

CAPACITACIÓN EN VIVO

Impartido por:
GERMÁN GROSO
Experto en carbón activado

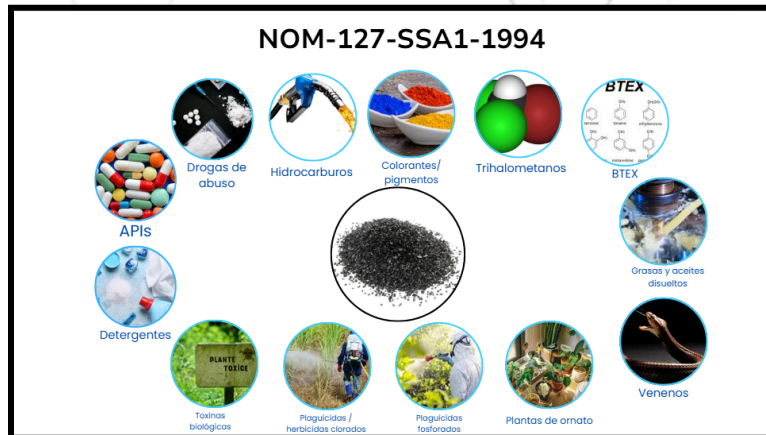


**CALIDAD QUE REQUIERE UN
CARBÓN ACTIVADO GRANULAR
PARA APLICARSE EN
POTABILIZACIÓN**

26 AGOSTO
10:00 AM

CELEBRAMOS
40
CAPACITACIONES

www.carbotecnia.info/webinars-registro



En México, la regulación formal de la calidad del agua para uso y consumo humano comenzó con la publicación de la **NOM-127-SSA1-1994**, que estableció por primera vez límites técnicos nacionales a cumplir por los sistemas de abastecimiento. Esta norma reconoció la **adsorción en carbón activado** como el método de tratamiento más general para retener los contaminantes orgánicos cuya concentración limitaba la norma. En segundo lugar, señalaba a la oxidación química.

**Agua procedente de
cuerpos naturales superficiales
(DQO entre 20 y 40 mg/L)**



De manera particular, en agua proveniente de cuerpos naturales superficiales, era necesario el carbón activado o la oxidación química (o la combinación de ambas) para cumplir con la norma.

Las aguas superficiales enfrentan de manera particular el embate de la contaminación que genera el ser humano (DQO → 60 mg/L o más)

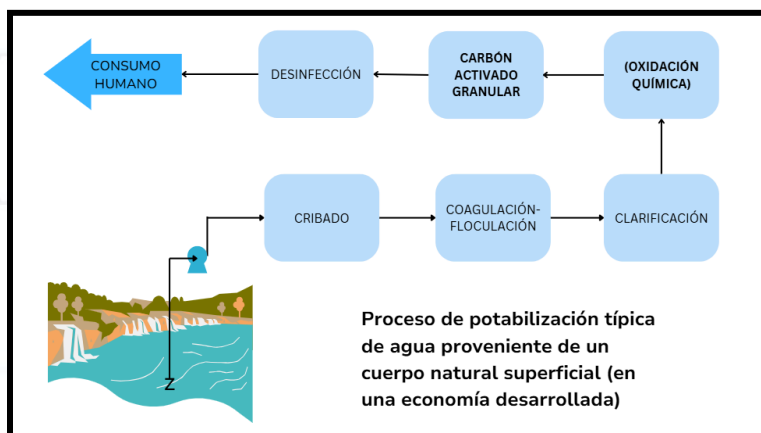


Sobre todo, por el hecho de que los cuerpos de agua superficiales con frecuencia reciben descargas de aguas residuales, que aumentan la carga orgánica.

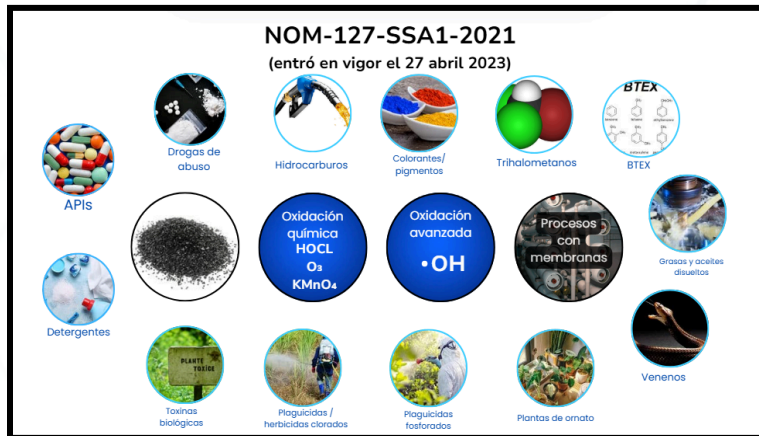


La sociedad mexicana tardó algunos años en hacer lo necesario para cumplir con la norma NOM-127-SSA1-1994. En 1997 publiqué este libro ya que el tema del carbón activado era como una caja negra, de la que pocos sabían.

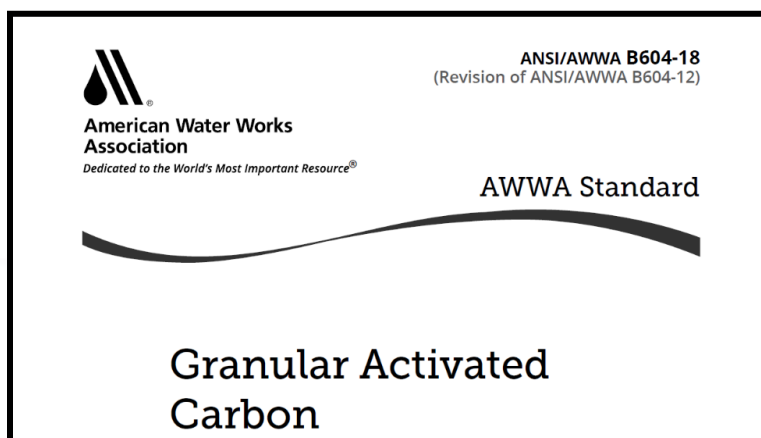
En un país como el nuestro en que el primer reto es el abastecimiento de agua a la población, la calidad de la misma pasa a segundo término, y muy pocos organismos operadores municipales de agua potable aplicaron alguna de estas tecnologías. Continuaron aplicando el proceso convencional que consiste en coagulación-floculación-clarificación-filtración y cloración.



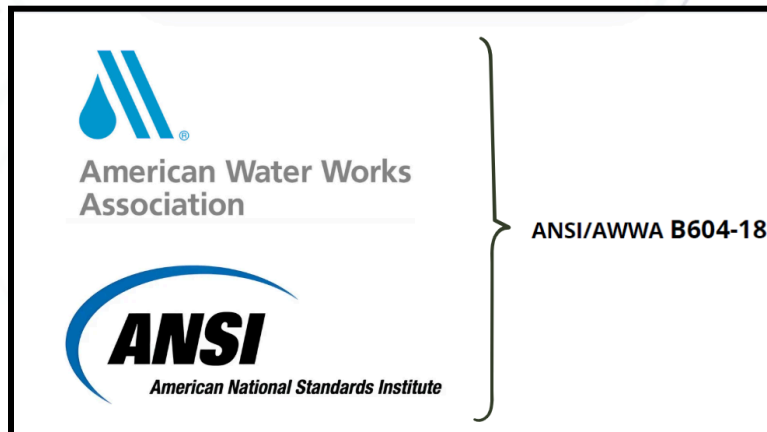
En las economías desarrolladas, el proceso más utilizado para retener compuestos orgánicos después de que el agua ha sido previamente tratada por el proceso convencional es carbón activado. El segundo es la oxidación química, muchas veces en combinación con carbón activado.



El 22 de noviembre de 2000, se publicó en el DOF una modificación formal a la norma anterior, pero no tuvo un efecto importante en los procesos de potabilización municipales. El 2 de mayo de 2022 se publicó en el DOF la NOM-127-SSA1-2021 y entró en vigor el 27 de abril de 2023. Esta es una modificación importante que ha provocado movimientos en autoridades, organismos operadores de agua potable y que hace pensar que es posible que en México se dé un paso importante en la mejora de la calidad del agua. Los cuatro métodos que más señala esta nueva versión de la norma para disminuir la concentración de compuestos orgánicos cuya concentración limita son: adsorción en carbón activado, oxidación química, oxidación avanzada y procesos con membranas.




El carbón activado puede aplicarse en potabilización, tanto en su forma granular como en polvo. En cuanto al carbón activado granular, en México, no existe una Norma Oficial Mexicana (NOM) ni una NMX que establezca parámetros de calidad para el carbón activado destinado a potabilización de agua. En Estados Unidos cuentan con el estándar ANSI/AWWA B604-18 *Granular Activated Carbon*. Es la versión más reciente y vigente.



AWWA (*American Water Works Association*) redacta los estándares técnicos en el sector del agua. ANSI (*American National Standards Institute*) los revisa y acredita, otorgándoles el estatus de “*American National Standard*” (ANS). Esto implica que cumplen con el proceso de desarrollo abierto y consensuado exigido por ANSI. Una vez acreditados, los estándares AWWA pueden citarse oficialmente, por ejemplo, como ANSI/AWWA B604-18.

Veremos qué dice ANSI/AWWA B604-18 sobre los mínimos requerimientos de calidad del carbón activado granular destinado a potabilización.

 Principales analitos que se evalúan en la certificación NSF/ANSI 61 (carbón activado granular)

Categoría	Analitos típicos evaluados
Metales pesados	Arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, antimonio, bario, berilio, cobre, níquel, plata, selenio, talio.
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	Benceno, tolueno, xileno, etilbenceno, cloroformo, trihalometanos, 1,2-dicloroetano, tetracloroetileno, tricloroetileno.
Compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC)	Fenoles, naftaleno, anilinas, ftalatos (ej. DEHP).
Compuestos específicos del material	Derivados del proceso de activación: posibles residuos de solventes, subproductos de activación química (ZnCl ₂ , H ₃ PO ₄ , KOH).
Parámetros generales	pH, turbidez, sólidos disueltos totales, carbono orgánico total (TOC).

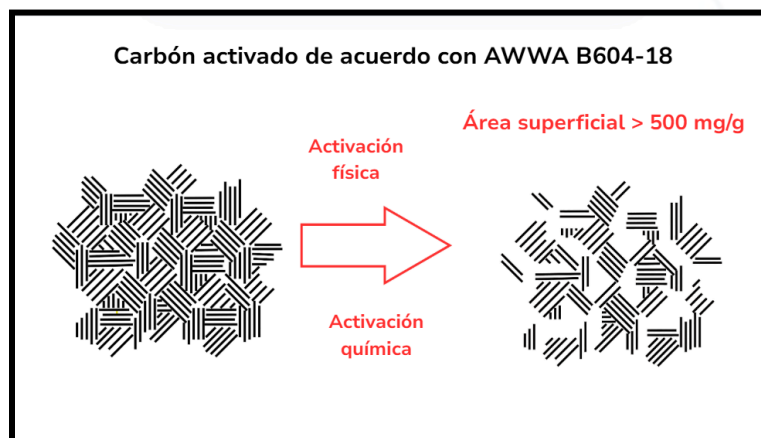
Vale la pena mencionar que, en Estados Unidos, las agencias locales tienen la autoridad para regular productos para uso en potabilización, y que puede elegir imponer requerimientos más estrictos. Unos pueden ser los de ANSI/NSF 61 *Drinking Water Treatment Components—Health Effects*. Otros pueden ser los de ANSI/NSF 60 *Drinking Water Treatment Chemicals—Health Effects*.

Comparativo FCC vs WCC sobre Carbón Activado

Aspecto	Food Chemicals Codex (FCC)	Water Chemicals Codex (WCC)
Parámetros principales	<ul style="list-style-type: none"> - Valor de yodo ≥ 400 - Metales pesados (Pb $\leq 0.004\%$) - Cianuros: pasa prueba - Hidrocarburos aromáticos: pasa prueba - Extractables en agua $\leq 4\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> - Arsénico ≤ 30 mg/kg - Cromo ≤ 30 mg/kg - Plomo ≤ 30 mg/kg - Mercurio ≤ 1 mg/kg - Plata ≤ 30 mg/kg

Pueden ser los de Food Chemicals Codex o Water Chemicals Codex.

Carbón activado de acuerdo con AWWA B604-18



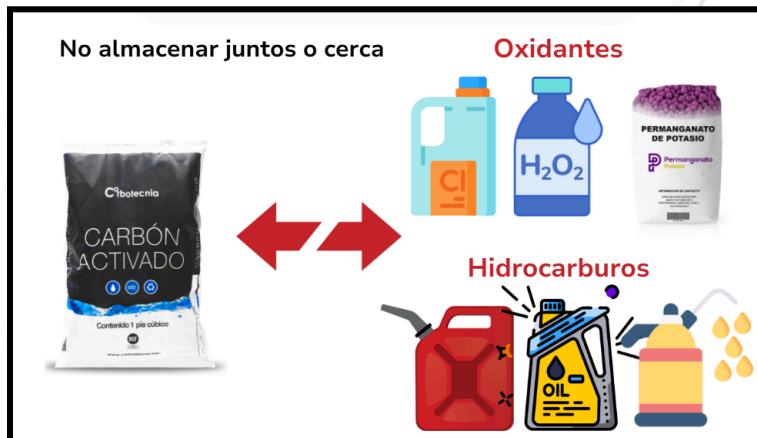
El estándar aplica a carbón activado granular virgen. Define al carbón activado como una forma de grafito crudo que se produce por oxidación controlada para desarrollar una estructura porosa con un área superficial mayor a 500 m²/g. Durante la activación, las materias primas (principalmente concha de coco, turba, carbón bituminoso y lignito) se hacen reaccionar en presencia de vapor de agua a alta temperatura o en presencia de químicos activantes a temperatura moderada.

Carbón activado húmedo → Atmósfera deficiente en oxígeno (espacios cerrados)



Una precaución sobre el almacenamiento y manejo de carbón activado radica en el hecho de que cuando este material está húmedo puede adsorber y consumir oxígeno del aire en espacios cerrados, lo que genera una atmósfera deficiente en oxígeno y el subsecuente riesgo de asfixia. Este fenómeno ocurre porque en el carbón húmedo, el agua en los poros

facilita reacciones químicas superficiales que consumen oxígeno, además de la adsorción física. Entonces, nunca se debe entrar a silos, tanques o cuartos con carbón húmedo sin monitorear oxígeno y aplicar medidas de seguridad para espacios confinados.




Otra precaución sobre almacenamiento de carbón activado: no debe almacenarse carbón activado junto a oxidantes fuertes, como cloro, hipocloritos, permanganato de potasio o de sodio, ozono y peróxido. Tampoco debe almacenarse junto a hidrocarburos (como aceites, gasolina, diesel, grasas, thinner, etc.) ya que puede ocurrir combustión espontánea. El fuego se puede apagar con neblina de agua o con extinguidores de espuma.



Otra precaución: debe usarse equipo de protección respiratoria cuando se maneja o cuando se vacían bolsas o material a granel, debido al polvo que se emite. De cualquier manera, vale la pena mencionar dos hechos. Uno es que el carbón en general y el carbón activado en particular no causan daño específico cuando llegan a los alveolos. Otra es que la mayoría de las partículas que forman parte del carbón activado que se produce comercialmente son mayores a 10 µm. Estas quedan retenidas en las vías respiratorias superiores (nariz, faringe y tráquea). Las partículas de entre 1 y 10 µm se retienen en la fracción torácica y llegan a los bronquios. Son las partículas menores a 1 µm las que llegan a los alveolos pulmonares. Estas partículas constituyen el humo. En las pruebas de espirometría y radiografías de tórax que el IMSS ha aplicado al personal de Carbotecnia a lo largo de los años, se ha constatado que el carbón en polvo no ha causado daño en la capacidad respiratoria, aunque esto no significa que no deba usarse equipo de protección.

Cómo predecir la capacidad de adsorción del carbón activado

Pruebas con el agua a tratar



Índices

Número de yodo

[I-]

Valor de tanino

Oc1ccc(O)c(O)c1

Número de acetoxima

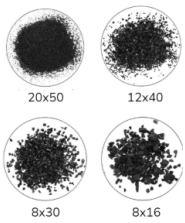
CC(=O)N

Capacidad de adsorción: lo mejor es probar con el agua que se va a tratar. Una alternativa que puede dar una idea, consiste en comparar índices de adsorción de algún compuesto específico, como el número de yodo, el valor de tanino (compuesto de alta masa molar, como la que corresponde a compuestos orgánicos de origen natural en aguas superficiales) o la prueba de adsorción de acetoxima (compuesto de baja masa molar que puede estar presente en agua de pozo profundo). Estas pruebas no necesariamente indican el desempeño que tendrá un carbón activado en una aplicación.

Distribución de tamaño de partícula

Rango de mallas
(tolerancia en gruesos y finos)

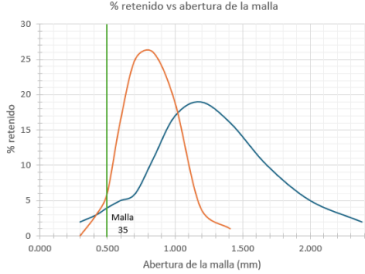
Entre la malla 8 y la 50
(0.297 y 2.38 mm)



20x50 12x40
8x30 8x16

Tamaño efectivo y
coeficiente de uniformidad

% retenido vs abertura de la malla

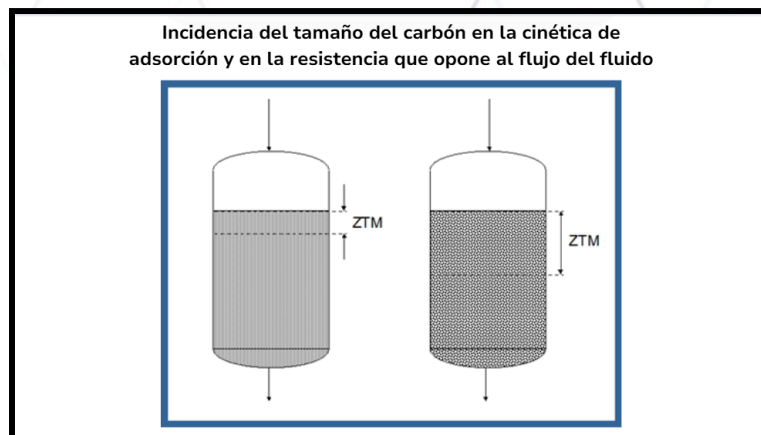


% retenido

Abertura de la malla (mm)

Malla 35

Los tamaños típicos de carbón activado granular suelen estar entre las mallas 8 y 50. Cuando el CAG se aplica para adsorber, es mejor un CU grande que lleve a la estratificación. No más grande de 2.1 ya que las partículas finas alcanzarían la velocidad de transporte antes de que las partículas grandes se expandieran. Si se aplicara para filtrar (lo que no es muy competitivo) sería mejor un CU más pequeño, ya que con este se tiene mayor capacidad de retención de sólidos suspendidos. En cuanto al tamaño del CAG, a menor tamaño, mayor caída de presión ocasionada en el agua y mayor cinética. También se puede especificar la distribución de tamaño de partícula de CAG mediante el rango de mallas en el que debe distribuirse, así como el máximo porcentaje de gruesos y finos. En el caso de carbón peletizado, se especifica el diámetro del mismo.



A menor tamaño de partícula, el CAG causa una mayor caída de presión en el líquido tratado, pero trabaja con mayor cinética (velocidad) y esto puede ser muy importante.

Resistencia a la abrasión	
Prueba por agitación	{ Madera Lignito
Prueba Ro-Tap (es distinta a ASTM D 3802 Ball-Pan Hardness of AC)	{ Carbón bituminoso Concha de coco

Resistencia a la abrasión: el CAG usado en potabilización se expone a una gama de fuerzas externas durante el manejo, instalación en el adsorbedor, retrolavados y reactivación. Debido a la dificultad en diseñar una prueba que simula las diversas condiciones a las que se someterá al carbón, la industria no ha acordado una prueba estándar que prediga la durabilidad del carbón activado. Dos pruebas se incluyen en este estándar: la prueba de abrasión en Ro-Tap (que se aplica a concha de coco y carbón bituminoso) y el ensayo de abrasión por agitación (que se aplica a lignito y madera).

Materia no humectable

(no se moja ni se hunde al entrar en contacto con agua)

- Partículas altamente grafiticas o aromáticas, con anillos de carbono condensados que repelen el agua.
- Partículas con resinas, alquitranes o productos de pirólisis parcialmente carbonizados que son muy hidrofóbicos.
- Polvo muy fino o fibras de carbón.

Materia no humectable: para que el carbón activado granular (CAG) sea eficaz como medio de filtración, las partículas de carbón deben humectarse y asentarse en un lecho filtrante. Debido a ciertos procesos de fabricación, una fracción del carbón activado puede no humectarse ni sumergirse por completo. Esto puede provocar pérdidas de carbón activado después de su colocación inicial en un filtro. Si las pérdidas son significativas, puede producirse un cambio en la distribución del tamaño de partícula, lo que puede conducir a un desempeño deficiente. Este estándar incluye un método de prueba para medir cuánto material logra humectarse y hundirse.

La importancia de una muestra representativa para el análisis de parámetros de calidad



Previo a analizar una muestra de CAG es importante considerar que debe ser representativa del lote cuya calidad deseamos conocer.

Parámetros de calidad mínimos que debe cumplir el CAG

PARÁMETRO	VALORES LÍMITE
Humedad (% máx.)	8
Densidad aparente (g/ml, mín.)	0.2
Distribución de tamaño de partícula:	
Gruesos (% máx.)	15
Finos (% máx.)	5
Tamaño efectivo (mm, rango)	0.23 a 2.00
Coefficiente de uniformidad (máx.)	2.1
Resistencia a la abrasión (cualquiera de las dos pruebas (% mín.))	70
Solubles en agua (% máx.)	4
Materia no humectable (% máx.)	5
Número de yodo (mg/g, mín.)	500

Impurezas en general:

El CAG no deberá contener sustancias en cantidades capaces de producir efectos perjudiciales o dañinos para la salud de quienes consuman agua que haya sido adecuadamente tratada con CAG.

Respecto a las impurezas, la certificación ANSI 61 busca que el carbón no contenga compuestos que se disuelvan en agua en una concentración que cause daños a la salud del consumidor.

No olvidar los límites que impone la precisión y el sesgo



Límite de repetibilidad (r)
Límite de reproducibilidad (R)

Recordar que deben considerarse estos límites para juzgar correctamente los resultados de análisis de calidad de un carbón activado que reportan dos laboratorios.

Otros puntos que trata el estándar AWWA B604-18

Instalación

Preparación para el servicio:

- Retrolavado
- Desinfección (no menciona el ClO_2).

Disposición apropiada

Gracias por su atención

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

