

Presentación del webinar:

## **CARBÓN ACTIVADO** EN EL TRATAMIENTO DE AIRE Y OTROS GASES

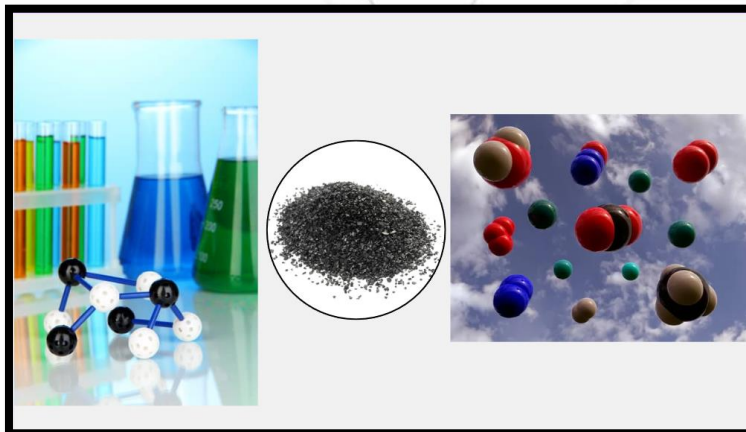
**Ing. Germán Groso Cruzado**  
**9 de abril de 2024**



**Carbotecnia**  
PURIFICACIÓN AVANZADA



El carbón activado nace con dicho apelativo en 1900. La protección respiratoria contra armas químicas mediante carbón activado durante la Primera Guerra Mundial, impulsa las aplicaciones de este, el adsorbente más importante para el ser humano hasta hoy en día.



Cuando hablamos de carbón activado, solemos hacer referencia a su aplicación en agua y soluciones acuosas, ya que esta es la más común. No obstante, encuentra aplicaciones en muy diversos fluidos, tanto líquidos como gases.

Moléculas que <b>adsorbe eficientemente</b> el carbón activado		
	Masa molar	Nombre
<chem>CCCCCCCC</chem>	100	n-hexano
<chem>CCCCC</chem>	72	n-pentano
<chem>C1CCCCC1C</chem>	98	metil ciclohexano
<chem>C1=CC=CC=C1C</chem>	98	tolueno
<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	78	benceno
<chem>CC(=O)C</chem>	58	acetona

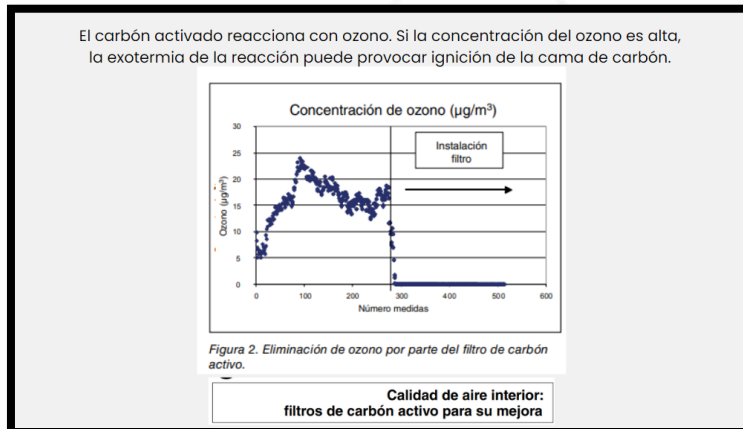
El carbón adsorbe preferencialmente las moléculas de mayor carácter covalente. Las uniones C-C o C-H son covalentes. Ya que estas son la base de las moléculas orgánicas, estas siempre tienen al menos cierto carácter covalente. Por esta razón, se dice que el carbón activado es un adsorbente de moléculas orgánicas. Uniones como C-O y C-S son iónicas. La presencia de este tipo de uniones disminuye el carácter covalente de una molécula orgánica, aunque no se lo elimina totalmente.

Moléculas que adsorbe el carbón activado y que <b>no retiene con eficiencia</b> porque son muy volátiles		
	Masa molar	Nombre
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	16	metano
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	30	etano
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	58	butano
O-O	32	óxígeno
N-N	28	nitrógeno
H-H	2	hidrógeno

Por otro lado, mientras mayor es la masa molar de una molécula, se adsorbe con mayor fuerza en las paredes del carbón activado. Cuando una molécula tiene un alto carácter covalente pero su masa molar es muy baja y su volatilidad es alta, el carbón no la adsorbe con eficiencia. Tal es el caso de las moléculas que aparecen en la imagen. Como regla heurística, se dice que el carbón activado adsorbe con eficiencia moléculas con una masa molar mayor a 55-60. Esto es inexacto. El carbón las adsorberá bien, aunque después de adsorber moléculas mayores y menos volátiles. De hecho, cuando el carbón entra en contacto con aire, adsorbe preferencialmente oxígeno y depleta de este compuesto al aire que rodea al carbón.

Moléculas que <b>no adsorbe</b> el carbón activado (a menos de que se impregne)		
	Masa molar	Nombre
CO <sub>2</sub>	44	dióxido de carbono
HCl	36.5	cloruro de hidrógeno
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	30	formaldehído
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	46	ácido fórmico
$\text{H}_3\text{C}-\text{SH}$	48	metil mercaptano
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{N}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	31	metil amina

El carbón no adsorbe moléculas de carácter iónico, como las inorgánicas en general. Y adsorbe poco moléculas orgánicas de cierto carácter iónico y volátiles, aunque si se impregna con un compuesto que reaccione con ellas, las puede retener por quimisorción (reacción química en la superficie del carbón). Veremos estos casos más adelante.



El carbón activado reacciona con ozono, por lo que puede aplicarse para eliminar residuales de ozono, tanto en aire como en agua. En el caso de aire, si la concentración de ozono es alta, la cama de carbón puede incendiarse.



**Contraste entre líquidos y gases**

T = 20°C P = 1 atm	Densidad (g/L)	Viscosidad dinámica (Cp)
	1000	1.0
	1.21	0.018
	0.74	0.013

A las mismas condiciones de presión y temperatura, la densidad del agua es 826 veces mayor que la del aire, y 1,351 veces mayor que la del vapor de agua. Y su viscosidad dinámica es 56 veces mayor que la del aire y 77 veces mayor que la del vapor de agua.

Cuando un carbón activado se aplica en gases, suele exponerse a una cantidad de masa mucho menor que cuando se aplica en líquidos.

En relación con la viscosidad, un carbón activado que se aplica en gases actúa con una cinética (velocidad) mucho mayor que en líquidos.

Aplicación de carbón activado granular	TCCV (mín.)	Velocidad
	15 s	2.5 a 10 gpm/ft <sup>2</sup>
	0.1 s	245 a 735 gpm/ft <sup>2</sup> (10 a 30 m/min)

Debido a ambas circunstancias, las camas de carbón activado que se aplican a gases, suelen requerirse de menor tamaño que las que se aplican a líquidos.

**Velocidad de flujo ( $v$ ) es lo mismo que carga hidráulica ( $C_H$ )**

Ejemplo:

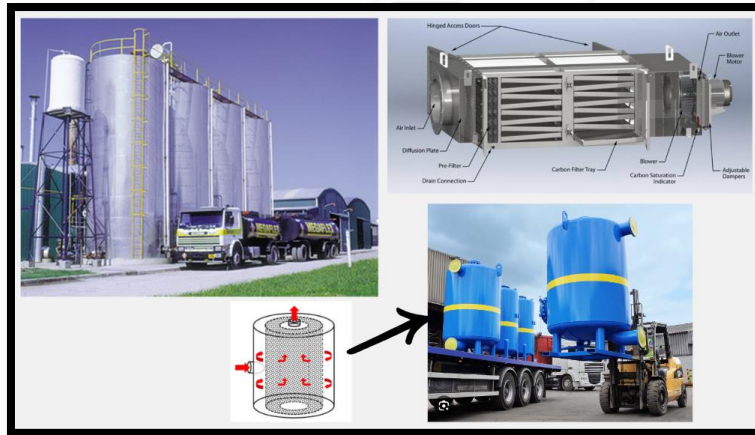
$$v = 15 \frac{m}{min} = 15 \frac{m}{min} \cdot \frac{m^2}{m^2} = 15 \frac{m^3}{m^2 \cdot min}$$

$$v = 15 \frac{m^3}{m^2 \cdot min} \cdot \frac{1000 L}{m^3} \cdot \frac{1 gal}{3.785 L} \cdot \frac{m^2}{3.28^2 ft^2} = 368.4 \frac{gpm}{ft^2}$$

Manera de convertir velocidad (en m/min) a carga hidráulica (gpm/ft<sup>2</sup>).



Independientemente de su área de sección transversal, los gases que se tratan en un adsorbedor de carbón activado operan a una velocidad de entre 10 y 30 m/min (245 a 735 gpm/ft<sup>2</sup>).



Cuando la cantidad de adsorbatos a retener no es alta, se diseñan camas delgadas (de entre 0.5 y 1 pulgada). Cuando la cantidad es alta, se diseñan camas altas.



Es mayor el costo energético para hacer fluir gases que líquidos.

El costo energético para hacer fluir una masa a lo largo de cierta distancia, es mayor para un gas que para un líquido.

La inversión en campanas y ductos para captar aire y conducirlo es relativamente alta.



En los procesos de tratamiento de aire con carbón activado, la mayor parte del costo de inversión se destina a captarlo y a conducirlo.

Carbón activado  
pelet (cilíndrico)



Es por ello que, aunque se pueden utilizar carbones activados granulares para tratar gases, también se producen pélets cilíndricos que reducen la caída de presión.

Tamaños típicos de carbones activados que se manejan comercialmente (las mallas se refieren a U.S. Std. Mesh, que es la que considera la ASTM)		
Forma	Tamaño o rango de tamaño	Nota
Granular	Se especifica un rango. Por ejemplo, 4x6 significa, "entre la malla 4 y 6". El estándar más usado en U.S. Standard Mesh: <b>4x6, 4x10, 6x12, 6x16, 8x14, 8x16, 14x30, 8x30, 12x20, 12x40 y 20x50</b>	Los rangos formados por partículas mayores ( <b>4x6 y 4x10</b> ) solamente se utilizan en equipos industriales para tratar gases y vapores, ya que la adsorción es muy lenta en el caso de líquidos.
Polvo	Se especifica el % que pasa una, dos o tres mallas. Un ejemplo : <b>99% &lt; malla 100</b> <b>95% &lt; malla 200</b> <b>90% &lt; malla 325</b>	El carbón activado en polvo (CAP) únicamente se aplica en líquidos. El líquido y el CAP se agitan 1 h y el CAP se separa mediante filtro prensa.
Pellet (cilíndrico)	Se especifica el diámetro nominal del cilindro: Diámetros entre <b>0.8 y 5 mm</b>	Normalmente se aplican a gases o vapores, ya que la forma cilíndrica causa baja caída de presión. Genralmente en diámetro de <b>4 mm</b>

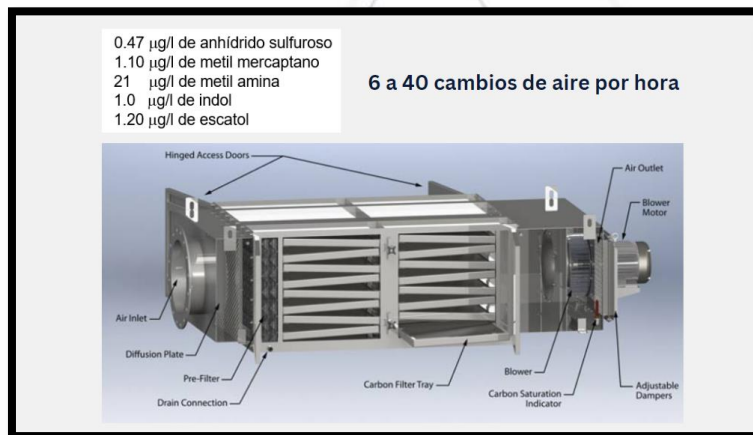
Se producen pélets con diámetro de entre 0.8 y 5 mm. Los que más se utilizan son los 4 mm de diámetro. En adsorbedores industriales, solamente se utilizan los carbones activados granulares de mayor tamaño: 4x6 y 4x10. En adsorbedores pequeños, sí se utilizan carbones granulares de menor tamaño.



**NUESTRA CAPACIDAD OLFATIVA**

30 millones de células olfativas  
Más de 10,000 aromas  
(muchos con umbral olfativo muy bajo)





Considerando la gran cantidad de moléculas que, a la vez que causan mal aroma, presentan un umbral olfativo muy bajo para el ser humano, se producen rejillas y telas impregnadas con muy poco carbón activado para desodorizar aire en espacios cerrados en los que no se cambia el aire porque es acondicionado.



Las moléculas que se encuentran en fase gas son pequeñas. Para adsorberlas, los mejores carbones activados son eminentemente microporosos. Estos se producen a partir de materias primas densas y de alta resistencia mecánica. El caso más común es la concha de coco. Otras materias primas son, por ejemplo, cáscara de nueces y huesos de aceituna.



Los carbones activados que se utilizan en el tratamiento de aire y gases pueden reactivarse con vapor de agua (mientras no haya ocurrido una reacción química entre el carbón activado y los adsorbatos retenidos). Esto ha hecho posible una aplicación importante conocida como “recuperación de solventes”, que reactiva el carbón activado in situ.

<u>&lt; 100 ppmv</u> Adsorción en carbón activado	Reactivación del CA in situ	<u>&gt; 100 ppmv</u> Absorción (Scrubber)	Mechero (Flare)

La adsorción en carbón activado suele ser la tecnología más competitiva cuando la concentración de compuestos adsorbibles es menor a 100 ppmv. Cuando las concentraciones son mayores, hay que ver si se justifica reactivar el carbón in situ o hay que buscar otro método para retener los compuestos requeridos.

La capacidad de adsorción de un carbón activado en el equilibrio suele ser de entre

20 y 80 g de adsorbatos retenidos por 100 g de carbón activado

Por lo tanto, en el “punto de ruptura” (en el que el carbón activado deja pasar una concentración inaceptable del adsorbato o los adsorbatos en cuestión), su capacidad de adsorción suele ser de entre

10 y 30 g por 100 g de carbón activado

Environment Agency  
Fire risk in activated carbon  
Odour technical guide 12  
March 2017

Activated carbon is widely used for emissions and odour treatment. Under normal operating conditions the likelihood of fire is low, however, there are certain circumstances in which fire could occur.



	Temperatura de ignición
Carbón activado estándar Carvapur	250°C
Carbón activado libre de solubles Carvapur LS	350°C

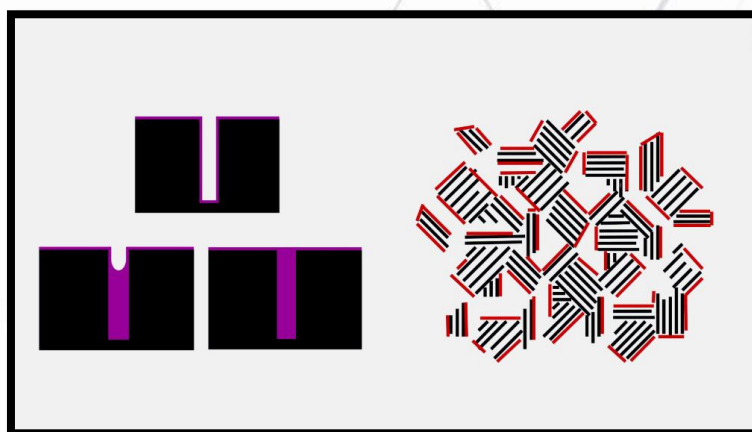
© Alan Fitzpatrick CNA / Hardy

La adsorción siempre es exotérmica. El aire y los gases en general tienen una baja capacidad para enfriar. Esto puede provocar que las camas de carbón activado se incendien. Una manera de aumentar la temperatura de ignición de carbones activados es disminuyendo la concentración de sales en los mismos. En Carbotecnia ofrecemos el Carvapur LS y el Carvapur Pélet LS.

## Combustión espontánea de carbón



No debe confundirse el hecho de que la adsorción en carbón sea exotérmica, con la autocombustión de carbón que se almacena cuando no se ha enfriado suficientemente. Esta autocombustión se debe a que el carbón es un mal conductor del calor y a otros fenómenos cuya explicación aún se discute.



Para el caso de moléculas que no adsorbe o que no adsorbe eficientemente el carbón activado, si existe un compuesto que las retenga por reacción química y que pueda impregnarse en una superficie sólida, el carbón activado se impregna con él. El carbón activado aporta su gran área superficial y el compuesto reacciona con las moléculas que hay que retener. El método de impregnación debe ser adecuado para no tapan los poros del carbón con el compuesto impregnante.

## Carbones activados impregnados que ofrece Carbotecnia

Nombre	Aplicación
Vapacid	Ácidos (inorgánicos y orgánicos)
Carvacid	Ácidos (inorg. y org.) y comp. orgánicos
Vapamon	Amoniaco y aminas
Carvapox	Compuestos orgánicos oxidables
Vapomer	Vapores de mercurio
Biostat	Evita desarrollo bacteriano

Carbones impregnados que ofrece Carbotecnia.

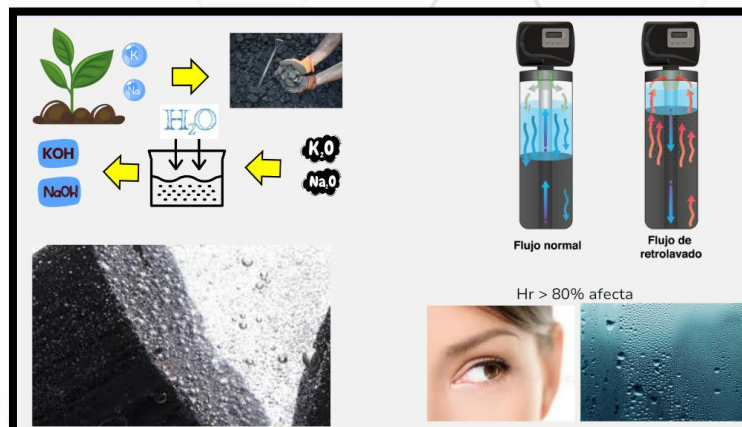
Tratamiento de aire y gases Boletín Técnico GA-001

**CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO EN FASE GAS**

A = Alta capacidad (el carbón retiene 20% a 50% de su propio peso).  
 B = Capacidad satisfactoria (retiene 10% a 25% de su peso).  
 C = Capacidad suficiente para dar un buen servicio bajo condiciones de operación particulares, cuestión que debe analizarse.  
 D = Muy baja capacidad. El carbón activado no da un servicio adecuado bajo condiciones de operación ordinarias (aunque puede darlo bajo condiciones específicas).  
 \* = Un carbón impregnado con cierta sustancia, retiene la sustancia por reacción química (lo que se conoce como quimisorción) y con esto aumenta sensiblemente la capacidad de adsorción del compuesto.

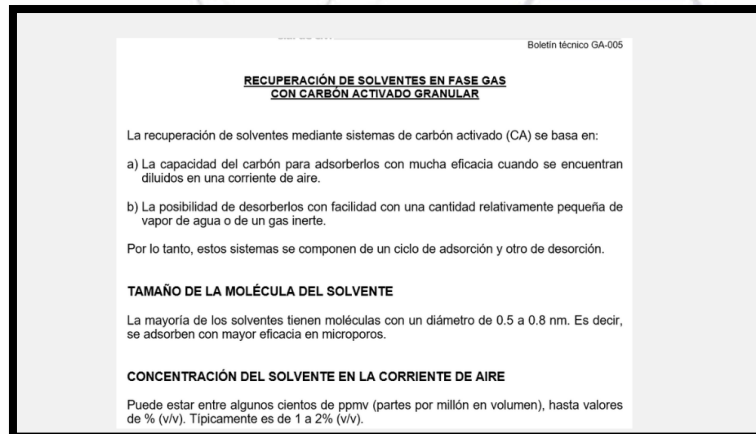
Aceites esenciales	A	Alcohol metílico	D*	Cloropicrina	A
Aceites rancios	A	Alcohol n-propílico	C*	Cloruro de hidrógeno	C*
Acetaldehído	C*	Aldehído valérico	A	Cloruro de butilo	A
Acetato de amilo	A	Alquitrán	A	Cloruro de etilo	B
Acetato de butilo	A	Aminas	C*	Cloruro de metileno	B
Acetato de cellosolve	A	Amoniaco	C*	Cloruro de metilo	B
Acetato de etilo	A	Anestésicos	B	Ciclohexanol	A

Diversos fabricantes de carbón activado compartimos tablas que orientan sobre la capacidad que tienen los carbones activados estándar e impregnados para retener los compuestos en fase gas más comunes. Si conocemos las características de las moléculas que el carbón activado adsorbe mejor, la fórmula química hace innecesarias estas tablas.



En la aplicación de carbón activado para tratar aire y otros gases, no enfrentamos algunos de los retos que corresponden al tratamiento de líquidos, como es el hecho de que el carbón virgen aporta al líquido los compuestos inorgánicos que naturalmente contiene; o el largo tiempo normalmente requerido para que el carbón se inunde; o la necesidad de retrolavar con frecuencia la cama de carbón activado. De cualquier manera, es importante empacar el carbón activado correctamente y lograr una buena distribución del gas en la cama.

Cuando la humedad relativa es mayor a 80%, esta condensa en las paredes del carbón activado y se convierte en una resistencia al proceso de adsorción.



Si alguno de los presentes tiene interés en mayores detalles relacionados con la aplicación de carbón activado para recuperación de solventes, tenemos disponible este boletín técnico.



Hemos atendido a la mayoría de los fabricantes de equipo de protección respiratoria en México, buscando cumplir con las recomendaciones de la norma 42 cfr de NIOSH. Si alguna empresa tiene interés en que lo apoyemos en este tipo de proyectos, con gusto lo haremos.



En Carbotecnia fabricamos c nisters de 200 litros con conexiones de 2". Es una manera práctica de aplicar un adsorbedor para retener compuestos orgánicos, por ejemplo, en el venteo de tanques atmosféricos que almacenan solventes volátiles.

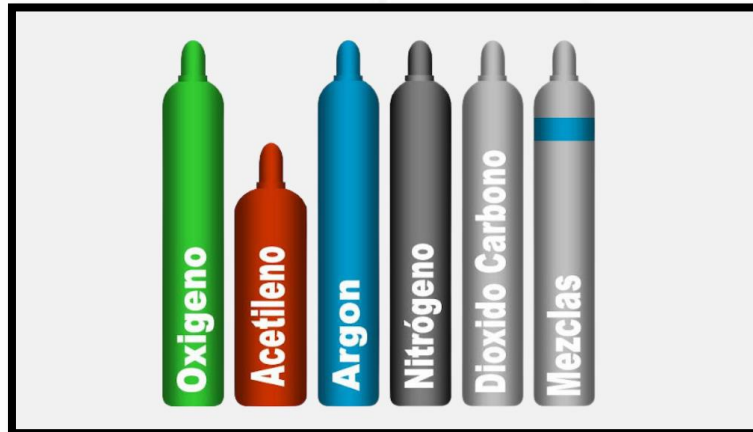


Otra aplicación en la que podemos apoyarlos es en el endulzamiento de gas carbónico o de gas natural mediante monoetanolamina o dietanolamina.

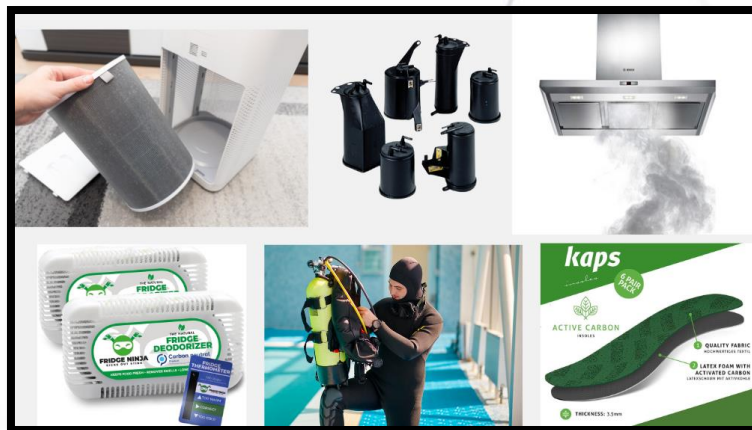
Ingeniería de procesos y dimensionamiento de adsorbedores de carbón activado



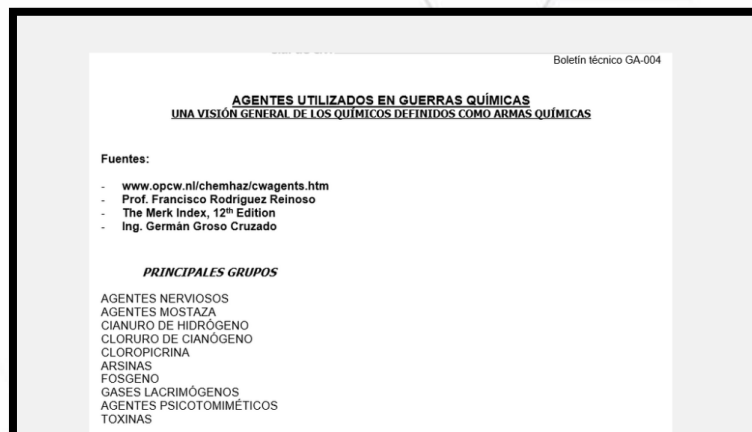
Como parte de nuestra labor de promoción de carbones activados, ofrecemos la ingeniería de procesos y el dimensionamiento de adsorbedores de carbón activado.



También ofrecemos carbones activados y acompañamiento para su aplicación en la producción de gases industriales.



Lo mismo en otras aplicaciones.



Si alguno de ustedes se interesa en la aplicación de carbón activado como protección contra armas químicas, tenemos disponible este boletín técnico.

## Próximo webinar:

Dimensionamiento de camas de carbón activado para el tratamiento de líquidos y gases

23 Abril, 2024

10:00 AM



Impartido por:  
Germán Groso



[www.carbotecnia.info](http://www.carbotecnia.info)

Carbotecnia  
PURIFICACIÓN AVANZADA

## Gracias por su atención

Tel. + 52 33 3834-0906  
[ventas@carbotecnia.com.mx](mailto:ventas@carbotecnia.com.mx)

Carbotecnia  
PURIFICACIÓN AVANZADA