

GUÍA DE ESTUDIO

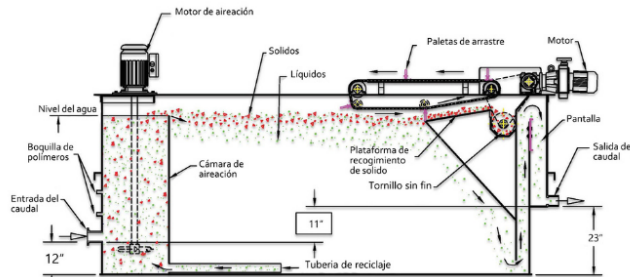
MÓDULO:

4. Los Tipos de Tratamiento en Aguas Residuales.

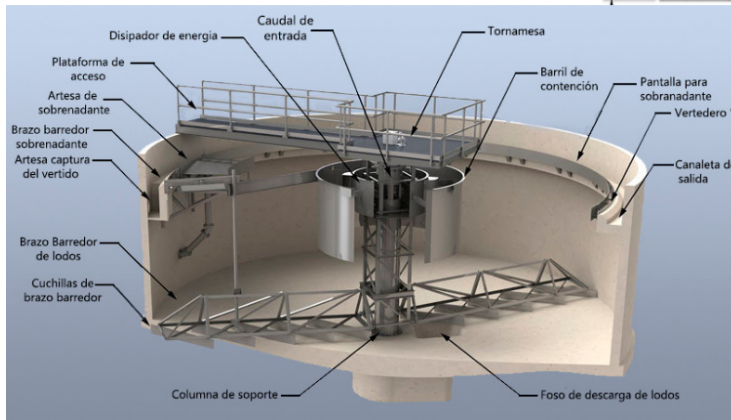
LECCIÓN:

4.2 Tratamiento Primario.

Tratamiento



FLOTACION



SEDIMENTACION

Primario

4.2 Tratamiento Primario.

El tratamiento primario es la etapa de tratamiento que sigue después del tratamiento preliminar. El propósito del tratamiento primario es clarificar el agua por medio de la remoción de material orgánico y otras partículas con el fin de reducir la carga de sólidos, aceites y grasas al tratamiento secundario y parte de la carga orgánica.

Las formas más comunes de tratamiento primario son:

- La sedimentación primaria, y
- La clarificación por flotación.

La sedimentación primaria generalmente se obtiene a través de un clarificador o sedimentador primario que reduce aún más la velocidad del flujo para lograr que las partículas sedimenten por gravedad; el material flotante y las grasas son “desnatados” en la superficie. El agua permanece aproximadamente 2 horas en un sedimentador primario. Las partículas aglomeradas en el fondo del tanque son retiradas por bombeo o por gravedad como lodos primarios.

Es importante señalar que un sedimentador primario solo remueve material flotante y sedimentable, por lo que la tasa de remoción está limitada por las características de las aguas residuales entrantes; es decir, los porcentajes de material particulado y soluble.

Para aguas residuales domésticas, se espera que un sedimentador primario pueda remover entre 60 a 75% de sólidos suspendidos (SST) y entre 20 a 35% de DBO₅ total. Sin embargo, la sedimentación primaria no puede remover:

- Sólidos coloidales*
- Sólidos disueltos
- DBO₅ soluble
- Amoníaco, y
- Fósforo soluble

La sedimentación primaria combinada con la aplicación de químicos es un método utilizado para aumentar la eficiencia de remoción de estos.

Los sólidos coloidales son partículas de diámetro entre 1 y 0.001 μm , estas son muy pequeñas para poder sedimentar en el tiempo provisto. Las partículas coloidales son medidas (incluidas) en la prueba de los sólidos disueltos totales (SDT), aunque estos sólidos no son en realidad disueltos o material soluble (ver video de [lección 2.1 sólidos](#))

Las siguientes dos figuras muestran un sedimentador primario mecanizado y uno cónico no mecanizado. (También existen sedimentadores rectangulares mecanizados).

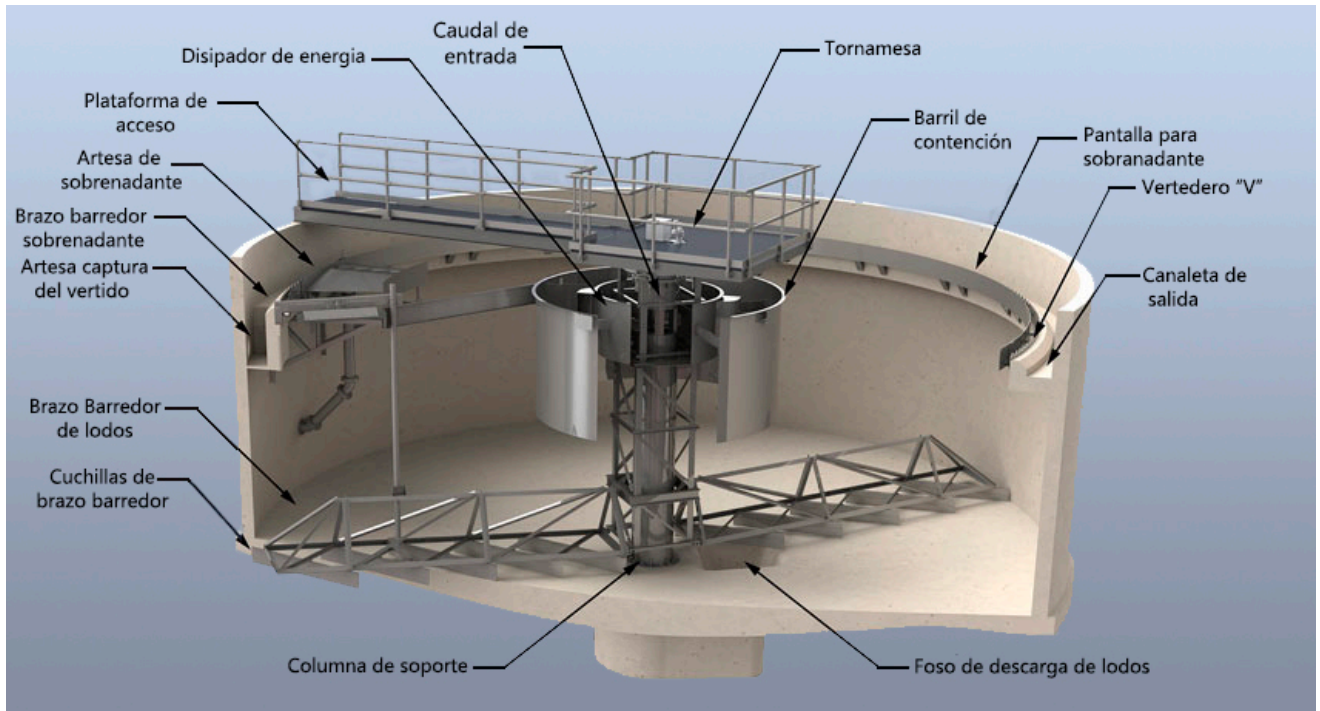


Figura de Sedimentador primario mecanizado.

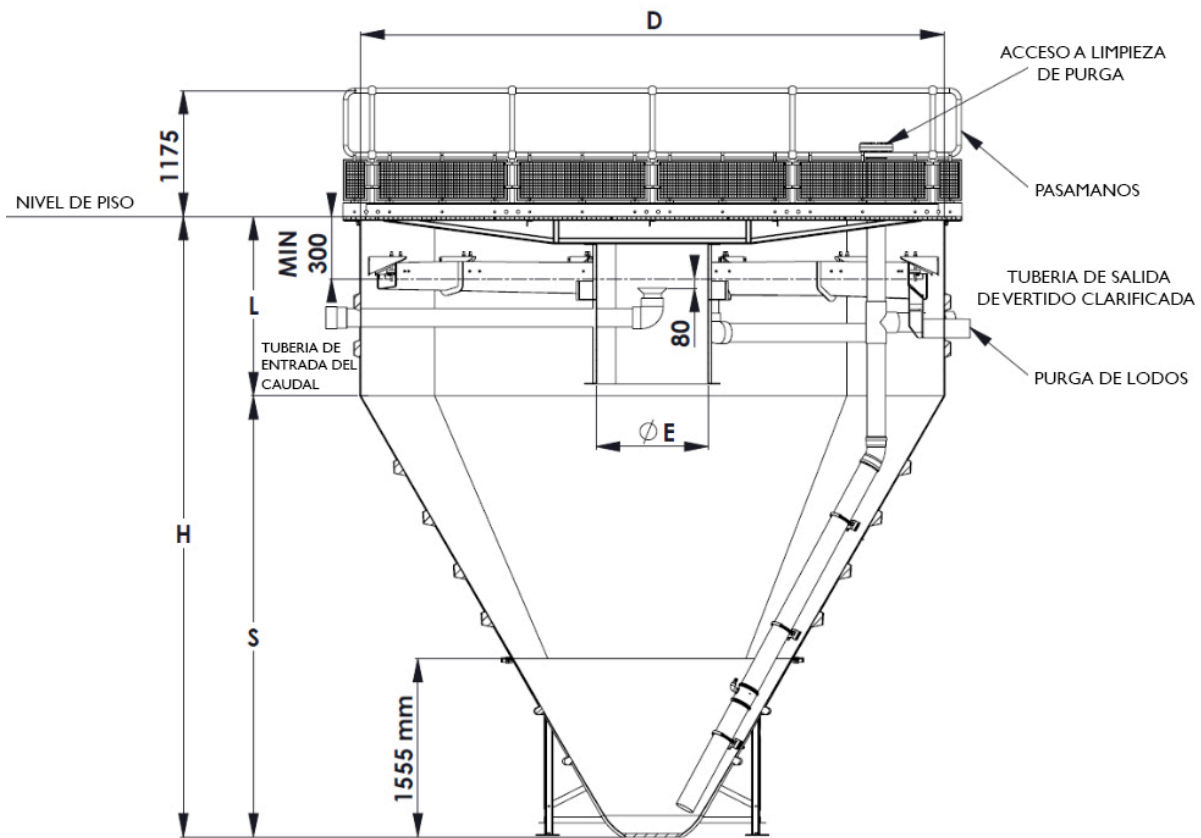


Figura de Sedimentador primario cónico (no mecanizado)

Otro tipo de tratamiento primario es la clarificación por flotación a través de aire disuelto (*DAF: Dissolved Air Flotation). Los DAF son tanques que disponen de aire disuelto en micro burbujas en el fondo de estos que junto con la aplicación de químicos aglomeran las partículas y las hacen flotar a la superficie para ser “barridas” en forma de lodos primarios. Los DAF son más comunes en el tratamiento de aguas industriales.



Figura de CAF para tratamiento primario listo para ser descargado de la cama de un tráiler.

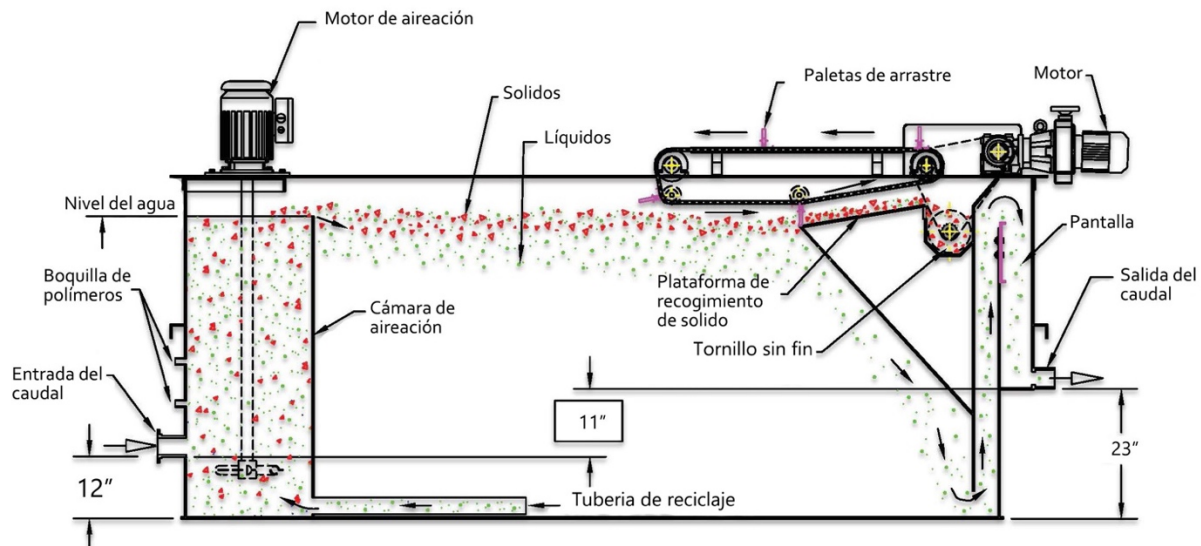


Figura de sección de un CAF (aireación por aire disperso).

*DAF (Dissolved Air Flotation) las burbujas se producen por aire disuelto por medio de un compresor, tanque presurizado y boquillas especiales, y en CAF las burbujas se producen por aire disperso a través de una turbina o impeler. Ver videos en esta lección para apreciar las diferencias.

Como ya se mencionó el propósito de la sedimentación primaria y la flotación por aire disuelto (DAF) o por aire disperso (CAF), es reducir al tratamiento secundario, la carga de sólidos (SST), aceites y grasas y parte de la carga orgánica (DBO_5), para disminuir el tamaño de los tanques y equipo, y energía del tratamiento secundario.

Por lo general en USA, solamente los sistemas de tratamiento grandes ($Q > \sim 19,000 \text{ M}^3/\text{d}$) tienden a tener clarificación primaria a través de sedimentadores primarios o DAFs, debido a que estos sistemas son diseñados con digestores anaeróbicos para combinar la estabilización de lodos primarios con lodos secundarios, optimizando así la inversión para la generación de gas metano con miras a la producción de energía eléctrica para mantener la temperatura del digestor anaerobio y también utilizar el remanente de energía en otros usos.

En cuanto a la sedimentación es importante notar que la diferencia de densidades entre las partículas y el agua es lo que hace posible que la sedimentación suceda debido a la gravedad. Las partículas son ligeramente más densas que el agua y por tanto sedimentan, y las que son menos densas que el agua flotan como el aceite y las grasas.

La densidad se define como el peso de un cuerpo entre su volumen. Por ejemplo, un trozo de corcho es menos denso que un trozo de hierro aunque ambos trozos sean de la misma medida o volumen. El trozo de corcho tiene una densidad menor a la del agua por lo tanto va a flotar pero el trozo de hierro se va a hundir porque tiene una densidad mayor a la del agua.

Tomar en cuenta que la temperatura altera la densidad del agua, el agua fría es más densa que el agua tibia, por lo que en climas fríos durante el invierno los sedimentadores tienden a dificultar la sedimentación por que la diferencia de densidades entre las partículas y el agua es muy poca, es decir las densidades son casi iguales.

Por otro lado, la gravedad no es la única fuerza que actúa en el movimiento de las partículas, también se produce un arrastre de las partículas contra el agua, o sea hay fricción entre todo el cuerpo o superficie de la partícula y el agua a medida que esta sube y las partículas bajan. El arrastre hace que la partícula baje más lentamente.

Pensemos en un paracaidista...



El paracaidista es mucho más denso que el aire que le rodea pero la velocidad de caída se ve afectada de cuanto de su cuerpo (área superficial) se expone al aire. Si el paracaidista extiende su cuerpo como lo muestra la fotografía descenderá más lento porque hay más área superficial expuesta al aire y por lo tanto más fricción; pero si el paracaidista se recoge como en una bola descenderá más rápido porque hay menos área de su cuerpo expuesta al aire y por ende menos fricción.

Por otro lado, si 2 paracaidistas con la misma densidad pero uno mucho más pesado que el otro caen al vacío, el paracaidista más pesado descenderá más rápido.

En resumen, la velocidad de sedimentación en un sedimentador / clarificador primario dependerá de la **forma** (área superficial y arrastre), **densidad** y **peso** de la partícula.

Hasta el momento no hemos mencionado la naturaleza de la partícula, es decir, estas pueden ser orgánicas o inertes (no orgánicas). Las partículas inertes o también llamadas granulares como la arena sedimentan a velocidad constante sin cambiar su tamaño, forma o peso. Sin embargo las partículas orgánicas tienden a ser floculantes o sea que tienden a pegarse unas con otras como los lodos biológicos en los sedimentadores **secundarios** (bacterias) o si se les aplica un coagulante. Al tender a flocular, las partículas orgánicas forman flóculos o grumos los cuales sedimentan más rápido que si solo fuera una partícula individual.

Pero el principal factor de la sedimentación es la velocidad ascensional del agua, conocida como **tasa de desborde**; y el segundo factor más importante es el **tiempo de retención hidráulica** (TRH); el TRH se puede referir al tiempo que toma vaciar o llenar cierto volumen de agua en un tanque, o el tiempo promedio que permanece el agua en el tanque.

El rendimiento de un clarificador primario depende principalmente del área de la sección del tanque y del volumen del tanque. El área de la sección del tanque controlará la **tasa de desborde** (velocidad) y el volumen del tanque controlará el tiempo de retención hidráulica (TRH). Por lo que las partículas inertes dependen casi enteramente del área de la sección del tanque, pues estas sedimentan a velocidad constante. Por otro lado las partículas orgánicas o con coagulante sedimentaran a diferentes velocidades dependiendo de su TRH, pues a mayor

tiempo mayor oportunidad para colisionar unas con otras y formar los grumos que sedimentan más rápido.

*(ver el video principal de esta lección “Lección 4.2 Tratamiento Preliminar” para ver los conceptos de **tasa de desborde** y **tiempo de retención hidráulica**). También auxiliarse de la lección 3.1 Caudales – Concepto y Medición.*

Finalmente, a todo el sedimento en el fondo del clarificador se la llama lodo, el cual contendrá materia orgánica y materia inerte. En este caso como estamos hablando de sedimentadores primarios, el lodo es lodo primario. Este lodo que se acumula en el fondo del tanque también suele llamársele “colcha”. Esta colcha será más compacta o menos compacta dependiendo de que tan rápido se evacuen los lodos, pues si los lodos permanecen más tiempo, las capas que le van conformando tienden a compactar las que están más abajo produciendo un lodo más concentrado (compacto) hasta alcanzar un límite como a las 2 horas de permanecer en el fondo. Si el lodo permanece más de dos horas, y dependiendo de la temperatura del agua, este comenzará a volverse séptico. Las condiciones sépticas producen gases: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y sulfuro de hidrogeno (H_2S), es el H_2S el que huele a huevo podrido. Un lodo séptico tiende a ser de color café oscuro a negro, en cambio un lodo no séptico puede ser desde beige hasta chocolate.

El agua residual se vuelve séptica cuando todo el oxígeno molecular (O_2) y el oxígeno en los nitratos (NO_3^-) ha sido utilizado por los microorganismos aerobios que descomponen la materia orgánica. Otro grupo de bacterias denominado “anaerobios facultativos” son los que convierten los sulfatos (SO_4^{2-}) que ya viene en el agua residual ordinaria (doméstica) en sulfuro de hidrogeno (H_2S) bajo condiciones sépticas, es el H_2S el que huele a huevo podrido. El termino séptico o anaeróbico pueden tomarse como equivalentes en materia de tratamiento de aguas residuales.

En términos generales los parámetros de diseño y control de clarificadores / sedimentadores primarios son:

- Tiempo de Retención Hidráulica (TRH): [1.5 – 2.5] horas.
- Tasa de desbordamiento a caudal medio diario: [24.4 – 48.9] $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-d}$. (600 – 1,200) GPD/sq. ft.
- Tasa de desbordamiento a caudal pico horario: [102 – 122] $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-d}$. (2,500 – 3,000) GPD/sq. ft.
- Profundidad de la colcha de lodos: [0.6 – 0.9] metros. (2– 3) ft.
- Concentración de lodos en la colcha: [3 – 6] %.