la planta en la que se reactivará y reactivarlo. Por lo tanto, al final del proceso de reactivación, hay que cribar el carbón para separar los gránulos que se rompieron y que ya salen del rango de tamaño especificado.

Eliminación de cloro libre



Carbotecnia

Únicamente no pueden restablecerse totalmente las características de un CAG o pélet que, por su aplicación, haya participado en una reacción química. Esto se debe a que parte de la masa del carbón se pierde en la reacción. Tal es el caso del CAG que se utiliza para eliminar cloro libre residual en agua. El CAG puede reactivarse, pero los poros del carbón serán más grandes, su densidad aparente será menor y su resistencia mecánica será menor. Puede ser que estos carbones se pueden reactivar pocas veces y que sigan cumpliendo con las especificaciones requeridas.

El proceso de reactivación térmica no elimina compuestos inorgánicos que hayan precipitado en el carbón



Si compuestos inorgánicos precipitaron en la superficie del carbón activado, el proceso de reactivación térmica no los elimina; incluso, este proceso puede empeorar al carbón. Por ejemplo, puede provocar que el sílice se convierta en vidrio (más difícil de eliminar), o puede provocar que los carbonatos gasifiquen dentro de los poros y rompen paredes. Por lo tanto, será necesario disolverlos (normalmente en una solución ácida) antes de la reactivación térmica, en la que se eliminarán los compuestos orgánicos adsorbidos por el carbón.

¿Suele ser viable económicamente la reactivación de un CAG?

El costo de reactivar es entre

40 y 50%

inferior al costo de comprar un **CAG virgen**.

Esta disminución no considera el flete entre el usuario y el reactivador, ni el costo de disponer el carbón agotado como residuo de manejo especial.

Normalmente, todos los compuestos retenidos en el carbón son orgánicos y pueden eliminarse mediante el proceso de reactivación térmica que se lleva a cabo en los mismos hornos en los que se activa el carbón originalmente. Si este es el caso, el costo de reactivar suele ser entre 40 y 50% menor que el costo de un carbón virgen (ya que no se requiere materia prima y la reactivación se realiza a una temperatura menor que la activación). Esta disminución no está considerando el flete entre el usuario y el reactivador, ni el costo de disponer el carbón agotado como residuo de manejo especial.

¿Cuáles son los beneficios de reactivar el carbón para el cliente?



Los beneficios de reactivar el carbón son: disminución de costos, evitar la necesidad de gestionar la disposición del CAG agotado como residuo y colaborar con el medio ambiente.

¿En qué casos no es viable económicamente la reactivación de un CAG?



Cantidades pequeñas (< 1 m³).

Larga distancia entre el usuario y la planta de reactivación.

Se depositaron compuestos inorgánicos en el carbón y hay que considerar el costo de eliminarlos por disolución en un ácido.

Baja resistencia mecánica del carbón.

No es viable reactivar un carbón agotado cuando:

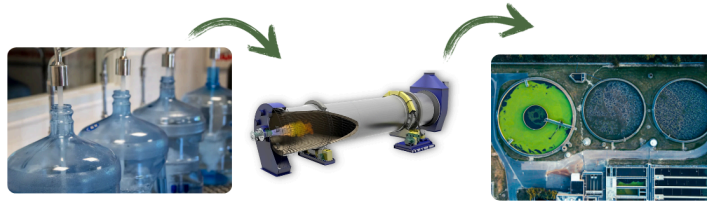
- La cantidad de CAG que se requiere reactivar es poca. Hay una cantidad mínima de carbón que reactivan las empresas. Carbotecnia reactiva lotes que superen 1 m³.
- La distancia entre el generador del CAG agotado y la planta de reactivación es mucha, ya que aumenta el costo del flete.
- Compuestos inorgánicos se depositaron en el carbón. En este caso, previo a la reactivación térmica, se requiere disolver los compuestos inorgánicos, típicamente en una solución ácida y ello tiene un costo que hay que evaluar.
- La resistencia mecánica del CAG no es suficiente. En este caso, aumenta la pérdida de CAG por rompimiento de partículas que llegan a un tamaño inferior al del rango especificado, y que deben desecharse en el cribado final del carbón reactivado.

¿Cuántas veces se puede reactivar un carbón?



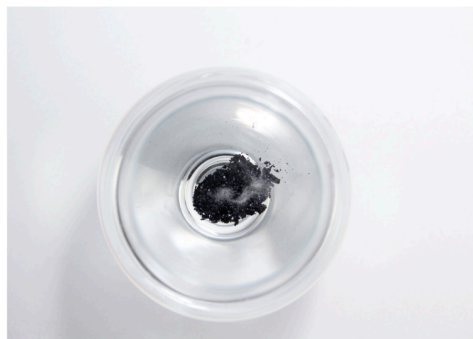
Si se reactiva adecuadamente un carbón, no existe un límite en el número de reactivaciones. De cualquier manera, como vimos, siempre se pierde parte del material en todos los pasos que hay que dar para reactivar un carbón (retirarlo del adsorbedor, transportarlo a la planta de reactivación y reactivarlo). Las pérdidas se sustituyen con CAG virgen. Si, por ejemplo, se pierde 10% del carbón en cada ciclo, después de 10 ciclos, todo el carbón original se habrá sustituido.

¿Es usual que se reactive un CAG y que se le dé un uso distinto al original?



¿Es usual que se reactive un CAG y que se le dé un uso distinto al original? Sí. El mismo usuario puede usar su carbón reactivado, por ejemplo, en aguas residuales. En economías desarrolladas, existe un mercado abierto de carbones reactivados. Algunas de las empresas más prestigias que producen carbón activado lo ofrecen.

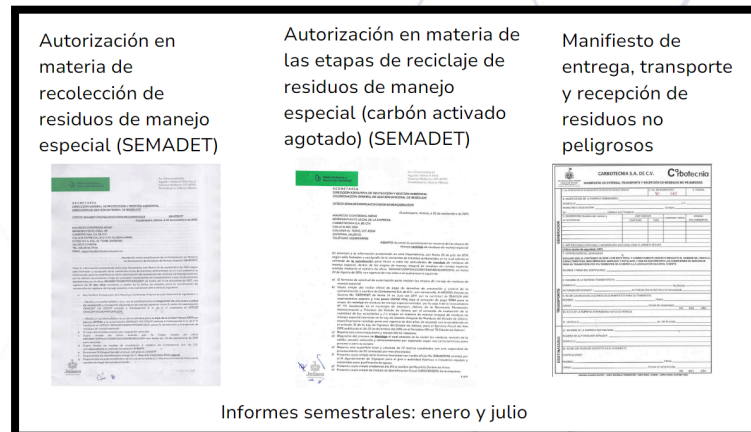
¿Se puede saber si un CAG es reactivado?



Si un CAG se utilizó originalmente en el tratamiento de agua o de una solución acuosa, se sabe que el CAG es reactivado porque ha perdido los compuestos solubles en agua, que están presentes en un carbón activado virgen. Una prueba rápida es la siguiente: se colocan 10 g de carbón activado base seca en 100 mL de agua desionizada. Se ponen en agitación y ebullición ligera durante media hora. Se deja enfriar el agua. Se filtra y se analizan los sólidos disueltos totales (por conductividad). Si estos no son cercanos a 1000 mg/L, lo más probable es que el carbón sea reactivado.



Un carbón activado en polvo puede reactivarse. Sin embargo, el proceso no suele ser rentable ya que el manejo de polvos muy finos es complicado y resulta costoso.



La empresa que reactiva térmicamente debe contar con la autorización en materia de las etapas de reciclaje de residuos de manejo especial (específicamente, el residuo “carbón activado agotado”). Lo mismo, la empresa que transporta el carbón agotado. La empresa que transporta y la que reactiva deben entregar al usuario un manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos por cada lote, y debe realizar los informes a las autoridades. En Carbotecnia contamos con las autorizaciones para transporte y reactivación de carbones activados agotados clasificados como “residuos de manejo especial”. Estas autorizaciones están tramitadas ante SEMADET, que es la autoridad estatal en materia de medio ambiente. No contamos con las autorizaciones para carbones clasificados como “residuos peligrosos”. Dichas autorizaciones se tramitan ante SEMARNAT, que es la autoridad federal.

Gracias por su atención

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

C^arbotecnia
PURIFICACIÓN AVANZADA