



Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD), por medio de filtros percoladores

Ciudad de Guatemala

## Glosario de Términos:

<b>AEROBICA, DESCOMPOSICION</b>	Transformación de la materia orgánica por acción de microorganismos que requieren oxígeno libre para su desarrollo.
<b>AEROBICO</b>	Proceso respiratorio en el cual hay consumo de oxígeno. Se aplica a los microorganismos que requieren oxígeno para vivir o desarrollarse.
<b>AEROBIO</b>	Organismo que tan sólo puede vivir y crecer en presencia de oxígeno.
<b>AGUAS NEGRAS</b>	Así se denomina a las aguas contaminadas con desechos orgánicos humanos.
<b>AGUAS SERVIDAS</b>	Aguas que se abandonan una vez usadas, disponiéndolas en desagües, cursos o masas de agua.
<b>AIREACION</b>	Introducción de aire dentro del agua. Etapa en la que se inyecta aire en una corriente líquida. Los métodos más usuales son el uso de difusores, el uso de aireadores mecánicos y el uso de lechos percoladores.
<b>ANAEROBICA, DESCOMPOSICION</b>	Es la descomposición incompleta de la materia orgánica por las bacterias, en ausencia de oxígeno. Transformación de la materia orgánica por acción de microorganismos que solo se desarrollan en ausencia de oxígeno libre
<b>ANAEROBICO</b>	Todo proceso respiratorio que no requiere de oxígeno. No requiere de oxígeno libre para llevar a cabo la respiración.
<b>ANAEROBIO</b>	Organismo que solo puede vivir sin contacto con el oxígeno libre. No requiere oxígeno para vivir o multiplicarse.
<b>BACTERIA</b>	Grupo de organismos unicelulares pequeños que carecen de núcleo (Organismo microscópico con una organización celular primitiva). Se alimentan de materia orgánica descomponiendo los sólidos orgánicos para obtener alimento y energía. Algunas producen enfermedades (las patógenas), mientras que otras son beneficiosas para el hombre.
<b>BACTERIAS PATOGENAS</b>	Son aquellas que producen enfermedades al hombre.
<b>BIODEGRADABLE</b>	Que se descompone por la acción biológica. Material de residuos que puede ser llevado a sus componentes básicos por acción de las bacterias.
<b>BIOMASA</b>	Cantidad de materia viva. Es la cantidad de materia en los organismos por unidad de superficie o volumen expresado en unidad de peso, masa de material viviente. Es la cantidad de materia en los organismos por unidad de superficie o volumen expresada en unidad de peso. Cantidad total de material vivo de un cuerpo de agua particular.
<b>CONTAMINACIÓN.</b>	Se refiere a la alteración perjudicial hecha o inducida por el hombre en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente y que puede afectar la vida humana y de otras especies. La presencia en el ambiente, por acción del hombre, de cualquier sustancia química, objetos, partículas,

	<p>microorganismos, formas de energía o componentes del paisaje urbano o rural, en niveles o proporciones que alteren la calidad ambiental y, por ende, las posibilidades de vida. Alteración reversible o irreversible de los ecosistemas o de alguno de sus componentes producida por la presencia o la actividad de sustancias o energías extrañas a un medio determinado.</p>
<b>CRITERIOS DE CALIDAD</b> (Del agua)	Usos dados al agua, mejor uso. Vienen definidos por Normas de Calidad que incluyen parámetros y establecen límites.
<b>CUENCA HIDRICA SUPERFICIAL</b>	Territorio geográfico en el que las aguas que escurren superficialmente afluyen a un colector común (río) y son drenadas por éste. También puede desaguar en un cuerpo de agua (lago, laguna) o directamente en el mar. Topográficamente las líneas divisorias o de partición de las aguas superficiales constituyen el límite de las cuencas hídricas superficiales.
<b>CUENCA HIDROGRAFICA</b>	Territorio que contribuye con aguas de escurrimiento a un mismo río, lago o mar.
<b>CUERPO DE AGUA RECEPTOR</b>	Masa de agua marina o continental, individualizable por sus características naturales, sus usos o por sus límites administrativos, cuya definición espacial es expresamente definida por la Autoridad Marítima, y que recibe descargas de residuos líquidos.
<b>CUERPO RECEPTOR</b>	Curso de agua, océano o lago en el cual es descargado un desagüe. Con sentido mas amplio se aplica a otros receptores no hídricos como desagües cloacales.
<b>CUERPO RECEPTOR SUJETO A SANEAMIENTO Y RECUPERACIÓN</b>	A los fines de la ley, los cuerpos receptores no se pueden considerar plantas de tratamiento ni de disposición final. El cuerpo receptor sujeto a saneamiento y recuperación es aquel cuerpo receptor cuyas condiciones naturales han sido modificadas, haciéndolo inepto para la preservación y desarrollo de los organismos, debido a la contaminación antropogénica para el cual se han establecido o se prevé establecer programas de saneamiento y recuperación.
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno. Parámetro de medida de la cantidad de materia orgánica presente en el agua. Definida como la cantidad de oxígeno requerida por los micro-organismos no-fotosintéticos para metabolizar las sustancias orgánicas bioquímicamente degradables, para llegar a productos de oxigenación simples como gas carbónico (CO <sub>2</sub> ) y agua (H <sub>2</sub> O), nitrito de amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), otros minerales y la síntesis de una nueva biomasa. El nitrógeno se libera en la forma de amonio.
<b>DBO5</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días. Para efectuar la medición se inocula una muestra de agua con una mínima cantidad de bacteria y se deja en reposo por cinco (5) días a 20°C en total oscuridad en contacto con una cantidad de oxígeno previamente determinada;

	<p>DBO5 es la cantidad acumulativa de oxígeno que se consume en esas condiciones.</p> <p>El objeto de trabajar en oscuridad es prevenir la falsificación en el consumo de oxígeno por la producción y consumo de oxígeno de sustancias fotosintéticamente activas, como algas.</p>
<b>DQO</b>	<p>Demanda Química de Oxígeno. Se refiere a la cantidad de oxígeno en el agua necesaria para oxidar el carbón orgánico presente en todos los compuestos orgánicos presentes en el agua para reducirlo a gas carbónico (CO<sub>2</sub>). Con la medición del DQO se puede medir la biodegradabilidad de la materia orgánica.</p>
<b>Eficiencia <math>\eta</math></b>	<p>Se refiere a la relación entre la Demanda de Oxígeno a cinco días del líquido a tratar (in) comparada con el líquido tratado (out) y se expresa con la expresión matemática:</p>
<b>EFLUENTE</b>	<p>Que emana o se desprende de algo. Aguas contaminadas descargadas.</p>
<b>EFLUENTE DOMESTICO</b>	<p>Residuos producidos por los asentamientos humanos-colectividades, incluyen principalmente aguas negras de las ciudades.</p>
<b>EMULSIFICACION</b>	<p>Proceso por medio del cual un líquido es dispersado en otro en forma de pequeñas gotas.</p>
<b>EUTRIFICACION</b>	<p>Enriquecimiento de las aguas con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por su eliminación definitiva por mineralización, de manera que el exceso de materia orgánica producida hace disminuir enormemente el oxígeno en las aguas profundas. Estado de un cuerpo de agua con un gran aporte de nutrientes y, por tanto, con una gran producción de materia orgánica. Viene a significar un enriquecimiento indeseable del agua (Acumulación de nutrientes en un área), el exceso de nutrientes (nitrógeno, fósforo, etc) en el agua al ser intenso tiene como consecuencia un desarrollo excesivo de algas y plantas acuáticas que interfieren con los posibles usos del agua.</p>
<b>EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL (E.I.A.)</b>	<p>La predicción o presunción del impacto ambiental de una actividad o proyecto específico, y la proposición de alternativas para prevenir o atenuar los efectos degradantes o deteriorantes del ambiente que puedan seguirse de su realización o ejecución. Se la representa normalmente en un documento público que tiene el mismo nombre de la actividad. Actividad diseñada para identificar, predecir, interpretar y comunicar información sobre el impacto de la acción sobre la salud del hombre o su bienestar. El procedimiento destinado a identificar e interpretar, así como a prevenir las consecuencias o efectos que acciones o proyectos públicos o privados, puedan causar el equilibrio ecológico, al mantenimiento de la calidad de vida y a la preservación de los recursos naturales existentes.</p>
<b>FOTOSÍNTESIS</b>	<p>Proceso mediante el cual las plantas capturan la luz solar para sintetizar compuestos ricos en energía, como glucosa, a partir de agua y dióxido de carbono</p>

	Proceso natural de singular importancia y altamente complejo en virtud de la cual las plantas verdes sintetizan compuestos orgánicos de anhídrido carbónico y agua en asociación con clorofila, bajo la acción de la luz del sol.
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	La alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre. Es un juicio de valor sobre un efecto ambiental. es un cambio neto (bueno o malo) en la salud del hombre o en su bienestar.
<b>MATERIA ORGANICA</b>	Cantidad de sustancia orgánica en el efluente que ejerce un efecto adverso en el cuerpo receptor de agua.
<b>MICROORGANISMO</b>	Organismo pequeño que no se ve a simple vista (bacteria, virus).
<b>PATÓGENO</b>	Que causa enfermedad.
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	Facilidades para la purificación de residuos o efluentes, mediante métodos mecánicos, físicos, químicos y biológicos o combinación de éstos. Es aquella instalación industrial que realiza el procesamiento y tratamiento de los residuos asegurando su posterior inocuidad.
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
<b>PTARD</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (de uso humano sin contaminantes químicos resultado de procesos industriales).
<b>SEDIMENTACIÓN</b>	Proceso en el cual las sustancias en suspensión se depositan en el fondo.
<b>SEDIMENTO</b>	Material (minerales, materia orgánica, etc.) que habiendo estado suspendido en un líquido, se deposita en el fondo.
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</b>	Son los residuos filtrados del agua, desecados a la temperatura normalizada, después de haberlos lavado con un disolvente orgánico con el fin de eliminar aceites. Son aquellos que se encuentran suspendidos en el líquido y son visibles a simple vista. Incluyen partículas flotantes como polvo, arcilla, materia fecal, etc. Están constituidos por 70% de sólidos orgánicos y 30% de inorgánicos.
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	Es la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión.
<b>SST</b>	Cantidad total de sólidos suspendidos.

## Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) por medio de Filtros Percoladores

### 1. Justificación

Los vertimientos de las aguas residuales domésticas sin tratar en las aguas superficiales naturales como los lagos, quebradas y los ríos o en las fuentes subterráneas mediante pozos de absorción ocasionan grandes problemas de contaminación.

Si bien es cierto que cada lago y río tiene alguna capacidad para asimilar una cierta contaminación orgánica, éste sí tiene sus limitantes en cuanto a los volúmenes descargados. Encima de un cierto volumen crítico, la descomposición de las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales a través de las bacterias presentes naturalmente en las aguas superficiales resultará en un muy elevado consumo de oxígeno disuelto, ocasionando un peligro para las formas superiores de vida biológica en los lagos y ríos y creando condiciones desventajosas para el hombre.

Por ejemplo en el Lago de Atilán, tenemos un ente acuífero estático con afluentes y escorrentías muy pequeñas comparados con el volumen de agua del lago y sin efluentes superficiales conocidos que permitan la posibilidad de recambio, esto lo hace más vulnerable al proceso de eutrofización por causa de los nutrientes.

Por estas razones, las descargas de aguas residuales domésticas en los lagos y ríos tienen que ser controladas mediante la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales dependiendo del caso..

La planta de tratamiento evitará incrementar la contaminación de las diferentes fuentes acuíferas, por las actividades que se desarrollan en ellos, lo que trae grandes **beneficios ecológicos**, permitiendo mantener la biodiversidad. Muchas veces se pierde de vista que un proyecto ecológico no solo se limita a mejorar el medio ambiente, sino que eso a su vez trae **grandes beneficios de tipo económico y social** :

- Construcción de vivienda y servicios

La construcción del proyecto, como infraestructura residencial, solo es viable a mediano y largo plazo cuando se mantiene la calidad del agua de los ríos donde se descarga el efluente .

- Recuperación de los lodos mineralizados como fertilizantes  
Dentro de las ventajas económicas hay que resaltar la recuperación de los lodos con lo cual se **cierra el círculo ecológico** de consumo y de producción de desechos del hombre con respecto a la naturaleza. Empero, los lodos de las plantas de aguas residuales domésticas contienen muchos nutrientes, que a su vez se pueden recuperar como fertilizantes para la agricultura.
- Ahorro en el costo de tratamiento del agua potable utilizada por municipalidades

Recuperando los lodos de los vertimientos sostiene la calidad del agua en las diferentes fuentes acuíferas. Eso a su vez permitirá mantener el mismo consumo de químicos en las plantas de potabilización municipales que eventualmente utilizan el agua del río aguas abajo, manteniendo el costo por metro cúbico de agua potable producido en el mismo nivel.

- Efectos sobre la pesca comercial en los ríos.

La no contaminación resultará en un sostenimiento de los niveles de oxígeno en los ríos, lo que a su vez sostiene las condiciones para la migración de los peces en su fase de reproducción, permitiendo mantener la producción pesquera.

## 2. Criterios generales del diseño

Nuestros diseños se guían en general por los siguientes principios :

- **Mínimo costo de inversión :**
  - \* mínima cantidad de equipos, limitandose a los imprescindibles para la buena operación de la planta, de acuerdo a la escala de la planta;
  - \* mínimos costos de construcción, por la distribución compacta de los diversos elementos de la planta, con el fin de obtener no solamente la mínima ocupación de área sino también poder remover todos los sub-productos generados por la planta (lodos, arenas y sólidos tamizados) de forma eficaz e eficiente.
  
- **Mínimo costo de operación y mantenimiento :**
  - \* mínimo consumo de energía eléctrica;
  - \* mínimos requerimientos de personal en general, y mínimos requerimientos de personal *especializado* en particular;
  - \* cero consumo de insumos químicos;
  - \* puesta en marcha fácil y rápida;
  - \* mínima producción de sub-productos generados por el proceso;
  - \* la selección de *equipos de bajos requerimientos de mantenimiento*;
    - todos los equipos serán de *fabricación reconocida* con amplias referencias *a nivel mundial*, garantizando que cumplen con las exigencias específicas del medio en el cual tienen que desempeñar su función, asegurando una operación robusta y duradera;
    - los equipos se construirán en *acero inoxidable AISI 304*; los motoredutores, hechos en hierro fundido, se protegen con pinturas epóxicas;
  - \* para *evitar la corrosión electroquímica* entre diversos metales, se separarán estos metales donde están en contacto el uno con el otro con un material no conductor.



- **Mínima generación de olores**

- \* uso preferencial de procesos aeróbicos;
- en caso de procesos anaeróbicos implementar sistemas de evacuación de gases y tratamiento de los mismos.

- **Seguridad laboral** ante todo; estas medidas incluyen :

- \* cada equipo que puede presentar un peligro, por la rotación automática o la generación de un movimiento libremente accesible - sea continuo, sea discontinuo - tendrá un *botón de parada de emergencia*, colocado en un sitio adecuado; adicionalmente, en el tablero eléctrico se coloca un botón de parada de emergencia general para toda la planta;
- \* en las pasarelas, las escaleras, así mismo como en los tanques cuyos bordes no superan 0.8 m encima del nivel del suelo, se colocarán *barandas metálicas*;
- \* los acoplamientos, las correas, los tornillos, o cualquier otro tipo de equipo rotativo o móvil compacto, se tiene que proteger mediante un *encaje*.

- **Medidas de contingencia :**

- \* los equipos críticos serán colocados en *stand-by* para garantizar su adecuado funcionamiento en cualquier circunstancia; tomamos como punto de partida *duplicar cada equipo vital de la planta*. Un equipo vital es un equipo que cuando falla perturba de forma inmediata la operación normal de la planta. A título de ilustración mencionamos que no es lo mismo que se para una bomba de afluente a que se para una bomba de lodos en el clarificador final. En el último caso, el proceso puede seguir operando normalmente durante un par de días; solo se presentará una acumulación de lodos antes de ocasionar eventualmente un rebose de éstos en el agua clarificada, si no se resuelve el problema a tiempo. De todas formas, la situación es distinta y podemos hablar de un problema manejable, permitiendo la reparación de la bomba antes de presentarse problemas mayores;
- \* sistema de *by-passes* para evitar el riesgo de inundaciones y poder realizar eventuales trabajos de mantenimiento preventivo a las unidades que así lo requieran;

- \* planta de emergencia (o línea segura que viene de la planta de emergencia de una fábrica en el caso de una planta industria o municipal) para asegurar el funcionamiento de la planta en situaciones de interrupciones en el suministro de la energía eléctrica.

- **Facilidad de mantenimiento**

- \* por el medio específico en el cual se tiene que desempeñar un operario en las plantas de tratamiento de aguas residuales, consideramos como principio primordial dentro de la *humanización* de su trabajo, la implementación de algunos equipos que harán su labor más conveniente y agradable, como p.ej. la implementación de rejillas de limpieza automática en lugar de rejillas de limpieza manuales (prescindiendo de la total falta de confiabilidad de las últimas), cuando la escala de la planta lo amerita;
- \* en lo posible, vamos a concentrar los puntos de generación de los sub-productos generados por la planta lo más cercano posible a la vía de acceso, para optimizar la *eficacia en la operación* de la planta;
- \* se prevee la *facilidad de acceso* para mantenimiento en los equipos que lo necesitan; si hay equipos con diversos puntos de engrase, todos estos puntos se reunirán con tubería en acero inoxidable en un solo sitio de fácil acceso, para que el operador no se olvide de controlar ningún punto que no se ve bien o donde es difícil o hasta peligroso acceder; si hay más de seis puntos de engrase, vale la pena utilizar un distribuidor central de grasa; claro que todos los puntos de engrase tienen que ser del mismo tipo en una sola planta, para que baste tener una sola bomba de engrase para toda la instalación.

### 3. Selección del proceso de tratamiento

#### 3.1. Introducción

Las aguas residuales consisten de unas sustancias disueltas y unas sustancias no disueltas. Entre las materias no disueltas se encuentran principalmente las arenas y las grasas (emulsificadas), aunque las grasas existen también en forma disuelta como ácidos grasos.

Las sustancias orgánicas como proteínas y carbohidratos se presentan en forma mixta, es decir tanto disuelta y no disuelta.

La función de una planta de tratamiento consiste en tratar las aguas residuales de tal forma que el efluente cumpla con el reglamento vigente del MARN para el "Tratamiento de las Aguas Residuales y la Disposición de Lodos"

#### 3.2. Parámetros de diseño

La proyección de la cantidad de habitantes

El aporte de caudal por habitante l/día incluyendo caudal de infiltración.

Los parámetros de diseño de la planta son entonces los siguientes :

Población servida: Cantidad de habitantes :

Carga orgánica por visitante: (Grs DBO/día/hab) :

Flujo promedio por visitante: ( Lt/día/hab)  
incl infiltración :

Influente: (Mg DBO/lt) :

Carga orgánica diaria: (Kg DBO/día)

:  
Caudal diario promedio : ( M3/día)

:  
Caudal promedio horario: (M3/hora).: :

Caudal máximo horario: (M3/hora) :

Eficiencia de diseño: 90% :

### 3.3. Pretratamiento y tratamiento biológico

Una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas se diseña básicamente para cumplir con una cierta remoción en DBO, debido a que los otros parámetros se correlacionan con ello y disminuyen proporcionalmente en la medida que disminuye la DBO.

Antes de pasar las aguas residuales por el proceso de tratamiento biológico, que también se denomina proceso "secundario", se requiere de un "pretratamiento" o "tratamiento primario", donde se retirarán las partículas no disueltas de las aguas. Empero, estas partículas podrían ocasionar bloqueos o incluso daños de algunas partes rotativas como distribuidores en un filtro percolador, barrelados en tanques de sedimentación y erosionar los impellers y los encajes de las bombas de lodos. Además, pueden ocasionar bloqueos en tuberías o sedimentar en los filtros percoladores, los clarificadores, los digestores de lodos, etc...

Esta separación de arenas y partículas pesadas (piedras) se lleva a cabo en un desarenador. Los otros sólidos gruesos no disueltos se retiran antes del sistema de tratamiento biológico mediante una rejilla.

El pretratamiento en aguas residuales domésticas normalmente no incluye la separación de grasas. Empero, en estas aguas las grasas se encuentran sobretodo en forma de grasas disueltas, es decir en forma de *ácidos grasos*. Como éstos se encuentran *suspendidos* en el agua, no se pueden separar por una acción mecánica (p.ej. mediante la inyección de aire disperso). Consta decir que eso tampoco es necesario, debido a que los ácidos grasos son compuestos fácilmente y rápidamente biodegradables en el proceso biológico. Incluso son los primeros compuestos que serán consumidos en el proceso biológico, incluso antes de la carbonización de la materia orgánica. La separación de grasas solo tiene sentido en industrias como mataderos o industria de lácteos, donde las grasas son emulsificadas y formarán una *membrana* encima de las células bacterianas, impidiendo el contacto entre las bacterias y la materia orgánica, perturbando cualquier proceso biológico posterior.

Eventualmente puede existir una tercera etapa de tratamiento que tiene como fin mejorar la calidad del agua tratada, y puede haber uno o más fines como :

- *reducir los organismos patógenos*, p.ej. a través de desinfección con cloro, luz ultravioleta u ozono; esto se requiere en aguas que se utilizan para fines recreacionales;

- *reducir el volumen de sólidos suspendidos* en el flujo final (p.ej. bajar de 35 mg SST/l a menos de 10 mg SST/l); para tal fin se utilizan filtros de arena con regeneración automática - la inversión en una planta parecida puede igualar o incluso superar la inversión de las dos etapas anteriores en la planta de tratamiento de aguas; entre más se purifica el agua, más cara se torna la inversión requerida;
- *reducir los nutrientes*, particularmente los elementos inorgánicos como el nitrógeno y el fósforo; eso es importante en algunas aguas superficiales para evitar el fenómeno de *eutrofización*, no solamente en los rios lentos o los lagos, sino también en algunas aguas saladas (p.ej. como en partes del Mar del Norte y en algunas partes del Mar Mediterráneo). Consiste en un desarrollo excesivo de organismos fotosintéticos como algas, que durante el día con la luz solar generan oxígeno en el agua, pero durante la noche explotan completamente la reserva de oxígeno en el agua por su típica respiración. Factores que catalizan este proceso son compuestos de nitrógeno y fósforo como también compuestos carbónicos que no han sido descompuestos en el tratamiento.

En los diseños de **Grupo.BioDinámico S.A.** nos vamos a limitar solamente al pretratamiento y el tratamiento secundario, cumpliendo con la normatividad existente en el país. Obviamente, en el futuro, si la norma se volverá más exigente, siempre se pueden hacer ampliaciones y remodelaciones para que la planta aumenta su eficiencia de tratamiento.

## 4. Dimensionamiento de la planta

A continuación vamos a describir todos los elementos de la planta de tratamiento, con base en los criterios expuestos anteriormente.

### 4.1. Rejilla de limpieza manual

La rejilla manual tiene como función la separación de los sólidos gruesos que están presentes en las aguas residuales, en caso de plantas municipales o de grandes dimensiones se recomienda utilizar rejillas autolimpiantes para optimizar su operación

### 4.2. Desarenador

Los sistemas de alcantarillado, por ser semicombinados, reciben grandes cantidades de arenas y partículas pesadas (gravillas, piedras, etc.). Estas partículas no provienen solamente de las vías pavimentadas y las carreteras destapadas, sino que también entran en el sistema de alcantarillado por infiltración y por la limpieza de los pisos.

Estas arenas y partículas pesadas causan efectos adversos si se dejan ingresar al sistema de tratamiento y estos efectos se propagan por todas las etapas del mismo. Entre los impactos se mencionan :

- obstrucción de tuberías, canales y conductos;
- acumulación en el filtro percolador, el clarificador y los digestores de lodos, disminuyendo su capacidad y obligando a periódicas y dispendiosas operaciones de mantenimiento;
- abrasión de equipos mecánicos y las mismas tuberías.

El desarenador por gravedad consiste de un tanque con un tiempo de retención al caudal horario pico. Esta trampa consiste de un fondo inclinado en 60 grados, para que sedimentan los sólidos pesados, permitiendo que solo fluye la materia orgánica al proceso secundario.

### 4.3. Estación de bombeo

Para obtener el mejor rendimiento de los filtros percoladores, es importante alimentarlos con un caudal continuo.

El diseño hidráulico de la estación de bombeo, consiste de una válvula de cheque entre el compartimiento donde están las bombas y la caja de salida del efluente, lo que garantiza que cuando llega menos agua que el

caudal máximo de diseño por el alcantarrillado, el efluente de la planta no se verterá al río sino que recirculará automáticamente a la estación de bombeo del influente, evitando que las bombas giren en seco y garantizando un flujo continuo por el filtro percolador.

Cuando llega más agua que el caudal de diseño, esta agua saldrá por el aliviadero de emergencia directamente al colector que va al río.

Se recomienda utilizar bombas sumergibles importadas de Europa o de USA, con servicio de mantenimiento local, para el bombeo del influente, que tienen las siguientes características :

- impeller **abierto** de **una sola aspa**, diseñado especialmente para bombeo de aguas residuales domésticas; pasaje libre para sólidos con **tamaño de hasta 50 mm**; hierro fundido CI 25
- eje en acero inoxidable
- potencia consumida
- sistema de control térmico en el embobinado del motor
- salida :
- frecuencia
- doble sello mecánico, SiC/SiC, en baño de aceite, con sensor de fuga, para avisar con tiempo el deterioro de los sellos, antes de que eso produzca un daño grave en el motor sumergible

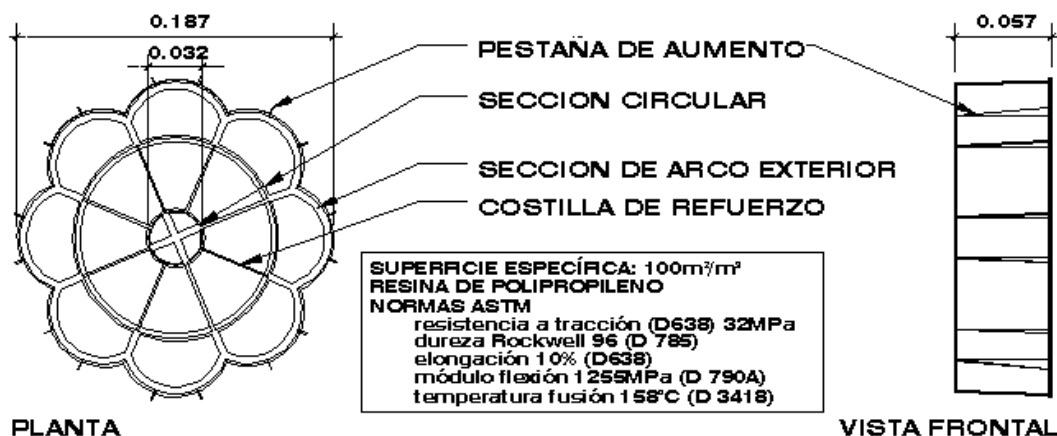
Estas bombas se instalan con un tubo guía y un pedestal, que permite una instalación segura y bien alineada sobre el codo del fondo, por el mismo peso de la bomba; al mismo tiempo permite el levantamiento de la bomba para mantenimiento, sin necesidad de desamarrar ningún elemento de fijación en el pozo de bombeo.

#### 4.4. Tratamiento secundario con filtros percoladores

Los filtros percoladores han sido utilizados para el tratamiento secundario del agua residual por más de un siglo. Su tecnología se desarrolló en Inglaterra, cuna de todos los métodos modernos de tratamiento de aguas residuales. Inglaterra es todavía el país donde más filtros percoladores existen a nivel mundial, por haber sido justamente vanguardia en el tratamiento de aguas residuales y la recuperación de sus aguas superficiales.

Esta tecnología ha sido probada con éxito en Guatemala por **Grupo BioDinámico S.A.**, en las plantas de tratamiento del parque acuático Aquaventura en Masagua y La Urbanización Villas Arcangel en Ciudad de Guatemala, con eficiencias superiores al 90%

El principio de tratamiento en un filtro percolador consiste en que sobre un medio de soporte se forma una película de biomasa activa que realiza la descomposición de la materia orgánica. El agua se distribuye en toda la superficie del lecho filtrante y en el fondo se recolecta, ya tratada.



Obviamente han habido muchos progresos desde los primeros días de la implementación de los procesos de tratamiento de aguas residuales. Los primeros filtros percoladores utilizaban como medio soporte de la biomasa todo tipo de piedras, siendo las rocas volcánicas las más aptas por ser las más porosas. Desde hace 30 años, se utiliza como soporte del lecho un material sintético, con un diseño particular, diseñado especialmente para obtener no solamente más superficie sino también más porosidad (95 %).

El medio filtrante propuesto consiste de dispositivos octagonales en polipropileno. El polipropileno es un plástico fuerte (tiene un modulo de elasticidad 5 veces mayor al polietileno) con una resistencia muy alta contra la degradación por la luz ultravioleta (que no es el caso con el PVC p.ej.). El material es muy adecuado para uso en aplicaciones de aguas residuales, porque no es tóxico para los micro-organismos, no se pudre ni se deteriora por ataques de hongos o bacterias, se envejece muy poco y es muy resistente a la erosión.

La superficie específica es muy grande :  $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Comparando con el sistema de piedras volcánicas, que solamente tiene - en el mejor de los casos -  $50 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , significa que se puede obtener con el relleno en polipropileno una película de biomasa dos veces superior a la piedra.

Cada dispositivo tiene un diámetro de 187 mm y cuenta con 20 aperturas internas. La colocación de estos elementos impide la formación de superficies horizontales y verticales continuas dentro del filtro. Así se logra un mínimo de 10.000 puntos de mezclado o redistribución interna, tanto

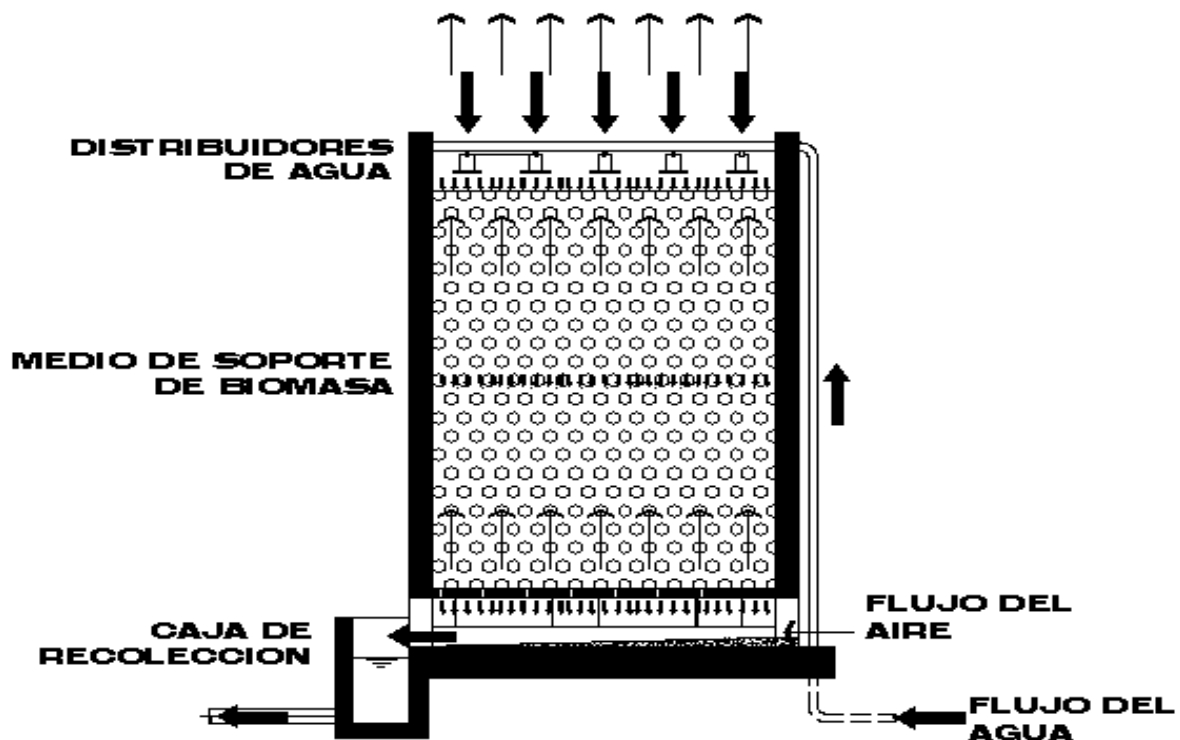


del líquido como del aire, por  $m^3$  de filtro. En cambio, las piedras, gravas o rocas no son productos de ningún *diseño* específico, lo que no garantiza ninguna redistribución equitativa del agua dentro del filtro; al contrario, se crearán flujos preferenciales que van en contra de la eficiencia.

La circunferencia de cada dispositivo es formada por ocho (8) secciones de arco y unas pestañas de aumento. Esta circunferencia tiene como objetivo asegurar, que la superficie específica de  $100 m^2/m^3$  se mantenga durante la operación del filtro, porque impide el contacto entre las secciones o las superficies de piezas vecinas. En cambio, las piedras o gravas se acomodan con el tiempo lo que disminuye el área total disponible para el sostenimiento de las bacterias dentro del filtro.

Como el relleno en polipropileno tiene un vacío de 95 % respecto a 40% en grava, el tiempo de retención es **2.4 veces más grande** en el caso del relleno plástico, para un mismo volumen.

Los costos de construcción del filtro percolador no solo disminuyen por requerir menos volumen, sino que además, como el metro cúbico de relleno plástico tiene un peso de apenas  $40 kg/m^3$ , se reducen las exigencias estructurales del tanque. Eso facilita también la construcción en la altura del mismo, con lo que se obtiene una planta muy compacta.



Para asegurar un buen funcionamiento del filtro percolador, se requiere un excelente sistema de distribución del flujo sobre la superficie del mismo. Para lograrlo se utilizan distribuidores rotatorios, el equipo consiste de una cámara de distribución en acero inoxidable, diseñada para distribuir de forma equitativa el caudal de agua en los dos (2) brazos. El sistema de distribución es rígido y consiste en una construcción autosostenida, interconectando las tuberías y la columna con un sistema de tubos tensores en acero inoxidable AISI 304, todos los pernos y tuercas utilizados en el ensamblaje del sistema serán fabricados en acero inoxidable AISI 304, se garantiza la estabilidad del sistema con un anillo inferior fabricado en NYLATRON., Entre la salida de agua del plato y el filtro debe haber un espacio libre de 20 a 25 cm.

El sistema de rodamientos "heavy duty" tendrá como mínimo 100.000 horas de vida según AFBMA B10, para minimizar el mantenimiento, se propone el uso de SYSTEM 24 de SKF que garantiza la autolubricación de los rodamientos sin necesidad de intervención manual durante un período preestablecido (3 a 4 meses), los rodamientos son totalmente aislados del flujo de agua.

La junta central del sistema es del tipo "seal-less" que no requiere ningún tipo de mantenimiento posterior ni cambio de repuestos.

El brazo rotatorio se acciona a través de un motor con velocidad variable, para cumplir con las recomendaciones estipuladas en el manual WEF. La distribución de los orificios a lo largo del brazo se calcula de tal forma que se garantice la perfecta distribución del agua sobre toda la superficie del filtro.

Cada brazo dispone en sus extremidades de un tapón de apertura rápida que facilita el trabajo de limpieza.

Es muy importante el funcionamiento del distribuidor para obtener un efecto de enjuague sobre el medio de soporte con el fin de que la película de la biomasa no crezca encima de 1-2 mm, utilizando la fuerza de erosión del agua; si la película crece encima de 1-2 mm se pierde el espacio vacío dentro del filtro, o sea se pierde superficie total de la película aeróbica, que es la única que trabaja en la descomposición de la carga orgánica.

El equipo incluye el cable y el tablero eléctrico con el variador de frecuencia y el control automático de las dos velocidades con dos temporizadores según la recomendación de la WEF.

#### 4.5. Clarificador

Cuando la biomasa en el filtro percolador cumple su ciclo (con una expectativa de vida de 20 a 30 días), se desprende de los dispositivos y lo lleva el agua que corre por el filtro percolador. Nunca se requiere el retrolavado del filtro, porque no se taponan ni se saturan, pero sí se necesita separar esta biomasa ya inactiva del efluente, antes de verterlo al mar. Este proceso se lleva a cabo en el clarificador. Además se trata de obtener algún *espesamiento de la biomasa* en el fondo del clarificador, antes de bombear los lodos a los digestores.

Se pueden utilizar clarificadores circulares, cuadrados o rectangulares. De los estudios realizados en Europa resulta que no existen realmente diferencias en cuanto a la eficiencia de estos sistemas, teniendo una carga superficial igual, siempre y cuando se respetan las reglas básicas del diseño.

Los costos de construcción civil siendo iguales, es evidente que un clarificador circular sí requiere de más equipos, en particular un barrelos de giro lento, que es un equipo bastante costoso. En cambio, los clarificadores cuadrados no requieren de estos equipos captando los lodos en una tolva con una inclinación de 60 grados de las paredes.

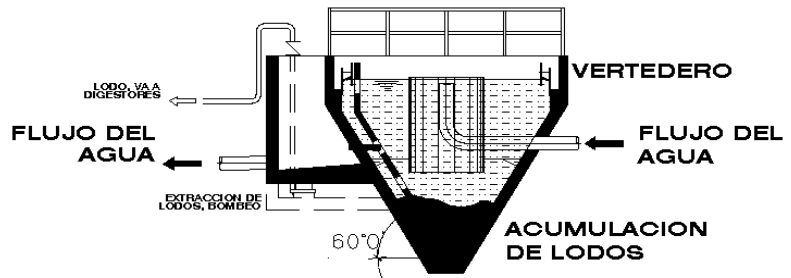
En la práctica de tratamiento de aguas residuales para filtros percoladores se trabaja para los clarificadores secundarios con una carga de superficie que oscila entre 1 y 1.5 m/h.

En el diseño de los clarificadores hay que evitar que el tanque sea demasiado grande. Durante la sedimentación disminuye mucho el nivel de oxígeno disuelto y en casos extremos puede ocurrir incluso una fermentación anaeróbica con formación de gases en el fondo, que tendrá como consecuencia que los lodos sedimentados empezarán a flotar y dañarían totalmente la calidad del efluente.

Otro fenómeno perjudicial que podría ocurrir en instalaciones sin denitrificación es una denitrificación en el fondo del tanque de sedimentación con la formación de nitrógeno que igualmente llevaría los lodos a flotar.

Por estas razones se trata de que el tiempo de residencia de los lodos en el tanque de sedimentación sea lo mínimo posible y que se evacúen lo más pronto posible los lodos del tanque.

En la circunferencia del clarificador hay un pozo que se comunica por el principio de vasos comunicados con el centro del tanque; en este pozo se coloca una bomba externa auto cebante, que cuando se acciona, succionará los lodos hacia el pozo. Esta bomba se accionará cada hora durante unos segundos, cada una prendiéndose en serie, en un ciclo libremente programable. Estos lodos se bombean a los digestores.



El agua sale del clarificador ya tratada y con la eficiencia prescrita, lista para descargar al río

#### 4.6. Tratamiento de lodos

El primer y más importante producto generado por una planta de tratamiento es por supuesto el agua tratada. Sin embargo, siempre habrá un producto secundario, el lodo, que puede ser o no un producto deseable, dependiendo del diseño y de la calidad de las aguas residuales.

En caso de que la planta haya recibido aguas residuales procedientes de hospitales, industrias textiles, industria metalmeccánica, industrias farmacéuticas y similares, los lodos podrían ser contaminados con colorantes, productos químicos, metales pesados, etc. En caso de una grave contaminación, significa que estos lodos tendrían que ser llevados a un relleno sanitario o quemados en instalaciones especializadas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, y seguramente en pequeños localidades con poca actividad industrial, los lodos pueden ser un recurso valioso, una materia prima que se puede utilizar como fertilizante en la agricultura.

En términos de peso seco, los lodos de un proceso aeróbico contienen aprox. 50 % de materia orgánica, 5 % N, 5 %  $P_2O_5$ , 0.5 %  $K_2O$  y otros minerales importantes como Mg, Zn, Mn, Ni, Co... Como fertilizante orgánico es comparable con estiércol de finca. Los micro-organismos presentes en el suelo transforman la materia orgánica en materia microbiológica nueva y  $CO_2$ . La fracción orgánica residual recalcitrante contribuye al contenido de humus en el suelo.

Los minerales liberados como N, P, K,... sirven como nutrientes de los cultivos. Es importante el hecho de que el lodo descompone muy lentamente en el suelo.

La serie de mineralización del nitrógeno orgánico en el lodo estabilizado es de 0.2 - 0.3; 0.1 y 0.05, lo que indica que en el primer año solo 25 % del nitrógeno orgánico se libera, 10 % en el segundo año, 5 % en el tercer año, etc. (Prof. VERSTAETE, Biotechnological Processes in Environmental Technology, Universidad de Gante, 1986; SABEY, The use of sewage sludge as a fertilizer, 1980)

Significa que el lodo actúa como un fertilizante tipo "slow-release". Lo mismo ocurre con la liberación de la carbono orgánico. GILMOUR y GILMOUR (Assimilation model for sludge decomposition in soil, 1980) indican que después del primer año, todavía un 75 % del carbono está presente en el suelo. Los lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales son por lo tanto muy eficientes para mejorar la materia orgánica del suelo, incrementar el contenido suelo-agua y evitar la erosión.

Se podría dosificar en suelos con una razón de 2 ton de materia seca por ha por año o en pastos con una razón de 1 ton de materia seca por ha por año; en el primer caso eso representa aprox. 50 USD en valor de materia orgánica y nutrientes minerales, si se compararía con fertilizantes artificiales.

#### 4.6.1. Producción diaria de lodos

El filtro percolador produce 0.45 kg de lodos expresados por kg DBO removido.

Como este producto tiene todavía un gran contenido en agua, se necesita reducir este contenido para obtener un producto menos voluminoso. Luego, para obtener un producto mineralizado con las características expuestas anteriormente, se tienen que digerir los lodos. Para cumplir con estas funciones, los lodos sedimentados en el fondo del clarificador serán bombeados al digestor de lodos.

#### 4.6.2. Mineralización de los lodos en el digestor

En el digestor de lodos ocurren varios procesos al mismo tiempo:

- **digestión de los lodos**

Para obtener un producto mineralizado con las características expuestas anteriormente, en el digestor ocurre un proceso en dos (2) etapas en las cuales participan diversos tipos de bacterias :

- Primera etapa no metanogénica

- \* *Hidrolisis* - formación de compuestos orgánicos múltiples (grasas, proteínas, carbohidratos)
  - \* *Acidificación* - formación de compuestos orgánicos singulares (ácidos y azúcares)
- Segunda etapa metanogénica

Esa es propiamente dicho la etapa de la digestión donde participan las bacterias metanogénicas.

#### **-reducción del contenido de agua libre.**

Como los lodos tienen un gran contenido en agua, el agua liberada en el reactor que es más liviana que los lodos flotará y se eliminará por el vertedero en la parte superior del digestor, por donde se evacuarán también las natas. Esta capa flotante consiste de grasas, semillas, pelos, etc. y seguirá creciendo si no se purgaría de la forma aquí propuesta. Como instalamos el vertedero en la parte superior del digestor garantizamos la eliminación de la capa de flotantes de forma continua, junto con el agua liberada - altamente cargada - que regresan a la estación de bombeo, para ser tratadas en el proceso de la PTARD.

El proceso de fermentación transformará la parte digerible orgánica de los lodos en gases lo que reducirá el peso neto de los lodos al final del proceso. En promedio se espera una reducción de 40 a 45 % en peso seco. La digestión produce lodos totalmente mineralizados que no producirían muchos olores a la hora de su evacuación hacia los lechos de secado para su tratamiento final : la deshidratación. Asumiendo una reducción de 40 % en el peso seco de los lodos

La entrada de lodos frescos produce un contacto intenso entre el lodo fresco y el lodo en proceso de digestión, para activar de forma inmediata el lodo fresco. Esta mezcla que solo se produce de forma discontinua - cada vez que una bomba de lodos en el digestor se acciona.

Por esta razón, solo se prevee la eliminación del agua liberada en los digestores . La corta pero intensa mezcla del lodo fresco con el lodo activo logrará equilibrar la temperatura del lodo fresco con la temperatura del lodo presente en el digestor y evitará que el lodo fresco - normalmente más frío que el lodo activo - termine sedimentandose en el fondo del digestor, donde se encuentra el lodo ya más digerido.

#### 4.6.4. Deshidratación de los lodos

La deshidratación final de los lodos se propone llevar a cabo en un lecho de secado. Otros métodos disponibles para la deshidratación de lodos requieren de equipos eléctrico-mecánicos, como el filtro prensa, la banda tamiz o la centrífuga. Todos estos equipos significan altos costos de operación por las siguientes razones :

- la *alta potencia instalada* en equipos :
  - bombas de alta cabeza en filtro-prensas
  - motoredutores de alto giro en centrífugas
  - accionadores para rodillos en bandas tamizes
- la necesidad de una *continua dosificación de polímeros*, a razón de 3 a 5 g PE por kg PS y un costo promedio de 5 USD/kg PE;
- son de *difícil mantenimiento*, lo que implica una gran dependencia en cuanto al servicio externo especializado y la poca disponibilidad de repuestos de bajo movimiento en el mercado nacional.

Por ser demasiado costoso en inversión y en operación, recomendamos utilizar lechos de secado, que además, con las altas temperaturas que reinan en Guatemala, obtendrán un secado rápido de los lodos. Los lechos de secado se pueden operar con un tiempo que oscila entre 5 y 7 días. Proponemos cubrir los lechos de secado con una estructura de techo en cubierta termoaislante, para prevenir que los lodos se mojan con las lluvias. Como los lodos son digeridos previamente y se secarán de forma rápida, los lechos de secado generarán pocos malos olores.

El lecho de secado es un sistema muy económico para deshidratar los lodos, lo que no significa que es un sistema obsoleto. Incluso en Bélgica y Holanda, hasta hace poco, el sistema de lechos o lagunas de secado era un sistema comúnmente utilizado, a pesar de las bajas temperaturas.

Solo por presiones políticas de algunos grupos industriales - que producen agro-químicos - y yendo en contravía de la eco-lógica, en estos países está prohibido desde hace unos años llevar los lodos deshidratados de las PTARes a la agricultura, lo que hace menos interesante el uso de los lechos o lagunas de secado, debido a los malos olores que son más pronunciados con largos tiempos de secado a bajas temperaturas. El Ing. H. van der Roest, experto de DHV, la empresa de ingeniería más prestigiosa de Holanda en sistemas de tratamiento de aguas, era muy enfático cuando dijo (reunión AQUAFIN NV en Bélgica, 17/12/1992) que si los lodos de las PTARes de Holanda todavía se podrían evacuar en la

agricultura, las lagunas de secado seguirán siendo el sistema preferido, debido a que *estos lodos no se contaminan con polímeros*.

Las aguas de drenaje de los lechos de secado - altamente cargadas - regresan a la estación de bombeo, para luego ser tratadas en el proceso de la PTAR.

Después de retirar los lodos de los patios de secado deben ser llevados a un proceso de compostaje a través de oxigenación por volteo y estabilización del pH con carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$ , esto permite disponer de un producto apto para la recuperación de suelos degradados y jardinería, permitiendo una disposición final ambientalmente sana.

#### 4.6.5. Tratamiento de los olores.

El proceso de digestión produce gas y por consiguiente malos olores. Estos gases se recolectarán en la parte superior del digestor por medio de un sistema de recolección con tubería en PVC y se conducirán hacia el filtro percolador, que en sí funciona como sistema de tratamiento de olores. Este mismo principio se utiliza comúnmente en Europa y aplica en particular en la planta de filtros percoladores más grande de Europa, ubicado en Rotterdam (Holanda).

Para entender este proceso, analizamos primero como funciona la eliminación de olores en un filtro de compostos: éstos consisten de un tanque con un material orgánico (como fibra de coco, pedazos de madera, etc.), continuamente remojado desde la parte superior por un sistema de irrigación. Contiene además un sistema de ventilación forzado. La inoculación de estos sistemas se lleva a cabo con lodos provenientes de una planta de tratamiento de aguas residuales.

En los últimos años se impulsan los sistemas que no contienen un material orgánico, y de ahí biodegradable, sino que se prefieren utilizar medios de soporte no biodegradables para obtener una mayor vida útil del sistema.

De lo expuesto anteriormente está claro que un filtro percolador actúa precisamente como un filtro de compostos. Cuenta con un sistema de irrigación, con la biomasa colocada sobre un soporte no biodegradable y con un sistema de ventilación forzado, creando un flujo de aire continuo por la diferencia de temperatura que existe entre el agua dentro del tanque y el aire del ambiente.

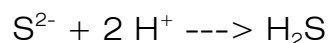


Ahora, los gases provenientes de un digestor de lodos consisten básicamente de los siguientes elementos; indicamos a título ilustrativo unas concentraciones aproximadas :

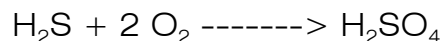
- metano                                    65 %
- dióxido de carbono                35 %
- nitrógeno                                0 - 0.2 %

Estos gases no producen ningún tipo de olor. Los olores producidos por un digestor de lodos provienen de las huellas de ácido sulfídrico H<sub>2</sub>S con su olor típico a huevos podridos. Además es un gas tóxico. La concentración de H<sub>2</sub>S puede llegar a 300 ppm. Estos gases no producen ningún tipo de olor. Los olores producidos por un digestor de lodos provienen de las huellas de ácido sulfídrico H<sub>2</sub>S con su olor típico a huevos podridos. Además es un gas tóxico. La concentración de H<sub>2</sub>S puede llegar a 300 ppm.

La formación del H<sub>2</sub>S en un medio anaeróbico se puede explicar por la transformación de los sulfatos presentes en los lodos en sulfides, que posteriormente se pueden transformar en ácido sulfídrico, según las siguientes reacciones :



La eliminación de estos olores se realiza por un proceso de oxidación en presencia de bacterias tipo *Thiobacillus*. Así se obtiene ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, según la siguiente reacción :



Si bien el ácido sulfúrico podría ser dañino para la biomasa en grandes concentraciones, la *dilución* del ácido sulfúrico en el gran caudal de aguas residuales elimina cualquier efecto nocivo sobre la biomasa presente en el filtro percolador

## **5. Instalación eléctrica**

### **5.1. Tablero eléctrico**

El tablero eléctrico puede colocarse en un lugar apropiado cubierto, se evitará la construcción de una caseta. Como alternativa se puede construir el tablero tipo intemperie, colocado sobre un pedestal o en la pared del filtro percolad

A la entrada de la corriente en el tablero, tiene que haber un interruptor general. Si se cierra, se para la planta, lo que permite trabajar en el tablero eléctrico de forma segura o hacer algún tipo de mantenimiento mecánico o eléctrico en la planta.

Adicionalmente, el tablero contiene en esta línea de entrada un botón de parada de emergencia, que para inmediatamente todos los equipos en el caso de ocurrir un accidente u otra situación de emergencia.

Los circuitos de los motores de las bombas principales consisten de un relé térmico de sobrecarga.

Las bombas de lodos son monofásicas y tienen un relé térmico incorporado en el equipo con "reset automático"; no se requiere adicionar uno en el tablero.

Los contactores de los todos los circuitos reciben las señales de arranque y parada del equipo en caso de la operación automática de los equipos; esta automatización consiste de lo siguiente :

## **6. Costos de operación y mantenimiento**

No existen plantas o sistemas de tratamiento con un costo de operación y mantenimiento "cero". Siempre se requiere la intervención de un operario para mantener el sistema funcionando en óptimas condiciones, incluso si su labor se limita a la limpieza del terreno y el descapote de las malezas, como es el caso de las lagunas de oxidación. Un documento que relata la experiencia de plantas de tratamiento en Grecia (*Wastewater treatment technologies in Greece*) observa hasta el crecimiento de árboles en las lagunas de oxidación y relata que esta ocasiona problemas de una reproducción exagerada de zancudos y mosquitos.

Obviamente, tenemos que implementar sistemas con bajos costos de operación y mantenimiento, y eso es lo que ofrece una planta con filtros percoladores. A continuación, se hace un resumen de los diversos costos:

### 6.1. Mano de obra

Las tareas a cumplir en esta planta de tratamiento de aguas residuales compactas son muy sencillas y se pueden resumir como sigue :

- disposición de los lodos en las zonas verdes como abono orgánico, 100 % natural;
- disposición de las basuras recolectadas por la rejilla por un carro de basura, para llevarlos a un relleno sanitario o algún depósito;
- disposición de las arenas recolectadas en un carro, para llevarlos a un relleno sanitario o algún depósito.

La dedicación de tiempo es claramente muy limitado. Debido a que **no hay parámetros de proceso que ajustar** una vez que la planta esté arrancada no se requiere personal especializado. Lo único que se podría hacer de vez en cuando es algún tipo de monitoreo de los afluentes y los efluentes de la planta. A un solo operador le sobra tiempo para realizar estas tareas, y se estima una dedicación de tiempo de 25 % de un empleado que realice todo tipo de trabajos de mantenimiento en la urbanización.

### 7.2. Mantenimiento

Como se ha mencionado arriba, la planta no necesita de mucho mantenimiento en términos mecánicos; el trabajo más importante de los operadores es la disposición de lodos, arenas y de basuras.

### 7.3 Costo total mensual!

El costo mensual que resulta para mantener la planta operativa es de aproximadamente **US\$ 0.30/habitante /mes**

### 7.5. Productividad de la planta de tratamiento

Como se ha mencionado anteriormente, los lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales son muy eficientes para mejorar la materia orgánica del suelo, incrementar el contenido suelo-agua y evitar la erosión.

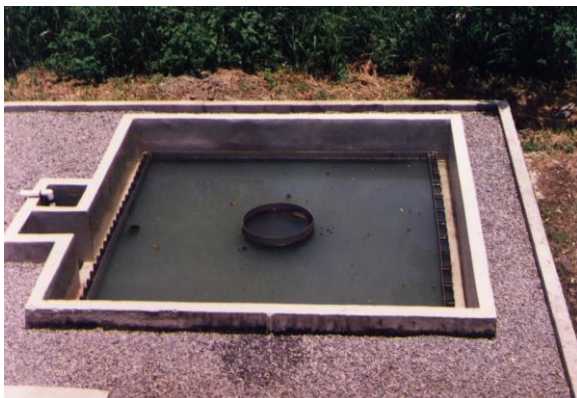
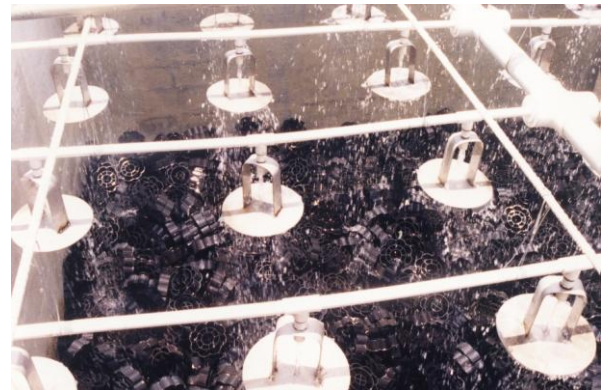
Se recomienda dosificar con una razón de 2 ton de materia seca por ha por año en suelos o con una razón de 1 ton de materia seca por ha por año en pastos; en el primer caso eso representa aprox. 50 USD en valor de materia orgánica y nutrientes minerales, si se compararía con fertilizantes artificiales

(PTARD) Planta de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas por medio de filtros percoladores, Parque Aquaventura, Masagua. Capacidad 1,100 habitantes, Eficiencia 95%. DBO<sub>5</sub> Entrada 200 mg/l – Salida 10 mg/l



Tanque de bombeo e igualación  
rejilla de sólidos y desarenador

Medios de soporte y sistema  
de distribución filtro percolador



Clarificador cuadrado.



Digestores lodos y patio secado