

SISTEMAS ALTERNOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El proceso mas extensamente empleado para depuración de aguas residuales hasta este momento, lo ha sido el sistema de tratamiento por el proceso llamado de lodos activados.

Este proceso de tratamiento que tiene variantes, consiste esencialmente en el cultivo y desarrollo de una gran masa de bacterias o biomasa que es la que consume el material orgánico, integrándolo a su masa celular, convirtiéndolo en tejidos y de esta manera el material orgánico es convertido de una forma desagradable y putrefacta a una forma estable de material orgánico.

El proceso de lodos activados tiene grandes ventajas pero también algunos inconvenientes. A favor de este medio de estabilización del material orgánico podemos decir que es: versátil, altamente eficiente, es el mas conocido y estudiado desde el punto de vista de ingeniería, y es el mas ampliamente utilizado como medio de depuración de aguas residuales.

Las desventajas del proceso son su alto costo de inversión y de operación en plantas de este tipo. Otra desventaja es que el medio microbiano que se encuentra en el digestor de lodos está en contacto directo con el agua que se trata, por lo que la presencia momentánea de condiciones desfavorables al medio como pueden ser: variaciones en el valor del pH, la presencia de tóxicos en el agua, etc. causan daños y desajustes en el medio de cultivo y es posible que éste se pierda si las condiciones persisten por periodos prolongados.

MEDIOS DE EMPAQUE EN BIOFILTROS

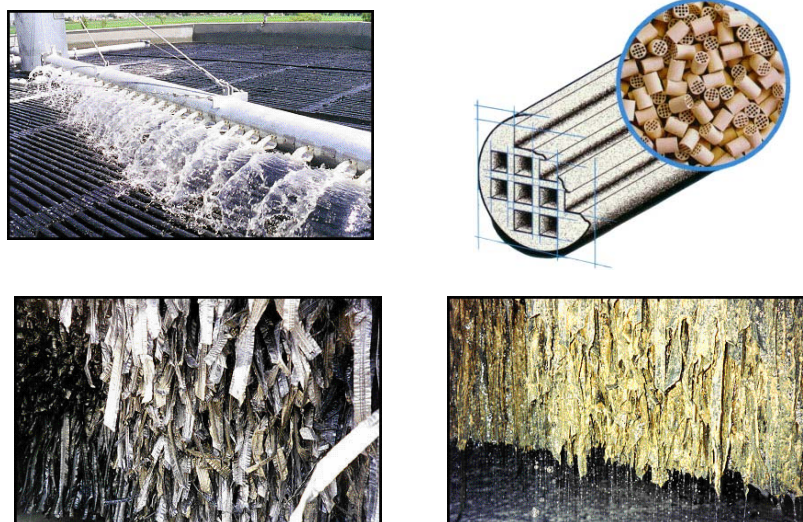


Figura 1: Medios de empaque empleados en biofiltros o filtros biológicos.

Como una alternativa a este proceso de lodos activados con todas sus variaciones, se tiene el proceso de digestión biológica del material orgánico por microorganismos o biomasa que se encuentra presente en medios fijos o estacionarios.

Para que el proceso de conversión del material orgánico a células sea efectivo, se debe disponer de una gran superficie de contacto del líquido que contiene el material orgánico a remover con la biomasa que se encarga de digerir éste. Cuanto mayor sea la superficie de contacto y/o el tiempo de contacto entre el líquido y la biomasa mayor es la efectividad en la conversión.

Para tal fin se emplean materiales sólidos que se colocan dentro de un recipiente que los contiene, y el agua a tratar se hace fluir a través de este material. El material sólido deseable deberá reunir las siguientes características:

- Deberá tener una gran superficie o área de contacto por unidad de volumen.

➤ El material sólido deberá ser de bajo peso específico para que el recipiente que contiene este material, pueda ser construido sin que sea necesario emplear materiales de gran resistencia mecánica y por consiguiente de alto costo

➤ El material empleado como soporte deberá ser económico.

Los materiales que se emplean en la práctica no cumplen con todas éstas propiedades. Entre los materiales de soporte mas ampliamente utilizados se encuentran: piedras, roca volcánica, empaques plásticos de formas diversas, placas en arreglos específicos, etc.

Cuanto menor sea el peso específico del material de relleno, mayor será la altura del recipiente o contenedor que se pueda construir. También a mayor área de superficie de contacto por unidad de volumen del medio de soporte mayor efectividad en el proceso de tratamiento.

De esta manera, un material de bajo costo como puede ser la roca común o roca volcánica (si hay disponibilidad de ésta) puede no ser la mejor opción, ya que su baja eficiencia puede no compensar su bajo costo

Empleando materiales de relleno de alta eficiencia (como placas en arreglo o materiales plásticos), se puede tener una planta para tratamiento de grandes volúmenes de agua en una superficie relativamente menor, ya que los contenedores pueden construirse de mayor altura y con materiales mas eficientes.

SELECCIÓN DEL PROCESO:

Existen dos clasificaciones generales del proceso de tratamiento en medios estacionarios:

Medios Fijos

Filtros Biológicos Rotatorios

6.0 MEDIOS FIJOS

El proceso en medios fijos es aquel en el cual se tiene un medio de soporte sólido, que permite que sobre éste soporte se desarrolle un medio microbiano que consume el material orgánico cuando es puesto en su contacto. Para éste fin se hace fluir el agua a través del medio, procurando efectuar la aspersión del agua en el medio de la manera mas uniforme posible.

TRICKLING FILTER O BIOFILTRO

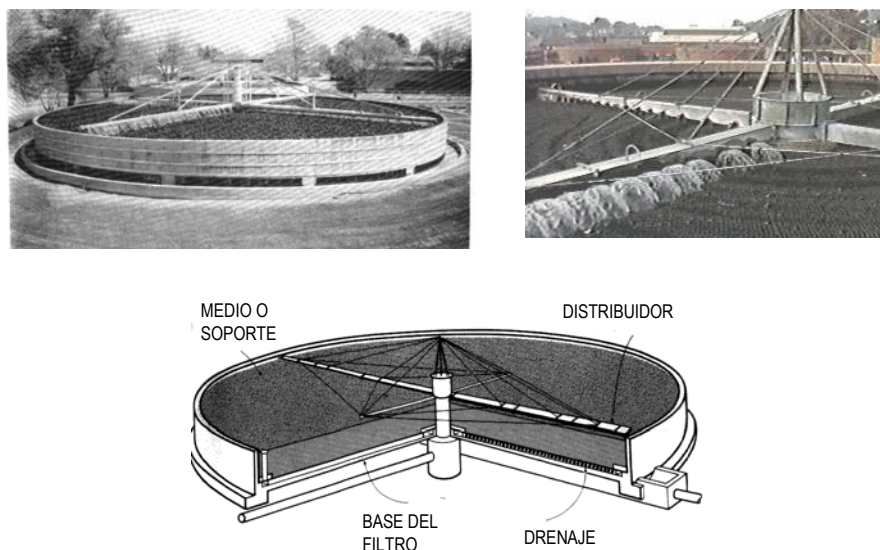


Figura 2: Filtro biológico con empaque de roca, el cual es muy adecuado para comunidades rurales

Esta uniformidad se puede lograr haciendo mas homogénea la distribución del agua a tratar y que pasa por el medio biológico estacionario. Si el agua se distribuye uniformemente a través de la sección transversal

del contenedor, las probabilidades de contacto del agua con todo el medio biológico que ahí se encuentra son mayores. Para esto, el agua a tratar se distribuye en la superficie del medio a través de aspersores o dispositivos que cumplan con ésta función.

El tiempo de contacto es otra de las variables de importancia en la efectividad del medio, por lo que si se desea tener una mayor eficiencia en la remoción de material orgánico, el agua que pasa a través del medio estacionario y que sale por el fondo del contenedor se recircula una y otra vez para incrementar la probabilidad de que la bacteria capte el material orgánico disuelto y lo aproveche en su propio beneficio y del proceso.

Si el material de empaque son piedras o roca volcánica, se seleccionan éstas en un tamaño de 2 a 3 pulgadas de diámetro promedio y se colocan sobre una construcción hecha de concreto, o de roca y concreto de 1.0 a 1.5 mts. de altura y con la superficie que se requiera de acuerdo al volumen de agua a tratar

Si la estructura que soporta la roca es cilíndrica se puede emplear un sistema de rociamiento o dispersión del agua a tratar, a través de un mecanismo móvil que asperja o rocía el agua por todo el medio, donde se desarrolla el proceso biológico.

SISTEMAS DE PELÍCULA BIOLÓGICA

El tratamiento de aguas residuales se puede efectuar en reactores de película biológica, poniendo en contacto dichas aguas con una población microbiana mixta, en forma de una película biológica adherida a la superficie de un medio sólido de soporte. En cualquier superficie en contacto con microorganismos donde se tengan los nutrientes necesarios, se desarrolla una capa biológicamente activa y en consecuencia, las películas biológicas adheridas constituyen una característica de todo tipo de reactor biológico.

Los sistemas de películas adheridas se pueden considerar de dos tipos diferentes: sistemas estacionarios de película de medio fijo, y sistemas de película de medio en movimiento. En ambos tipos de sistemas, el agua residual se mueve en relación con la película microbiana y el soporte sólido al que está adherida. En el primer caso, el agua residual pasa sobre el medio estacionario y en el segundo caso, el medio se mueve a través del líquido. Los reactores de película biológica en medio fijo han estado en uso desde hace mucho tiempo para el tratamiento de las aguas residuales, pero los sistemas de medio en movimiento son relativamente recientes.

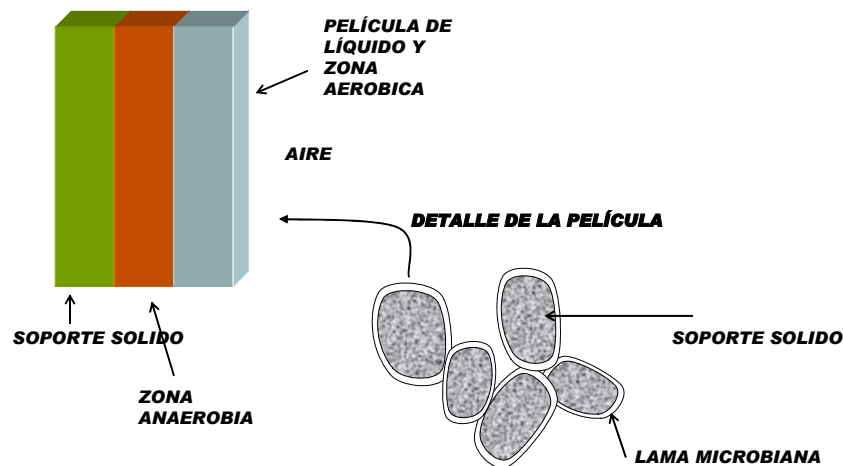


Figura 3: formación de película microbiana aerobia y anaerobia en el medio de soporte de un biofiltro.

SISTEMAS DE MEDIO FIJO

En los sistemas de medio fijo, el medio sólido de soporte está dispuesto en forma de un lecho empacado a través del cual gotea el agua residual. Las superficies mojadas del medio de empaque desarrollan una película microbiana, y el agua residual fluye sobre la superficie del empaque en una delgada capa que está en contacto con la película microbiana por un lado y con la atmósfera en los espacios intersticiales del empaque por el otro.

El oxígeno se disuelve en la superficie de la capa del líquido en movimiento y es transferido a través de la superficie de la capa microbiana. El oxígeno y los nutrientes del líquido se difunden hacia dentro de la película microbiana para ser metabolizados por la población microbiana adherida al medio. Las materias en suspensión y las coloidales presentes en el agua residual se aglomeran y adsorben también en la película microbiana.



Figura 4: Biofiltro sintético para tratamiento de aguas residuales..

Los medios de empaque usados en estos sistemas están diseñados de manera que tengan un área de contacto muy grande entre la capa de líquido y el aire, aumentando la absorción del oxígeno por la capa líquida y presentando de manera similar una gran área de contacto entre el líquido y la película microbiana, con lo que se aumenta la transferencia de nutrientes y oxígeno a los microorganismos.

En términos de ingeniería, el sistema de medio fijo es un reactor biológico de tres fases: un lecho sólido fijo para poner en contacto el gas, el líquido y los microorganismos. Se le conoce en el contexto del tratamiento de aguas residuales por una serie de nombres diferentes, la mayoría de los cuales son equivocados.

Usualmente se le llama filtro de goteo, filtro biológico, biofiltro, filtro de percolación, percolador o lecho bacteriano. Se usará aquí el término biofiltro o filtro biológico para describir sistemas de lecho fijo, a pesar de que el uso de los términos: percolador, lecho bacteriano y otros mas, aplicados al tratamiento de las aguas residuales en lechos fijos, resulta inevitable.

Las dimensiones del lecho en el que se dispone el medio sólido de soporte dependen de la naturaleza del medio, la concentración y tipo del agua residual por tratar. Un lecho de percolación usado en el tratamiento de aguas residuales domésticas, mide típicamente alrededor de 2 m de profundidad y 10 m de diámetro.

Los utilizados para el tratamiento de aguas industriales, cuando se emplean empaques sintéticos, pueden medir hasta 40 m de diámetro y en algunos casos la profundidad puede ser hasta de 12 m. El agua residual se distribuye sobre la parte superior del lecho por medio de rociadores fijos o conjuntos móviles de aspersores, y gotea a través del empaque para caer en un tanque colector situado debajo del lecho. La aireación del lecho tiene lugar por convección natural debido a la diferencia de temperatura entre el aire en el empaque y el de la atmósfera circundante.



Figura 5: Acceso y dimensiones de un filtro biológico sintético.

Si se comienza con un medio de soporte limpio, el crecimiento microbiano inicia la formación de una película de lama en el momento en que hay sustrato disponible y las condiciones son adecuadas, y podrá necesitar varias semanas para alcanzar su desarrollo sobre la superficie del empaque, un proceso que se conoce como maduración o acondicionamiento. La lama o película microbiana se desarrolla a partir de los organismos presentes en las aguas residuales o inoculadas en ellas, aunque existen evidencias de buenos resultados en la inoculación directa del empaque con un cultivo microbiano desarrollado en el laboratorio, antes de alimentarlo con las aguas residuales.



Figura 6: Distribución del agua de proceso en un filtro biológico.

Al principio, la eficiencia de purificación es baja pero aumenta a medida que crece y se desarrolla la película sobre la superficie del empaque. Cuando existen condiciones favorables y se dispone de los nutrientes para el desarrollo microbiano, la película se hace más gruesa hasta que es suficientemente pesada y se separa del empaque por su propio peso y eventualmente el flujo del agua que escurre entre el medio o empaque lo arrastra fuera del sistema.

A la película microbiológica se le conoce como biomasa, la separación de ésta de la superficie del empaque se llama desprendimiento, y a la masa separada humus. Los procesos de purificación que tienen

lugar en un percolador son, como los de un proceso de lodos activados, una combinación y aglomeración del material en la masa microbiana, oxidación microbiana de los nutrientes y conversión de los nutrientes a masa microbiana.

La proporción con que cada componente contribuye al efecto global de purificación depende de la carga del sistema y de la naturaleza de las aguas residuales sometidas a tratamiento.

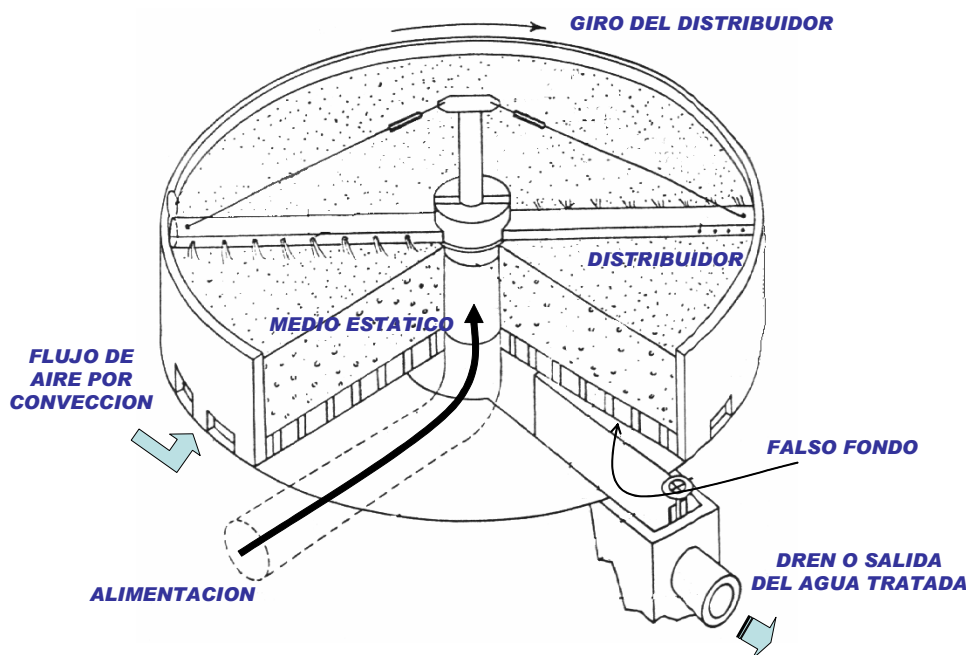


Figura 7: Esquema de distribución y colección de agua en un biofiltro.

LA PELÍCULA DE LAMA MICROBIANA

Como sucede con los sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales, el rango y proporciones de las diferentes especies de organismos presentes en la población microbiana depende de las condiciones de operación del sistema, especialmente la carga y la composición de nutrientes de las aguas residuales en proceso de tratamiento. Sin embargo, la película microbiana de los percoladores es ecológicamente más compleja que por ejemplo, la flora microbiana presente en los lodos activados.

El equilibrio entre las diferentes especies presentes varía también con la situación dentro del lecho, y cuando la unidad está situada al aire libre el equilibrio ecológico mostrará también variaciones estacionales. La película biológica interviene en una compleja serie de cadenas alimenticias y relaciones entre el predador y la presa, desde las bacterias hasta los insectos, teniendo cada una de ellas un efecto significativo en la operación del percolador. Los sistemas de película adherida reaccionan de manera diferente ante los cambios en el ambiente operacional, como la temperatura y la presencia de cargas de choque y materiales tóxicos, comparados con los sistemas de crecimiento en suspensión, como es el proceso de lodos activados.

MEDIOS DE SOPORTE SÓLIDO

El propósito de los medios de empaque es el proporcionar un soporte sólido y estable para la capa biológica, para exponer la máxima área superficial al flujo de líquido bajo tratamiento y la superficie húmeda al contacto del aire. A menudo se hace referencia erróneamente al empaque como el medio filtrante. Este debe ser inerte a las sustancias en contacto con él, de manera que no inhiba el crecimiento de la capa microbiana ni sea atacado por sustancias presentes en las aguas residuales bajo tratamiento.

Debe ser suficientemente fuerte físicamente para soportar su propio peso y el de la lama asociada, y que no se desintegre durante un período de tiempo. La configuración del empaque debe tener muchos espacios entre las

superficies adyacentes, para que pueda crecer la película microbiana sin que los intersticios queden bloqueados, y permitir así el flujo del líquido y el aire a través del lecho. Los tipos de empaques en uso común se pueden clasificar convenientemente en dos grupos: medios minerales o convencionales, y medios especialmente fabricados, de reciente desarrollo, contruidos generalmente con materiales plásticos. Los empaques plásticos se denominan a menudo medios a alta tasa y los percoladores que contengan empaques plásticos se denominan como biofiltros a alta tasa.

El término alta tasa se refiere a la carga del sistema, aunque los medios de soporte plástico, especialmente fabricados, están particularmente bien adaptados a las cargas de alta tasa; ciertos tipos de medios minerales convencionales se utilizan en tratamientos a alta tasa.

EMPAQUES CONVENCIONALES

Los medios minerales se han utilizado durante mucho tiempo como materiales de empaque de percoladores, principalmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Comúnmente se usan piedras cuidadosamente graduadas y el coque metalúrgico, las escorias de altos hornos y los empaques de cerámica especialmente fabricados para el contacto entre el gas y el líquido como los que se emplean en los procesos unitarios de la ingeniería química.

Se ha tenido éxito en la utilización de materiales más baratos, como los escombros o ladrillos rotos; sin embargo, tienden a desmoronarse después de cierto tiempo, de manera que el lecho se bloquea con el medio desintegrado.

Si el material de empaque es roca, éstas deberán tener un tamaño graduado y al colocarlas en la estructura del filtro se apilan para formar un lecho de 1.0 a 1.5 mts. de profundidad. En este biofiltro de roca es posible tener una base de piedras de mayor tamaño y colocar en la parte superior rocas más pequeñas.

MEDIOS PLÁSTICOS DE EMPAQUE

Cierto número de medios de empaque de fabricación especial, contruidos con materiales ligeros como plásticos y otros materiales sintéticos, tienen un uso cada vez mayor ya que tienen una gran superficie de soporte para la película microbiana, así como para otras operaciones de contacto entre gases y líquidos, como por ejemplo, el enfriamiento evaporativo del agua.

Los medios sintéticos tienen grandes espacios de huecos, en general mayores del 90%, con amplios espacios intersticiales en el empaque, y pesan aproximadamente la décima parte de lo que pesan los medios minerales convencionales. Esta ligereza en el peso, permite utilizar lechos mucho más profundos, donde las capas inferiores del empaque son capaces de resistir el peso de la biomasa adherida al empaque con una profundidad del lecho de 7 a 10 mts.

Se debe observar, que con estos medios de empaque de peso ligero, el peso de la película de lama sobre el empaque puede ser tres y hasta cuatro veces mayor al peso del empaque seco. La alta fracción de espacios vacíos y los amplios espacios intersticiales permite aplicar al lecho grandes cargas de nutrientes orgánicos sin correr el riesgo de obstruir el lecho, debido al excesivo crecimiento de la película microbiana. Previendo estas circunstancias, la configuración de ciertos tipos de medios de soporte fabricados, está diseñada para aumentar el desprendimiento. Las configuraciones de medios plásticos de soporte son especiales para operar con una alta tasa de carga orgánica y se les conoce comúnmente como medios a alta tasa.

Como resultado de este hecho, los medios de empaque de tipo plástico se emplean mas frecuentemente cuando se manejan altas tasas de carga orgánica en el biofiltro y los medios minerales de empaque han mostrado ser generalmente efectivos en procesos a “baja tasa” o de pulimento. Por lo tanto, los medios de empaque plástico complementan, más que sustituyen los medios minerales convencionales, de manera que un sistema de empaque plástico es utilizado frecuentemente como un proceso adicional para aumentar, ampliar o suplementar una planta convencional existente.

COMPARACIÓN CON LOS PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS

Tanto los sistemas de percolación como los sistemas de lodos activados tienen ventajas y desventajas individuales, y el desarrollo de un amplio rango de variaciones en los procesos básicos originales, indica que la comparación entre los dos sistemas sólo puede efectuarse en términos muy generales.

Las nuevas versiones de cada proceso se desarrollan para superar alguna desventaja específica del sistema original. Por ejemplo, los sistemas de percolación tienen por lo general, un mayor requerimiento de área de

terreno que los sistemas de lodos activados, pero el desarrollo de nuevos medios plásticos de empaque ha permitido la construcción de unidades de percolación más profundas y compactas, con requerimientos más reducidos de área del terreno

Los costos de inversión de los sistemas de percolación tienden a ser altos, pero el costo de operación tiende a ser bajo debido a que los requerimientos de energía son mínimos, comparados con los costos de tratamiento de los sistemas de lodos activados.

Los sistemas de lodos activados se consideran más sensibles a las cargas de choque y algo inestables en su operación, por lo que requieren un control más estrecho del proceso; sin embargo, se considera que se recuperan más rápidamente de las alteraciones del proceso que los sistemas de percolación. Aunque los percoladores tienen la reputación de estabilidad de operación, simplicidad de diseño y facilidad de operación, es difícil pronosticar su funcionamiento.

Los percoladores a baja tasa presentan problemas con los insectos, mientras que los percoladores a alta tasa originan problemas con malos olores.

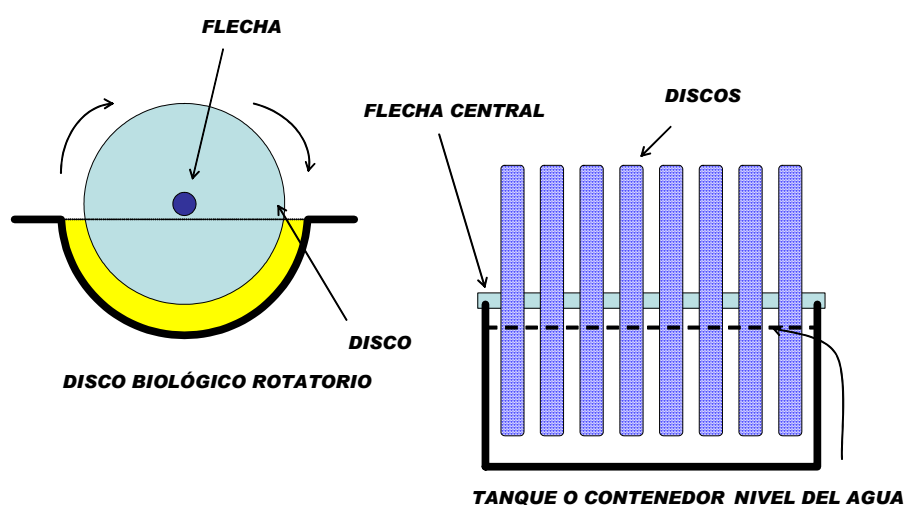


Figura 8: Biodiscos, otra alternativa en medios estáticos sintéticos.

6.1 SISTEMAS DE MEDIOS EN MOVIMIENTO

En los sistemas de medios en movimiento, la película microbiana y el medio sólido de soporte a la que está adherida, se mueven a través del líquido que está bajo tratamiento. Los dos sistemas principales que utilizan este principio son los contactores biológicos rotativos y los lechos fluidizados.

CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS

Los contactores biológicos rotatorios, también son llamados biodiscos o discos giratorios, ya que consisten esencialmente de una serie de discos de material plástico que giran y al mismo tiempo soportan la masa microbiana. En los biodiscos, una película microbiana se acumula sobre un medio de soporte parcialmente sumergido, el cual gira lentamente sobre un eje horizontal dentro de un tanque, a través del cual fluyen las aguas residuales. La película microbiana, se ve así expuesta sucesivamente a los nutrientes en las aguas residuales y al aire según gira el medio.

El medio de soporte se puede obtener con diversas configuraciones como discos: construcción de retícula o un recipiente de rejilla de alambre con un medio plástico aleatorio. La configuración de discos posee estructuras de 2 a 3 mts. de diámetro, fabricados de poliestireno o polietileno desplegado o corrugado, o de metal desplegado, de 10 a 20 mm de ancho, y montados en el eje horizontal con un espaciamiento de 20 mm entre los discos adyacentes.

El medio gira a una velocidad de aproximadamente 1 a 7 rpm usando sistemas de impulsión mecánicos o inducidos por el aire. En los sistemas de impulsión por aire, éste se rocía sobre el medio rotativo desde abajo y hacia un lado del eje horizontal. El movimiento del líquido y la flotación asimétrica del aire que se acumula a un lado del medio, induce la rotación del mismo.

El rocío del aire reduce también la anaerobiosis en la primera etapa de un sistema de unidades múltiples.

El tanque que contiene el líquido en el que está parcialmente sumergido el medio, tiene un ajuste bastante estrecho entre el medio rotativo y el flujo del líquido dentro del tanque, que combinado con la rotación del medio produce un alto grado de contacto hidráulico sobre la película de lama. Entonces, se produce una eficiente transferencia de masa del líquido a la película biológica y se aumenta el desprendimiento del exceso de lodos adheridos en el soporte sólido que se encuentra dentro del tanque. El sistema está particularmente bien adaptado al tratamiento de aguas residuales de pequeñas comunidades, pero se amplía cada vez más su uso en el tratamiento de desechos industriales.

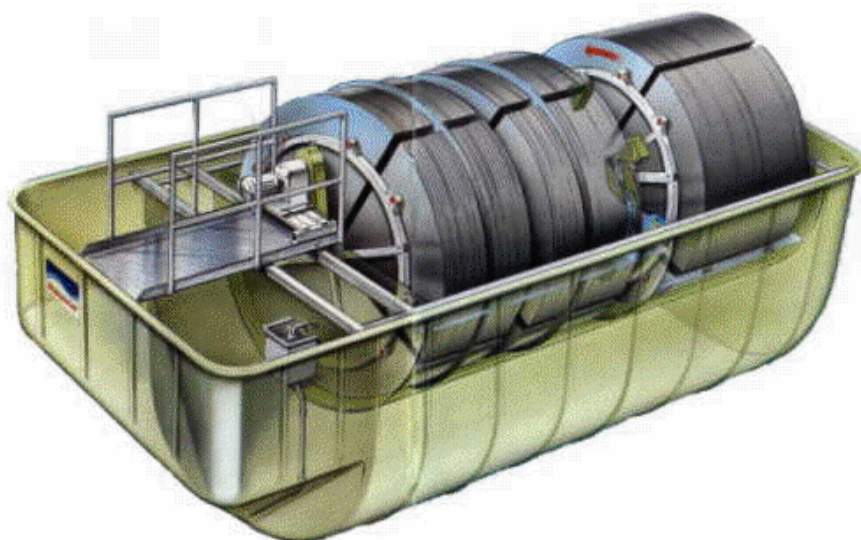


Figura 9: Discos rotatorios comerciales.

CARACTERÍSTICAS DE FILTROS BIOLÓGICOS

<i>Tipo de Filtro</i>	<i>Medio</i>	<i>Altura (mts.)</i>	<i>Carga Hidráulica m³/dia/m²</i>	<i>Carga Orgánica Kg. DBO/dia/m³</i>
Estándar	Roca	1.8 a 2.4	1.0 a 4.0	0.08 a 0.4
Alto Rendimiento	Roca	0.9 a 1.5	4.0 a 40	0.4 a 1.6
Alto Rendimiento	Sintético	5 a 10	15 a 90	0.8 a 4.8
Filtro Grueso	Sintético	5 a 10	60 a 100	1.5 a 4.8