

## BIOFILTRACIÓN DE EFLUENTES GASEOSOS

El control de olor es uno de los intereses primarios en las instalaciones medio ambientales, especialmente si se ubican cerca de áreas residenciales. La buena gestión del proceso y el quehacer cuidadoso puede reducir los olores, pero en muchos casos todavía se requerirá algún método para la reducción del olor.

También es necesario el control del olor en multitud de procesos, y hay varias opciones para el tratamiento del olor, incluyendo el químico, la destrucción térmica y la biofiltración. En muchos casos, la biofiltración es la opción más económica y la más efectiva, y que, hoy en día, es de uso generalizado, con preferencia a la filtración sobre carbón activado, mucho más cara.

La biotecnología se puede aplicar a la corrección de la contaminación atmosférica mediante procedimientos no agresivos con el medio ambiente a fin de evitar el uso de productos químicos. Los biofiltros tienen una matriz (material que sirve de soporte y que deja pasar el flujo de aire a tratar) y microorganismos. Estos microorganismos hacen que la contaminación sea retenida, acumulada o destruida. El material biológico funciona como un catalizador a escala reducida.

Los sistemas vivos usados para degradar la contaminación pueden reproducirse de manera natural. Además, resultan mucho más baratos y, evidentemente, tienen menos efectos negativos sobre el medio ambiente que los de base química.

Los sistemas biológicos retienen incluso sustancias que no son depuradas en los sistemas clásicos. Por ejemplo se ha demostrado la eliminación de hidrocarburos y disolventes orgánicos en la etapa biológica. De forma natural se favorece el desarrollo de cepas que se alimentan de los residuos a eliminar, siendo el sistema, de esta forma, autorregulable. Es una tecnología apta para emisiones con niveles medios de sulfuro de hidrógeno, amoníaco, COV's y en general aquellas instalaciones en las que se originan olores de procesos de degradación biológica o manejo de productos orgánicos.

Un biofiltro usa materiales orgánicos húmedos para absorber y degradar compuestos olorosos. El material, fresco y humedecido, procesa el aire que se inyecta mediante una rejilla de tubos horadados en un lecho de filtración. Los materiales que se usan para la construcción de biofiltros son el compost, la turba, astillas de madera y corteza de árboles, a veces mezclados con materiales biológicamente inertes, como la grava, para mantener una porosidad adecuada y son mantenidos a una humedad adecuada para que tenga lugar el desarrollo microbiano. En este último aspecto hay que considerar que el compost y la corteza de pino son rellenos con una esperanza de vida limitada mientras que en los lechos basados en fibra de turba de alta calidad se pueden garantizar 10 años sin cambio de la biomasa. Además, la fibra de turba es el tipo de relleno que mejor soporta la fauna bacteriana. Estabiliza todo el proceso debido a su alta calidad como tampón de humedad y de nutrientes. No obstante, el mayor precio de la turba hace que los sustratos más utilizados sean los basados en compost de origen vegetal, con el que se pueden garantizar hasta 5 años de vida, siendo la real, naturalmente, muy superior.

La biofiltración de efluentes gaseosos se define como un proceso biológico utilizado para el control o tratamiento de compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos presentes en la fase gaseosa. En la biofiltración, los microorganismos son los responsables de la degradación biológica de los contaminantes volátiles contenidos en corrientes de aire contaminado.

El filtro puede ser inoculado con un cultivo de microorganismos que crecen en los materiales orgánicos que hay en el aire a depurar. Utiliza los mismos procesos y organismos que se emplean actualmente en las fases biológicas de tratamiento de las aguas negras. Al inocular la biomasa con una amplia gama de organismos van a proliferar las cepas que son capaces de alimentarse de las sustancias aportadas con la corriente de aire. Así el filtro se auto adapta a las condiciones encontradas en cada foco.

Durante el proceso de biofiltración, el aire pasa a través de los poros del material filtrante que sirve de soporte a bacterias en crecimiento. La degradación de los contaminantes ocurre previa transferencia del aire a un medio líquido en donde es utilizado como fuente de carbono y energía (compuestos orgánicos) o como fuente de energía (compuestos inorgánicos). La utilización implica producción de biomasa y la oxidación parcial o total del contaminante. A su vez, la biomasa, bajo ciertas condiciones sufre una oxidación por respiración endógena. De esta manera, los procesos de biofiltración dan lugar a una descomposición completa de los contaminantes, creando productos no peligrosos.

Las profundidades del lecho de biofiltro oscilan de 1 a 2 metros, en función del relleno utilizado y su granulometría. Con lechos más someros, hay fugas de gases, y lechos más profundos, son más difíciles de mantener uniformemente húmedos. El biofiltro ha mostrado ser efectivo en tratar olores asociados con el compostaje, incluyendo el amoníaco y una gama de compuestos orgánicos volátiles (sulfhídrico y aminos).

El principal criterio de diseño es la velocidad de filtración, y es típicamente 0.015 a 0.02 m/s ( $m^3/m^2/s$ ), y la contrapresión esperada a través del biofiltro a este valor de corriente de aire está comúnmente en la gama de 20 a 120 mm C. A. por metro de profundidad.

Para el lecho filtrante, las especificaciones estándar son:

- pH lecho: óptimo sobre 7
- Temperatura de lecho: óptimo sobre 20 °C
- Contenido de humedad del lecho: 40% de la capacidad máxima
- El aire es comúnmente humedecido antes de su filtrado.

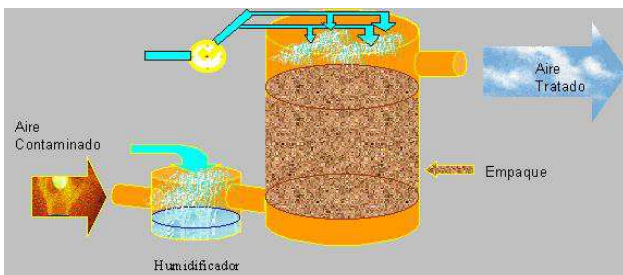
Sus aplicaciones más usuales se dan en instalaciones de tratamiento ambiental (depuradoras, plantas de tratamiento y bombeo, instalaciones de compostaje, RSU,...) y en procesos industriales, como la industria química, tostadoras de café, tratamiento de aves, producción de sabores y fragancias, mataderos, salas de despiece... Por ejemplo, se pueden producir biofiltros que traten los olores que genera la producción de aceites de cebolla y ajo.

El manejo de todos los componentes integrantes de un equipo biológico es sencillo y puede ser llevado a cabo fácilmente por personal sin conocimientos específicos adicionales. Lo más esencial es la vigilancia del correcto contenido de humedad de la biomasa. La inspección y limpieza del sistema de humidificación y del ventilador presente en todos los sistemas de desodorización tampoco son complicadas.

Los biofiltros se emplean con el objetivo de eliminar los malos olores y ofrecen un sistema de filtración con un coste de mantenimiento relativamente bajo. Anualmente el coste del mantenimiento de los biofiltros está entre un 60% y el 90% del coste de los métodos de frotación e incineración de restos de olores. Sin embargo, el beneficio más importante de los biofiltros es que permite no molestar a los vecinos de la planta.

Los equipos empleados para la purificación biológica de gases pueden subdividirse en dos tipos: biofiltros de lecho fijo y, biofiltros de líquido. Esta clasificación se basa en las condiciones en las que se encuentran los microorganismos en el sistema y del patrón de flujo de la fase líquida. Las características de cada uno de estos equipos aparecen a continuación.

### BIOFILTRO DE LECHO FIJO

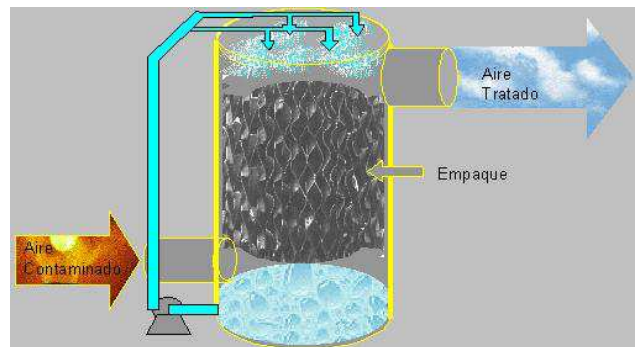


Los biofiltros de lecho fijo constan de un material filtrante, que puede ser sintético, que sirve como soporte para los microorganismos y en el caso de los orgánicos como fuente de nutrientes para el crecimiento microbiano. Ejemplos de materiales filtrantes utilizados en este tipo de filtros son rocas porosas, tierra de diatomeas, perlita, tierra, trozos de maderas, diferentes tipos de compost, residuos orgánicos tales como cáscaras de cacahuate, de arroz o cortezas de pino, entre otros. El principio de

los biofiltros de lecho fijo consiste en hacer pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene al contaminante a través del lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos. En la figura se muestra un esquema de un biofiltro de lecho fijo. Una característica importante de este tipo es la ausencia de la fase acuosa móvil que los hace convenientes para tratar contaminantes muy poco solubles en agua.

### BIOFILTRO DE RECIRCULACIÓN DE LÍQUIDO

El biofiltro de recirculación de líquido consiste de una columna empacada con un soporte inerte (usualmente de material cerámico o plástico) donde se desarrolla la biopelícula. A través del lecho se alimenta una corriente gaseosa que contiene el contaminante y una corriente líquida que es comúnmente reciclada a través del lecho y que tiene la función de aportar nutrientes esenciales a la biopelícula, así como de remover los productos de degradación de los microorganismos. Estos sistemas se recomiendan para compuestos solubles en agua. Son los utilizados en tratamiento de aguas residuales. El diagrama de operación de este sistema se muestra en la figura. Tienen ventajas, ya que la recirculación del líquido facilita la eliminación de los productos de reacción así como un mayor control sobre el proceso biológico a través del control del pH y la composición del medio líquido.



Los principales parámetros de diseño de un sistema de biofiltración son los siguientes:

- Características del gas contaminante (concentración, flujo, presencia de partículas, temperatura).

- Selección del material filtrante.
- Contenido de humedad del material filtrante.
- Microorganismos.

Las características del gas a tratar son muy importantes en la determinación de la eficiencia de remoción de un sistema de biofiltración. Con base en la concentración del gas contaminante se puede seleccionar el tipo de biofiltro. Generalmente para los sistemas de biofiltración se ha considerado que el rango de concentración óptimo de 0 a 5 g/m<sup>3</sup>, sin embargo, en los últimos años se han reportado sistemas de biofiltración capaces de degradar concentraciones mayores. Respecto a la temperatura del gas contaminante, si es mayor a 40 °C será necesario un proceso de pretratamiento para reducirla, pues puede verse afectado el proceso metabólico de los microorganismos responsables del proceso de descontaminación. Los sistemas humidificadores tienen en estos casos la doble función de aumentar la humedad relativa y de reducir la temperatura del gas a tratar. Finalmente, es necesario evaluar la presencia de partículas con el fin de evitar el taponamiento del lecho filtrante a su paso por éste. En presencia de la obstrucción, las partículas pueden ser removidas en un proceso previo ya sea por sedimentación (ciclón) o por venturi.

Para los biofiltros de lecho fijo y recirculación, el lecho filtrante es el hábitat de la población microbiana. Considerando el volumen de estos sistemas es recomendable considerar materiales de gran disponibilidad en el sitio de operación del sistema así como un bajo costo.

En general, se prefiere que los materiales filtrantes contengan los nutrientes necesarios para el metabolismo microbiano, sin embargo en ausencia o baja concentración de estos pueden adicionarse mediante solución de nutrientes

El tamaño de partícula, es decir su distribución y geometría del poro, debe proporcionar una mayor área superficial para la rápida transferencia del contaminante a la fase acuosa y una fracción considerable de espacios huecos para limitar las caídas de presión.

El material filtrante debe tener una buena capacidad de retención de agua, ya que los microorganismos requieren de una importante cantidad de agua para crecer. El rango óptimo de humedad del material filtrante en sistemas de biofiltración se considera entre 40 y 60%. Un bajo contenido en el lecho filtrante reduce el espesor de la biopelícula y merma la actividad microbiológica y, por consiguiente, la actividad del biofiltro. Por otro lado, un elevado contenido de humedad puede crear una saturación, provocando zonas anaerobias o incrementar la caída de presión.

Finalmente, el pH de estos sistemas debe ser regulado ya que numerosos procesos de oxidación generan productos ácidos, básicos o inhibitorios, como los compuestos clorados, azufrados y amonio entre otros. En general la capacidad amortiguadora se logra mediante la adición de compuestos tales como carbonatos.

La capacidad de degradación de los microorganismos involucrados en estos procesos depende de las características de los contaminantes. Para compuestos o mezclas biogénicas es fácil encontrar, por su ubicuidad, microorganismos que degraden los contaminantes a partir de suelos contaminados, lodos activados y compost. Para la biodegradación de compuestos más recalcitrantes es necesario realizar un proceso de selección para encontrar microorganismos eficientes para la oxidación de los contaminantes. Para compuestos altamente recalcitrantes, como algunos aromáticos y ciertos clorados de alto peso molecular, se requiere la presencia de otros compuestos orgánicos para poder realizar la oxidación, proceso que se conoce como co-metabolismo.

Las fuentes más comunes para encontrar los microorganismos necesarios para el proceso son generalmente las plantas de tratamiento de agua que reciben las descargas de las industrias en donde se generan estos contaminantes. La lista de especies presentes en sistemas de biofiltración es larga y depende de diversos aspectos, tales como el inóculo inicial, el material filtrante, los contaminantes a tratar y el tiempo de aclimatación. En el cuadro se presenta una lista de microorganismos comúnmente utilizados para el tratamiento biológico de gases.

#### **Microorganismos más comunes usados para el tratamiento biológico de gases**

Bacterias	Hongos
Actinomicetes	Actinomycetes
Micrococcus	Penicillium sp
Cephalosporium sp.	Circinella
Micromonospora vulgaris	Cephalotecium sp.
Bacillus cereus	Ovularia sp.
Streptomicetes sp.	Stemphillum sp.
Pseudomonas putida	Scedosporium apiospermum
Pseudomonas fluorescens	