

Residuos urbanos e industriales 2023

Dra. Raquel Bielsa

Clase 11-2023. Unidad Nº 8. Tratamiento de
residuos líquidos urbanos.



Tratamiento de efluentes líquidos

1

Importancia del tratamiento

2

Tipos de contaminantes

3


Tratamiento primario

4


Tratamiento secundario

5

Tratamiento terciario



Importancia del tratamiento de efluentes



Importancia del tratamiento de efluentes

Agua

¿Por qué prevenir su contaminación?

- Es un recurso limitado.
- Causa enfermedades.
- Limita el desarrollo económico y social

Principales fuentes de contaminación del agua

Efluentes líquidos industriales y domiciliarios sin tratamiento. Contienen sólidos, grasas, químicos, etc.

Medición del nivel contaminante de un efluente

Demanda biológica o bioquímica de oxígeno (DBO).

¿Qué leyes aplican?

Se aplican los límites de vuelco de la legislación de cada provincia.

■ Importancia del tratamiento de efluentes

Tratamiento de efluentes líquidos

Tratamiento primario o físico



- Desbaste.
- Floculación.
- Sedimentación.
- Flotación.
- Filtración

Tratamiento secundario o químico biológico



- Fangos o lodos activados.
- Lagunas aireadas.

Tratamiento terciario

- Adsorción.
- Desinfección.
- Ozonización.

<http://encuentro.gob.ar/programas/serie/8564/6351?temporada=1>

Min. 18:30 en adelante



Tipo de contaminantes en efluentes



Tipos de contaminantes



Aguas residuales domésticas: contaminantes:

- Sólidos en suspensión
- Materia orgánica biodegradable
- Patógenos
- Nutrientes que puede llevar al crecimiento de vida acuática no deseada
- Color
- Olor
- Temperatura
- Grasas

Aguas residuales industriales: presentan contaminantes como materia orgánica no biodegradable (pesticidas, fenoles, PCBs), metales pesados , temperaturas, olor, grasas, carbohidratos, fenoles, tensioactivos, pH, fósforo, azufre, metales pesados.

Tipos de contaminantes

- Límites de vertido y permiso de vuelco. Ex Obras Sanitarias de la Nación Dec. 674/89 Disposición 79179/90, Anexo A Algunos parámetros:

Tipo	parámetro	Límites permisibles en el vertido		
		A colectora cloacal	A conducto pluvial	A curso de agua
1	pH	5,5 - 10	5,5 - 10	5,5 - 10
2	SSEE	100 mg / l.	100 mg / l.	100 mg / l.
3	S=	1,0 mg / l.	1,0 mg / l.	1,0 mg / l.
4	SS 10'	0,5 ml / l.	---	0,5 ml / l.
5	SS 2 hs.	---	1,0 ml / l.	---
6	T	45° C	45° C	45° C
7	DBO	Sobre muestra bruta 200 mg / l.	Sobre muestra decantada 2 horas En conductos y canales detallados en (1) 50 mg / l.	Sobre muestra bruta En ríos y arroyos detallados en (2) 50 mg / l.

Tipos de contaminantes

Demanda biológica o bioquímica de oxígeno.

- La DBO es una medida de la “fuerza” de un agua o un agua residual para oxidar la materia orgánica carbonosa y nitrogenosa.
- Cuanto mayor es la concentración materia orgánica biodegradable en el medio acuoso, tanto mayor es la DBO de esa agua o agua residual.
- Note que la fuerza química se expresa aquí en términos de su efecto en el ambiente (oxígeno consumido, mg de DBO/l).



Tipos de contaminantes

Demanda biológica o bioquímica de oxígeno.

Origen	DBO-5 días (mg O₂/litro)
Río	2
Aguas residuales domésticas	200
Fábrica de pulpa y papel	400
Lavandería comercial	2000
Fábrica de azúcar de remolacha	10000
Curtiembre	15000
Cervecería	25000
Envasadora de cerveza	55000

Tipos de contaminantes

Demanda Química de Oxígeno.



- Algunos compuestos orgánicos resisten la biodegradación, o pueden ser tóxicos para los microorganismos, es decir no son biodegradables.
- En este caso en vez de emplear microorganismos como en la DBO, se añade un compuesto fuerte para oxidar por completo el residuo o efluente. Los resultados se expresan en mg O₂/litro., esto es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar completamente el efluente.
- La prueba es relativamente rápida (3 horas) y es fácil establecer una correlación con la DBO-5 de un agua residual particular. Por ejemplo en aguas residuales domésticas DBO-5/DQO es de 0,4 a 0,5.
- La comparación de los resultados de la DBO y DQO ayuda a identificar la aparición de condiciones tóxicas en una corriente de efluentes o señalar la presencia de residuos biológicamente resistentes.



Tratamiento primario o físico de efluentes



Tratamiento físico o primario de efluentes

Tratamiento físico o primario:
operaciones físicas que
eliminan sólidos sedimentables
y flotantes por:

Desbaste

Sedimentación.

Flotación

Floculación

Filtración

Tratamiento físico o primario de efluentes

Tratamiento físico o primario

Desbaste: es la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción con rejilla de 25 mm o más o tamiz de 6 mm o menos.

Sedimentación: eliminar los sólidos sedimentables (arenas) por gravedad, obteniendo por un lado el líquido clarificado y un espesamiento o concentrado de fangos.

Flotación: para eliminar los sólidos en suspensión finamente divididos (grasas y aceites). Se utiliza inyección de aire a presión.

Floculación: es el agregado de productos químicos con agitación suave que producen aglomeración de pequeñas partículas aumentando su tamaño para su eliminación por sedimentación por gravedad en piletas.

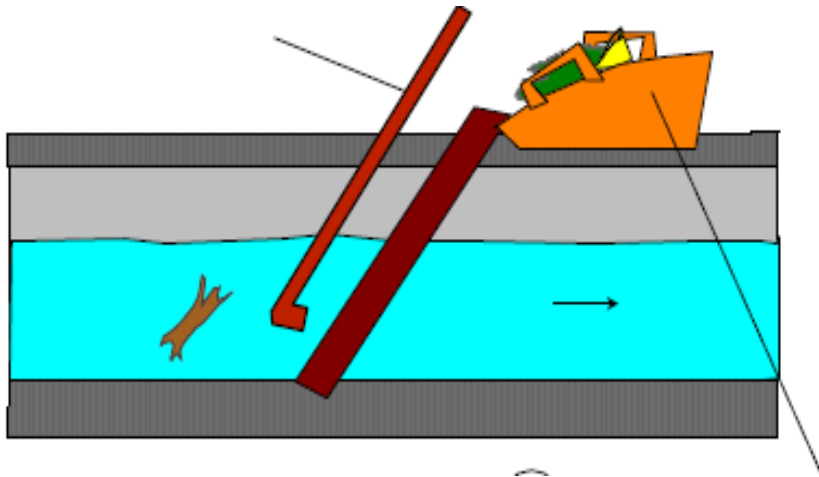
Filtración elimina los sólidos finos en suspensión que restan tras el tratamiento biológico o químico. Las partículas quedan retenidas por procesos de tamizado, retención, impacto, adsorción o sedimentación en el medio granular.

Tratamiento físico o primario de efluentes

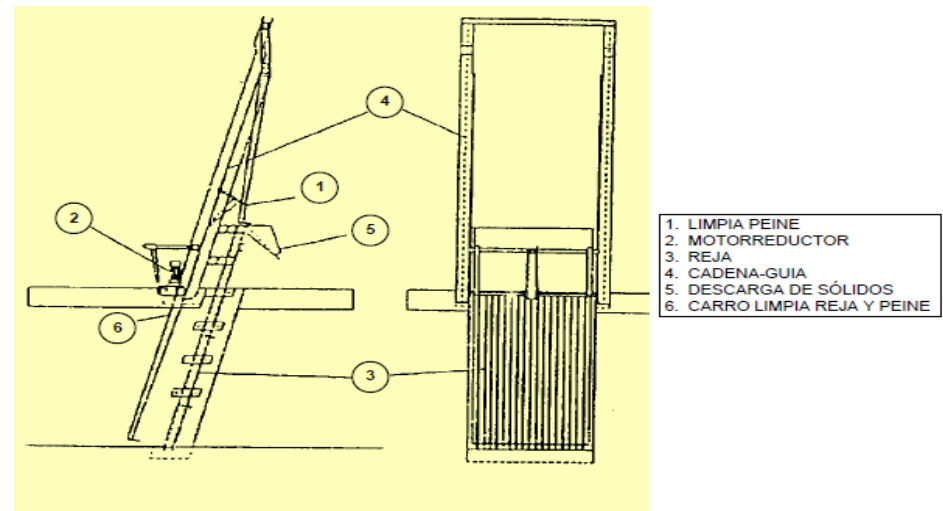
Desbaste

1era operación unitaria, a través de una rejillas con abertura de tamaño uniforme se retienen los sólidos gruesos.

Manuales



Automáticas



Tratamiento físico o primario de efluentes

Desbaste

Desbaste: eliminación de sólidos gruesos.
Rejas y limpieza





Tratamiento físico o primario de efluentes

Sedimentación y flotación

Desarenador y desengrasador

- *DESARENADORES RECTANGULARES AIREADOS*

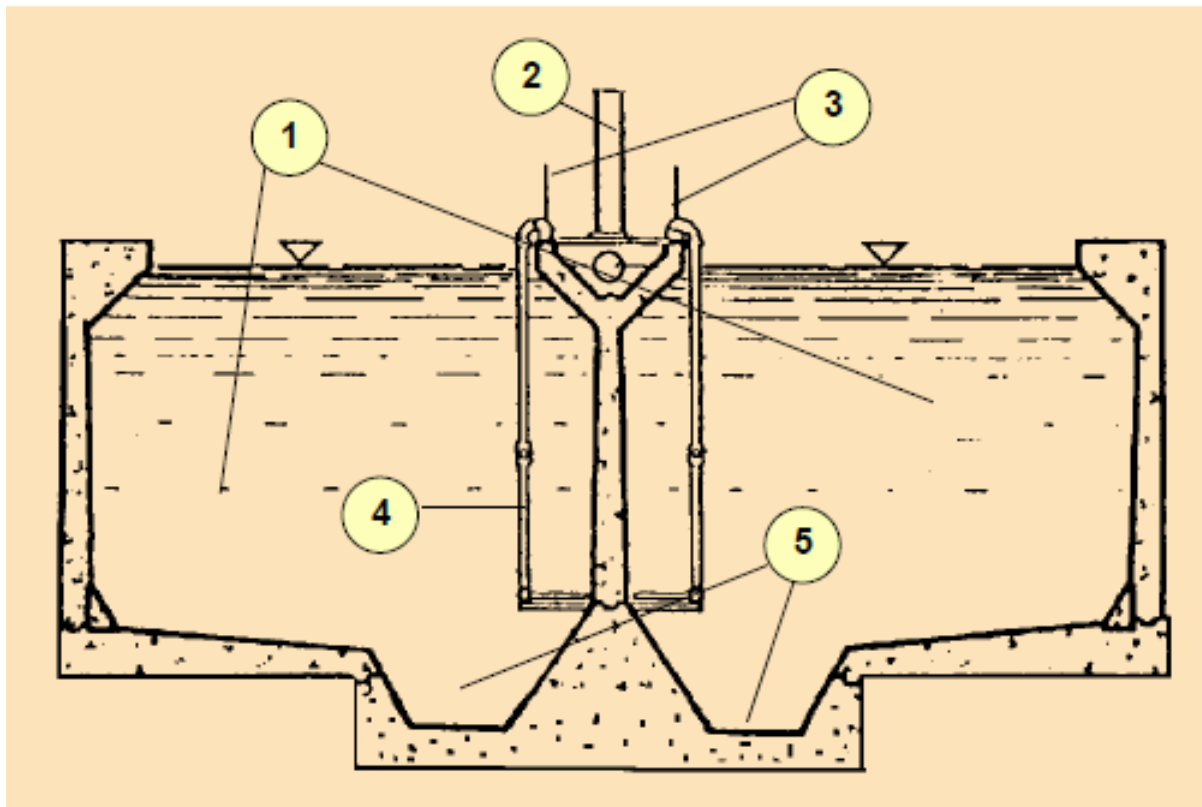
- Se disponen de difusores de aire en su interior, que provoca un movimiento de tipo helicoidal del agua creando una velocidad constante de barrido de fondo perpendicular a la velocidad de paso.
- El aire favorece que el agua se aeree y disminuyan los olores, la separación de la materia orgánica que pueda quedar adherida a las arenas, obteniéndose arenas con un grado de lavado muy importante.
- También puede emplearse para eliminar las grasas y aceites libres presentes en el agua residual -si el contenido de grasas no es muy elevado-.

Tratamiento físico o primario de efluentes

Sedimentación y flotación

Desarenador y desengrasador

- *DESARENADORES RECTANGULARES AIREADOS*



1. DESARENADORES AIREADOS
2. SOPORTE MONORRAIL
3. BARANDILLAS
4. TUBO DIFUSOR
5. RECOGIDA DE ARENAS

Tratamiento físico o primario de efluentes

Sedimentación y flotación

Desarenador y desengrasador

- **FLOTACIÓN**

Para separar partículas sólidas (grasas y aceites) o líquidas de una fase líquida.

Se consigue introduciendo finas burbujas de gas en la fase líquida que hace que las partículas se eleven a la superficie y sean recogidas por rasquetas. (cuando las partículas no pueden ser eliminadas por decantación.)

Tratamiento físico o primario de efluentes

Flotación

- *Flotación por aire disuelto-FAD*: al aire se disuelve a una presión superior a la atmosférica y luego se libera hasta alcanzarla.
- *Flotación por aireación*: las burbujas de aire se introducen en la fase líquida por medio de difusores o turbinas sumergidas.
- *Flotación por vacío*: se satura de aire directamente en el tanque de aireación o permitiendo que el aire penetre en el conducto de aspiración de la bomba.
- *Flotación por gravedad*: desengrasador las partículas de grasas y aceites al ser mas ligeras que el agua se elevan a la superficie.

Tratamiento físico o primario de efluentes

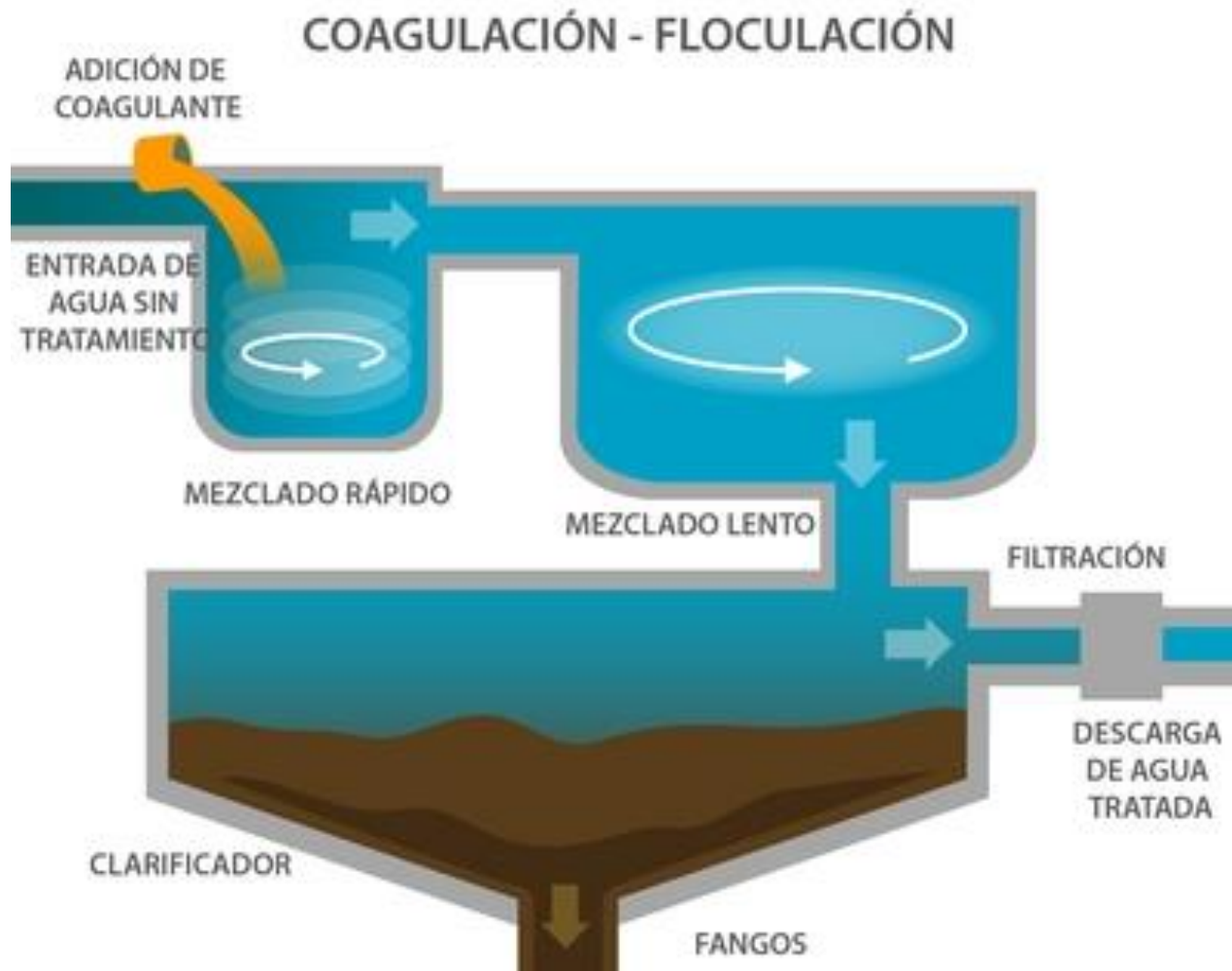



Sedimentación y flotación
Desarenador y desengrasador




Tratamiento físico o primario de efluentes

Eliminación sólidos en suspensión por coagulación – floculación





Tratamiento secundario o biológico de efluentes



Tratamiento secundario de efluentes

• Procesos biológicos unitarios

La principal aplicación es la degradación de sustancias orgánicas biodegradables , a través de la actividad biológica.

Tipo	Nombre	Aplicación
Procesos aerobios		
Cultivo en suspensión	Procesos de fangos activos Derivados: convencional, mezcla completa, aireación graduada, contacto y estabilización, aireación prolongada.	Eliminación de DBO
	Lagunas aireadas	Eliminación de DBO
	Digestión aerobia	Estabilización, eliminación de DBO

Tratamiento secundario de efluentes

- Procesos biológicos unitarios

Tipo	Nombre	Aplicación
Procesos aerobios		
Cultivo fijo	Filtros percoladores (alta o baja carga). Sistemas biológicos rotativos (RBC). Reactores de lecho compacto	Eliminación de DBO
Procesos combinados	Biofiltros Filtros percoladores con contacto de sólidos Fangos activos + biofiltros Filtros percoladores + fangos activos	Eliminación de DBO
Procesos en estanques	Lagunas aerobias Lagunas facultativas	Eliminación de DBO

Tratamiento secundario de efluentes

Tipo	Nombre	Aplicación
Procesos anóxicos		
Cultivos en suspensión	Desnitrificación	Desnitrificación
Cultivos fijos	Desnitrificación de película fija	Desnitrificación
Procesos Anaeróbicos		
Cultivo de suspensión	Digestión anaerobia	Estabilización, eliminación de DBO.
	* baja carga	
	* alta carga	
	* doble etapa	
	Proceso anaerobio de contacto	Eliminación de DBO
	UASB	Eliminación de DBO

Tratamiento secundario de efluentes

Tipo	Nombre	Aplicación
Procesos anaerobios		
Cultivo fijo	Filtro anaerobio	Eliminación de DBO, estabilización
	Lecho expandido	
Cultivos fijos	Desnitrificación de película fija	Desnitrificación
Procesos Anaeróbicos – Aerobios combinados		
Cultivo de suspensión	Procesos de una o varias etapas	Estabilización, eliminación de DBO, desnitrificación, eliminación de fósforo.
Procesos combinados		
Cultivo fijo y en suspensión	Procesos de una o varias etapas	Estabilización, eliminación de DBO, desnitrificación, eliminación de fósforo.

Tratamiento secundario de efluentes

Lodos activos o activados

- Proceso biológico consiste en desarrollar un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo (lodos activados), en un depósito agitado y aireado (*Tanque de aireación*), y alimentado con el agua a depurar.
 - ✓ La agitación evita sedimentos y homogeniza la mezcla de los flóculos bacterianos y el agua residual (licor de mezcla).
 - ✓ La aireación tiene por objeto suministrar el oxígeno necesario tanto a las bacterias como al resto de los microorganismos aerobios.
- Después de un tiempo de contacto suficiente, el licor de mezcla se envía a un clarificador (*decantador secundario*), destinado a separar el agua depurada de los fangos;
- un porcentaje de fangos son recirculados al tanque de aireación, para mantener una concentración suficiente de biomasa activa.
- Los fangos secundarios en exceso, se extraen del sistema y se evacúan al tratamiento de fangos.

Tratamiento secundario de efluentes

Lodos activos o activados

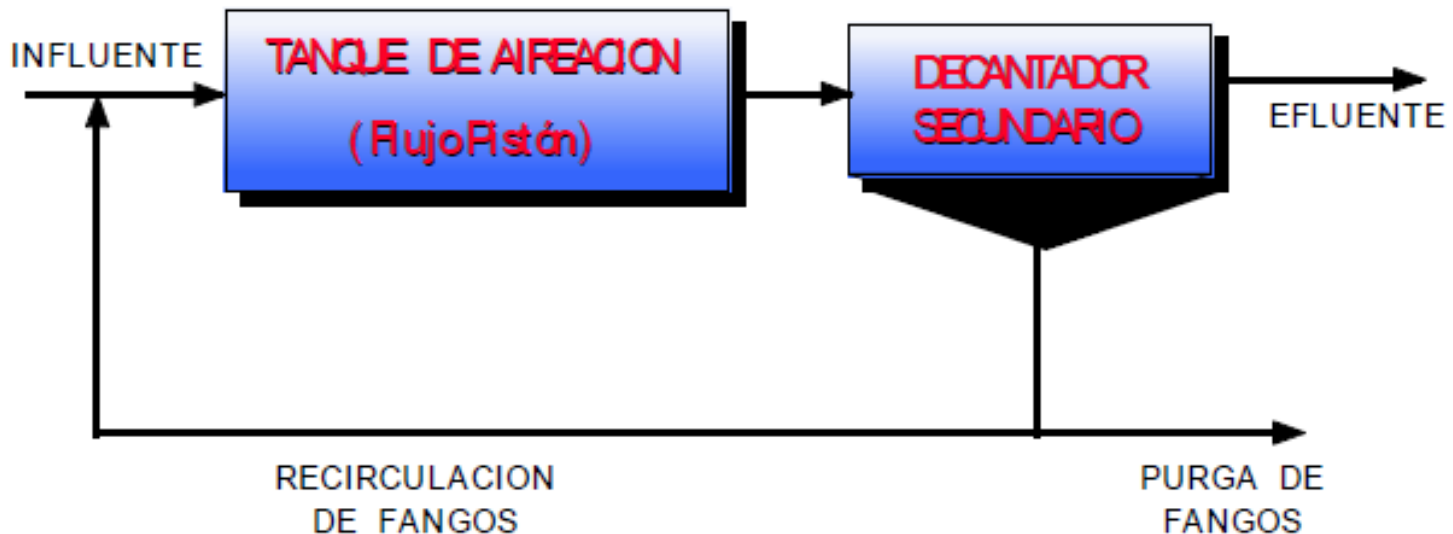
Los procesos de Lodos Activos, según la disposición de las unidades de oxidación biológica y de como se lleve a cabo (si en reactores de mezcla completa, con o sin recirculación, o en reactores de flujo pistón con recirculación, etc.), se clasifican en:

- *Convencional.*
- *Mezcla Completa.*
- *Aireación Escalonada.*
- *Contacto-Estabilización*

Tratamiento secundario de efluentes

Lodos activos convencionales

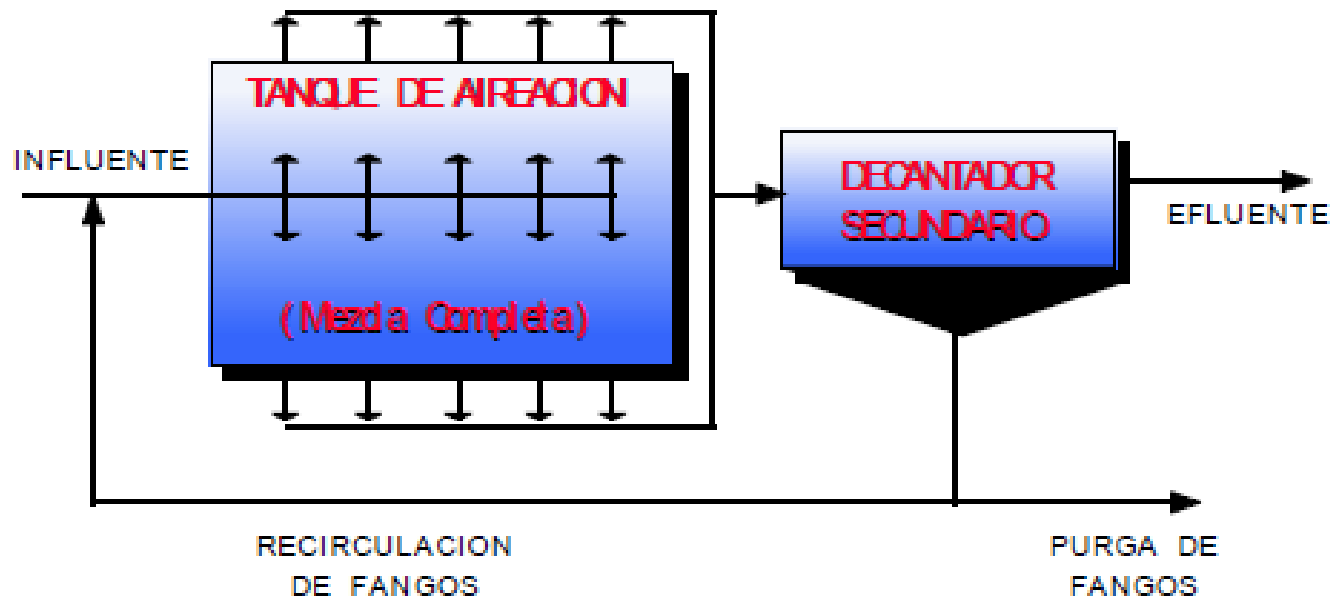
- **Proceso Convencional:** Consiste en un tanque de aireación, un clarificador secundario y una línea de retorno de fango. El agua residual influente y el fango recirculado entran en el tanque por un extremo y son aireados durante un periodo de 6 horas. El fango recirculado es del 25-50 % del caudal influente.



Tratamiento secundario de efluentes

Lodos activos en mezcla completa

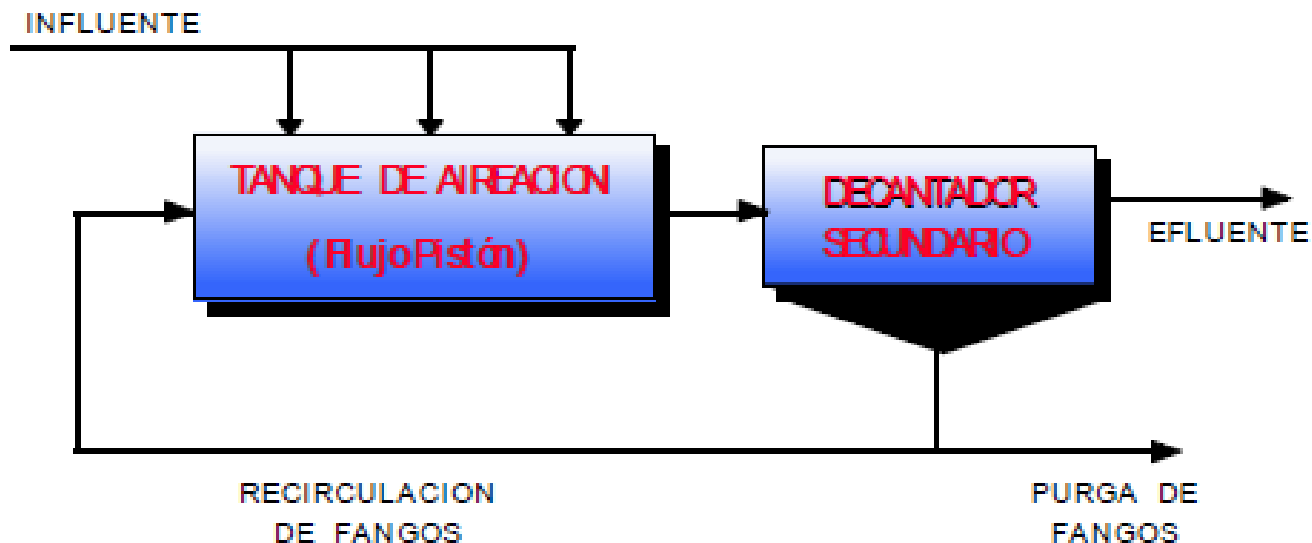
- **Proceso Mezcla Completa:** Imita al régimen hidráulico existente en un reactor agitado mecánicamente. La carga orgánica en el tanque de aireación y la demanda de oxígeno, son uniformes de uno a otro extremo de aquél. El licor de mezcla al ir atravesando el tanque de aireación desde la entrada al canal efluente, tiene una mezcla completa por medio de aireación mecánica (turbinas) o difusores.



Tratamiento secundario de efluentes

Lodos activos con aireación escalonada

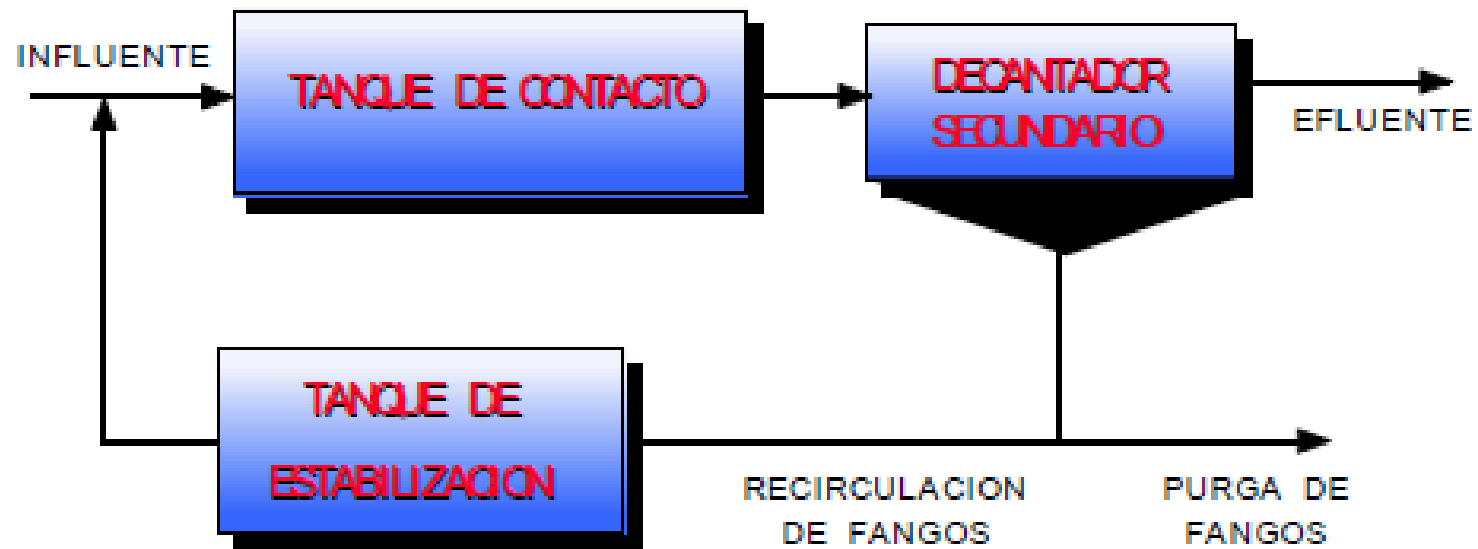
- **Proceso Aireación Escalonada:** Es una modificación del Proceso Convencional. Introduce el agua residual en distintos puntos del tanque de aireación, disminuyendo la demanda punta de oxígeno. El tanque de aireación se subdivide por medio de deflectores en cuatro canales paralelos, o más. Cada canal es una fase o eslabón individual, y las distintas fases se conectan entre sí en serie.



Tratamiento secundario de efluentes

Lodos activos con contacto estabilización

- **Proceso Contacto-Estabilización:** utiliza las propiedades absorbentes del fango activado. Se elimina la DBO en dos etapas: la primera es la absorción en el fango de la mayor parte de las materias orgánicas coloidales (20-40 minutos), y la segunda es la asimilación metabólica de las materias orgánicas absorbidas. El tiempo de retención en el tanque de estabilización es de 3 a 6 horas.



Tratamiento secundario de efluentes

Lodos activados. Tanque de aireación



Tratamiento secundario de efluentes



REACTORES BIOLÓGICOS DE ALTA CARGA Lecho Fijo Fluidizado

- Incrementa entre 100% y 200% la capacidad del reactor biológico sin afectar la calidad del efluente.
- Sin construcciones ni excavaciones.
- En la misma superficie construida.
- Adaptable a todos los diseños de planta.
- Simple de operar. Como un sistema convencional de barros activados.



Tratamiento secundario de efluentes

Filtros percoladores o lechos bacterianos

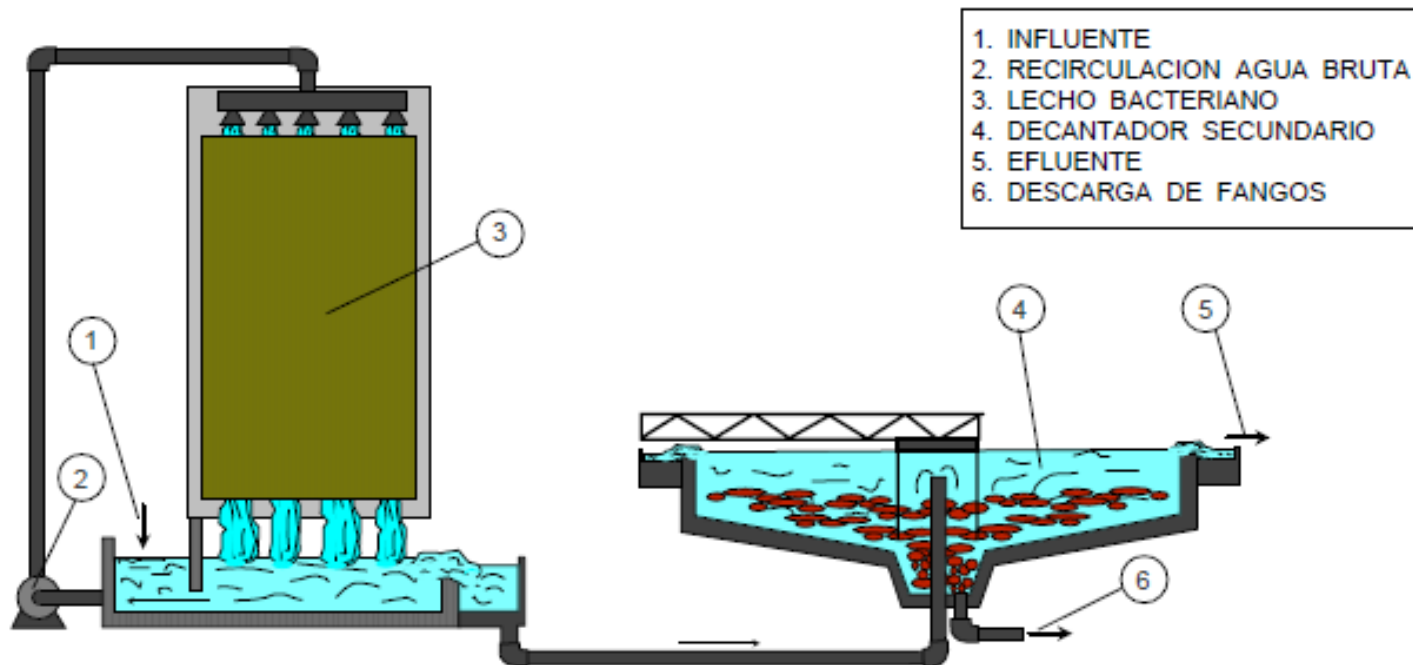
- El principio de funcionamiento consiste en **hacer caer el agua residual a tratar (previamente decantada), en forma de lluvia, sobre una masa de material de gran superficie específica** que sirve de soporte a los microorganismos depuradores, los cuales forman una película de mayor o menor espesor, según la naturaleza del material utilizado.
- La diferencia más importante con este proceso es la no recirculación de los fangos. Aquí, todos los fangos van a las instalaciones de Tratamientos de Fangos.



Tratamiento secundario de efluentes

Filtros percoladores

- *Filtros percoladores* Los Filtros Percoladores se clasifican según su carga orgánica e hidráulica en *Filtros de alta carga* y *Filtros de baja carga*. Según el tipo de relleno, pueden ser de dos tipos: de *relleno tradicional* (piedras) y de *relleno plástico*.





Tratamiento secundario de efluentes

Filtros percoladores de lecho tradicional (piedras)



Tratamiento secundario de efluentes

Filtros percoladores de relleno plástico



Tratamiento secundario de efluentes



PLANTAS COMPACTAS

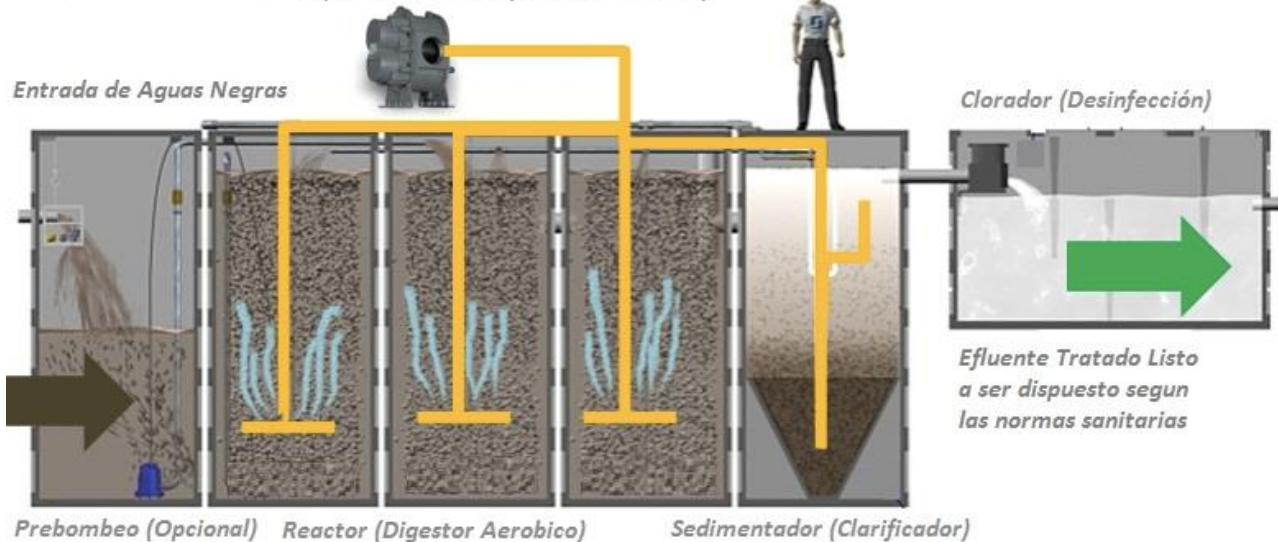
Extremadamente compactas y eficientes comparadas con sistemas convencionales.

Salidas pueden usarse para irrigación.
No generan olores.



PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
Aireación Extendida Desde 1M3/Día en adelante

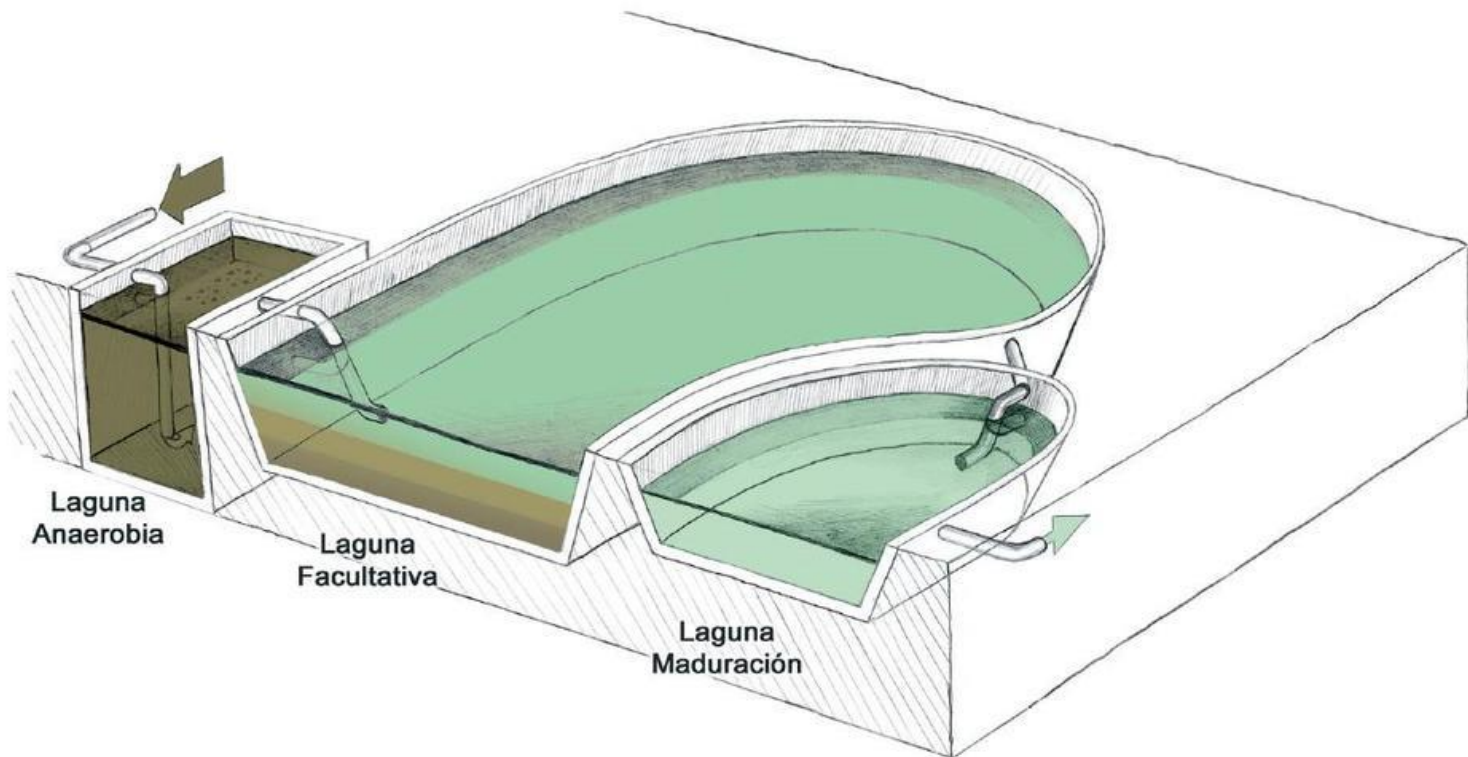
Sopladores de Aire (Suministro de O₂)



Tratamiento secundario de efluentes

Lagunaje o lagunas aireadas

- *Lagunaje*: El tratamiento se puede realizar en grandes lagunas con largos tiempos de retención que les hace prácticamente insensibles a las variaciones de carga, pero que requieren terrenos muy extensos.
- La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente

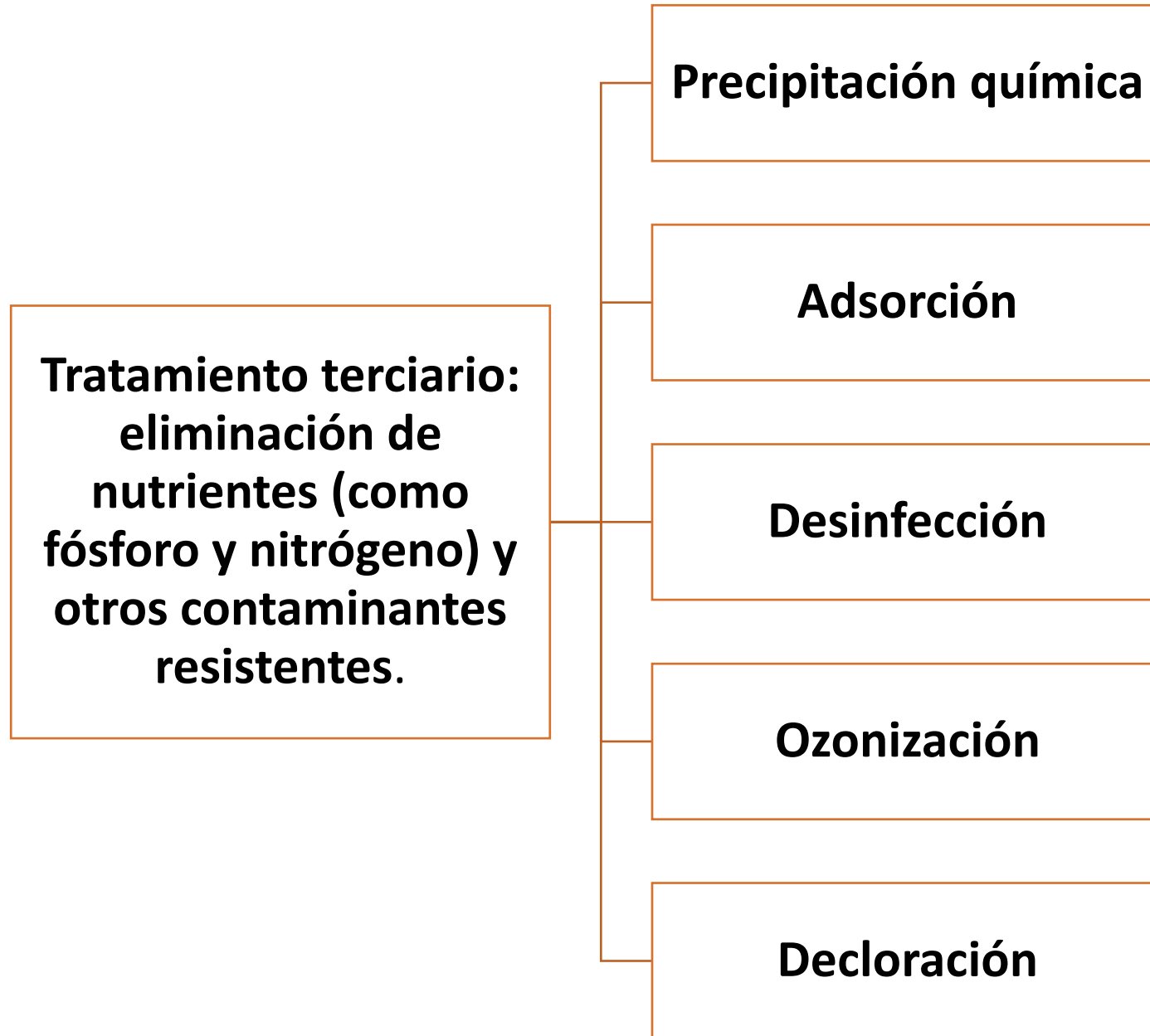




Tratamiento terciario de efluentes



Tratamiento terciario de efluentes



Tratamiento terciario de efluentes

PROCESO	APLICACIÓN
Precipitación química	Eliminación de fósforo y mejora de la eliminación de sól en suspensión, en las instalaciones de sedimentación primaria.
Adsorción	Eliminación de materia orgánica soluble no eliminada por mét. secundarios. También para declorar el agua tratada antes de su vertido
Desinfección	Destrucción selectiva de organismos. El Cloro es el más usado.
Decloración	Eliminación del Cl combinado residual total
Desinfección con dióxido de cloro, cloruro de bromo, ozono, luz UV.	Destrucción selectiva de organismos.

Tratamiento terciario de efluentes

Precipitación química

- **Dosificar productos químicos** al agua a tratar, con el fin de llevar a cabo una reacción con un contaminante o grupo de ellos, **obteniéndose unos compuestos insolubles** que **posterior sedimentación o filtración** son eliminados del medio.
- Las principales aplicaciones en el tratamiento de aguas residuales se centra en la eliminación de: **Fosfatos, Compuestos tóxicos (metales pesados)** y Fluoruros.



Tratamiento terciario de efluentes

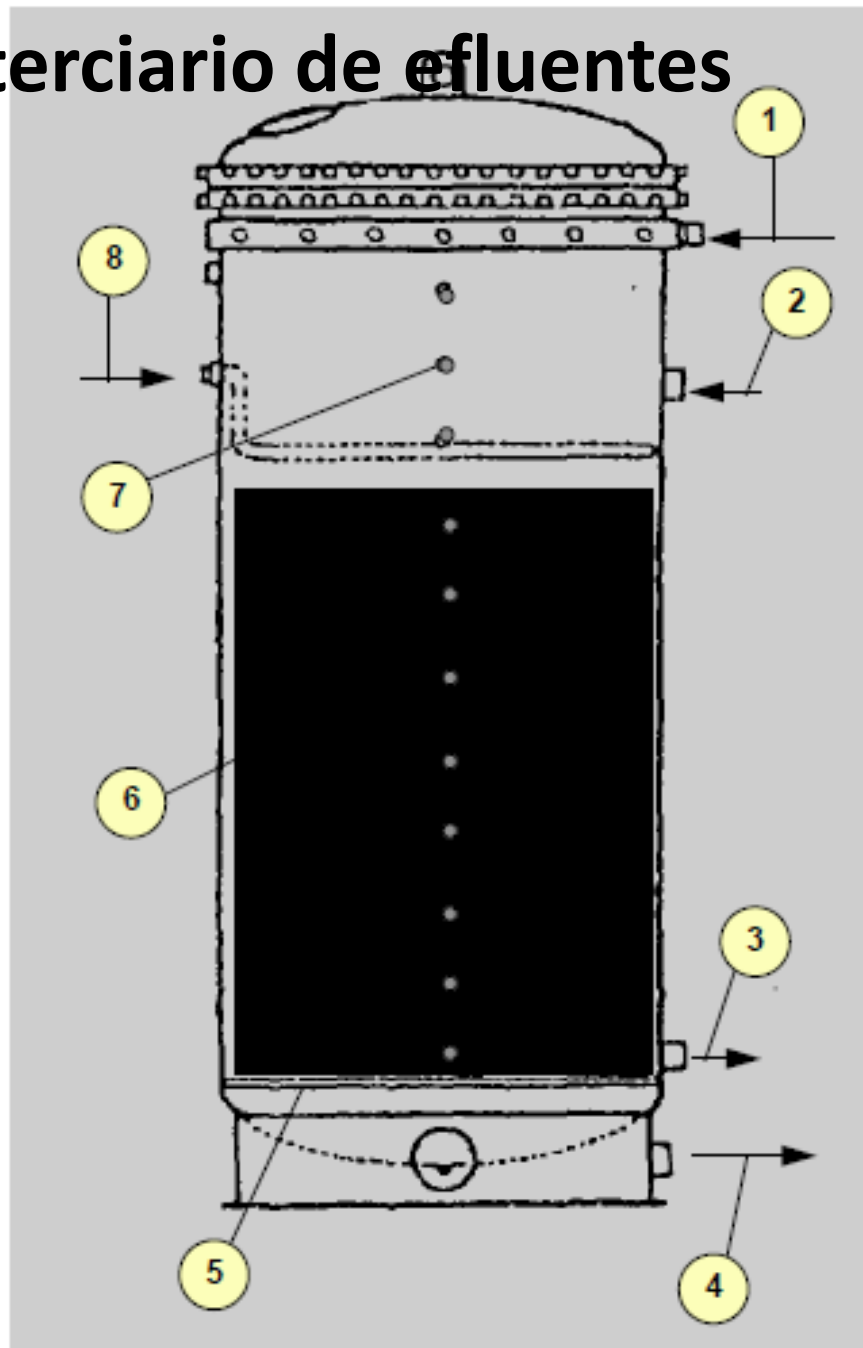
Adsorción

- De costos elevados, se aplica para ***eliminar color, olor y sabor***, así como *restos de materia orgánica* del tratamiento biológico o contaminantes muy específicos (fenoles, hidrocarburos aromáticos nitrados, derivados clorados), principalmente en aguas industriales más que en urbanas.
- Se basa en la retención sobre la superficie de un sólido de las moléculas en disolución, por acción de fuerzas químicas o físicas.
- Las moléculas absorbidas reciben el nombre de "*adsorbato*" y el material que las retiene "*adsorbente*".
- Cuando la unión es de tipo químico, el proceso es irreversible; si es física, es reversible.
- Los adsorbentes más utilizados son: **Gel de sílice, Alúmina, Resinas Orgánicas y Carbón activo (granular y polvo)**. Existen adsorbentes específicos para determinados compuestos, pero el más utilizado es el carbón activo.

Tratamiento terciario de efluentes

Adsorción

Columna de
adsorción con
carbón activado



1. INFLUENTE
2. CARGA DE CARBON
3. DESCARGA DE CARBON
4. EFLUENTE
5. TAMIZ SOPORTE
6. LECHO DE CARBON
7. TOMAS DE MUESTREO

Tratamiento terciario de efluentes

Desinfección

Es el proceso por el cual se eliminan los *gérmenes patógenos* de un agua residual. No debe confundirse con la esterilización, que consiste en la eliminación total de todos los microorganismos. La eficacia de una correcta desinfección depende de los siguientes FACTORES:

- Tipo y concentración de los microorganismos a destruir.
 - Tipo y concentración del desinfectante.
 - Tiempo de contacto entre agua y agente desinfectante.
 - Características físicas y químicas del agua a tratar (T^a).
- Los desinfectantes pueden ser de dos tipos: *físicos* (calor, luz solar y luz ultravioleta) y *químicos* (ozono y cloro y sus derivados).

EFLUENTE PROCEDENTE DE	DOSIS mg/lit
AARR sin tratar (precloración)	6-25
Sedimentación primaria	5-20
Planta de precipitación química	2-6
Planta de filtros percoladores	3-15
Planta de fangos activados	2-8

Tratamiento terciario de efluentes

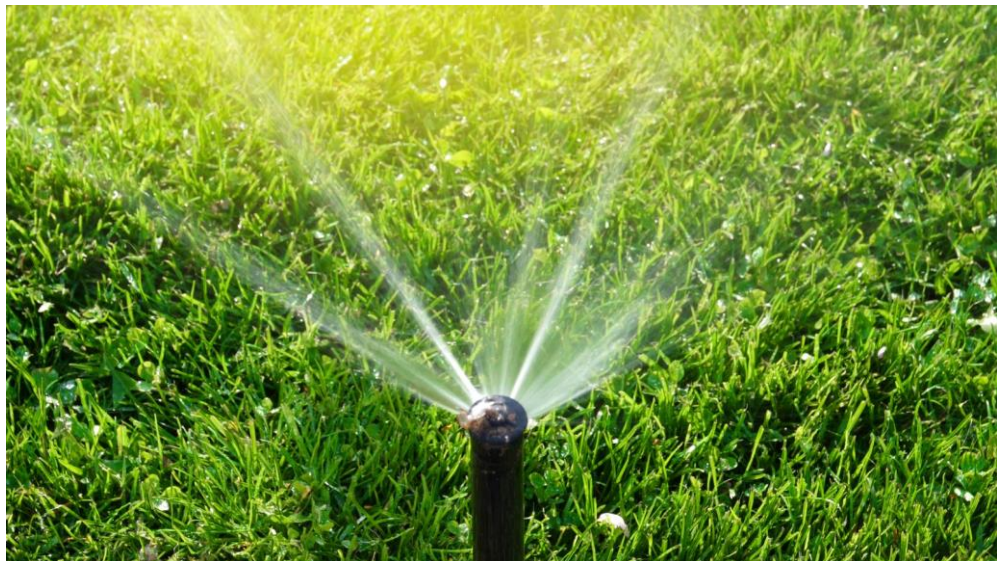
Desinfección

- **DIÓXIDO DE CLORO:** sustancia bactericida cuyo poder de desinfección es igual o superior al Cl y resulta además más efectivo en la inhibición e inactivación de virus. Puede dar lugar a la formación de productos finales potencialmente tóxicos, como el clorito y el clorato. La ventaja es que no reacciona con el amoníaco, por lo que no se forman cloraminas.
- **CLORURO DE BROMO:** su uso da origen a sustancias orgánicas bromadas, que se bioacumulan en los peces.
- **OZONO:** controla agentes responsables de la producción de sabores, olores y colores, además elimina materia orgánica soluble refractaria. La efectividad es superior a la del Cl, no se ve afectada por la presencia del ion amonio, ni por el pH del agua.

Tratamiento terciario de efluentes

Decloración

Eliminación de la totalidad de Cloro combinado residual presente en el agua después de la cloración, para reducir efectos tóxicos de los efluentes descargados a los cursos de agua receptores o destinados a reutilización (riego por ejemplo).



Bibliografía



Video sobre tratamiento de aguas disponible en <https://www.cont.ar/watch/2f2963c4-f40e-4eaa-ac1b-e278d0d2249a>

Fundamentos de Ingeniería Ambiental, Mihelcic, Limusa Wiley, (2001)