



# Equipos hidráulicos, mecánicos, eléctricos y de control

Control de la operación de los sistemas de  
tratamiento de aguas residuales

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA

## Equipos hidráulicos, mecánicos, eléctricos y de control

Los equipos para el control de lodos suelen ser muy variados, pero pueden clasificarse según su principio básico de funcionamiento. Los tipos de equipos o sus características específicas, guardan relación directa con el tamaño o proporción de las plantas de tratamiento, su localización, el espesor de los lodos y las cantidades de lodo que se manejan.

### • Espesador de lodos

El proceso de espesado de fangos consiste en eliminar de manera continua todos los sólidos sedimentables existentes en un determinado caudal de líquido, mediante el batido lento de la mezcla de fangos procedente del Decantador Primario o Secundario, consiguiéndose un aumento considerable de la concentración de fangos. Estos fangos son enviados posteriormente a deshidratación, y el agua es bombeada a la arqueta de llegada (Hidrometálica, s.f.).

**Figura 67** Espesador de lodos



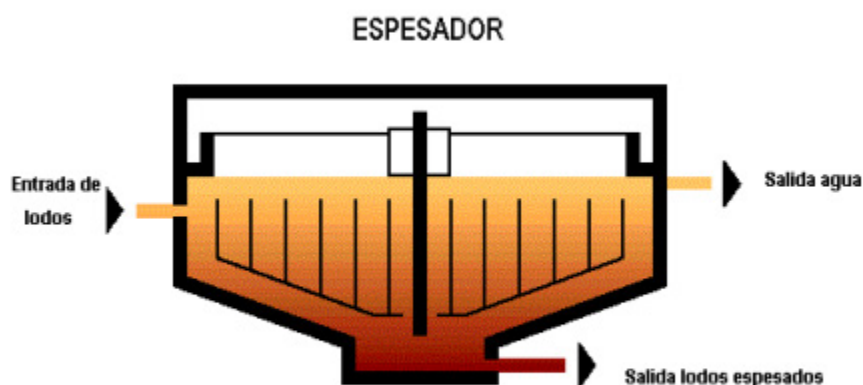
**Nota.** Hidrometálica. (s.f.).

<https://hidrometalica.com/espesador-de-fangos/>

El espesamiento de los lodos se consigue gracias a una reducción del volumen de aproximadamente un 30 – 80 %, antes de cualquier otro tratamiento. En las plantas de tratamiento de menor tamaño, con alimentación regular de lodo, el espesamiento tiene lugar generalmente directa en el tanque de almacenamiento de los lodos. El lodo es comprimido en la base del tanque mediante la gravedad, mientras en la parte superior se produce una capa de agua que se extrae y recircula nuevamente (Spena Group, s.f.).

En las plantas de tratamiento de mayor tamaño existen tanques especiales de espesamiento de lodos. Estos tanques están equipados con rodillos de rotación vertical, que crea micro canales en el lodo para un mejor escurrido. La importancia de las máquinas de espesamiento tiene lugar en aquellos lodos no estabilizados, en que pueden pudrirse durante el almacenamiento (Spena Group, s.f.).

**Figura 68** Espesador de lodos



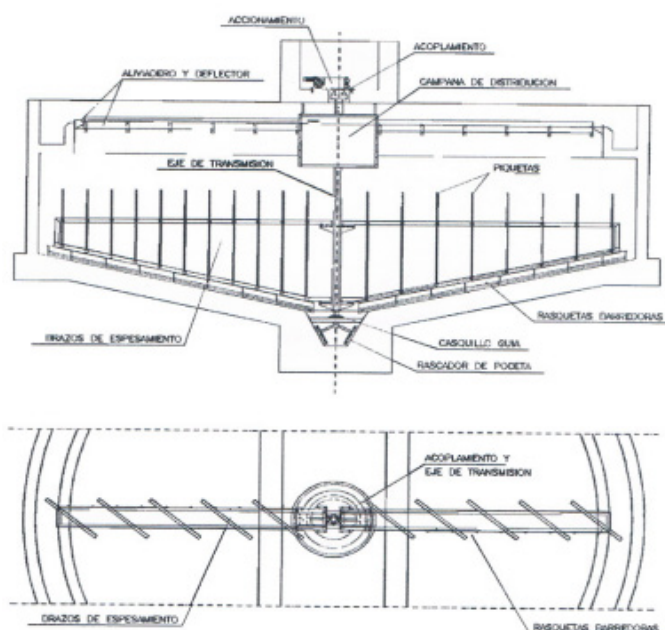
**Nota.** Nota. Spena Group. (s.f).

Los espesadores de fangos lo conforman primordialmente en un tanque, generalmente de hormigón, de planta circular, donde se provoca la sedimentación de las partículas merced a unas piquetas que, mediante el lento giro del espesador, provocado por un grupo moto reductor, envían los fangos a la parte inferior del mismo donde se incrementa la proporción de materia sólida y unas barrederas los evacuan. Una estructura puente sirve de pasarela y de apoyo a todo el conjunto. (Hidro metálica, s.f.).

Fundamentalmente existen dos tipos de espesadores:

- Espesador de fangos por gravedad: Está constituido en su conjunto por un sistema de accionamiento, eje de transmisión, Brazos de espesamiento, Rasquetas de poceta, distribuidor, aliviadero y pasarela. (Hidro metálica, s.f.).

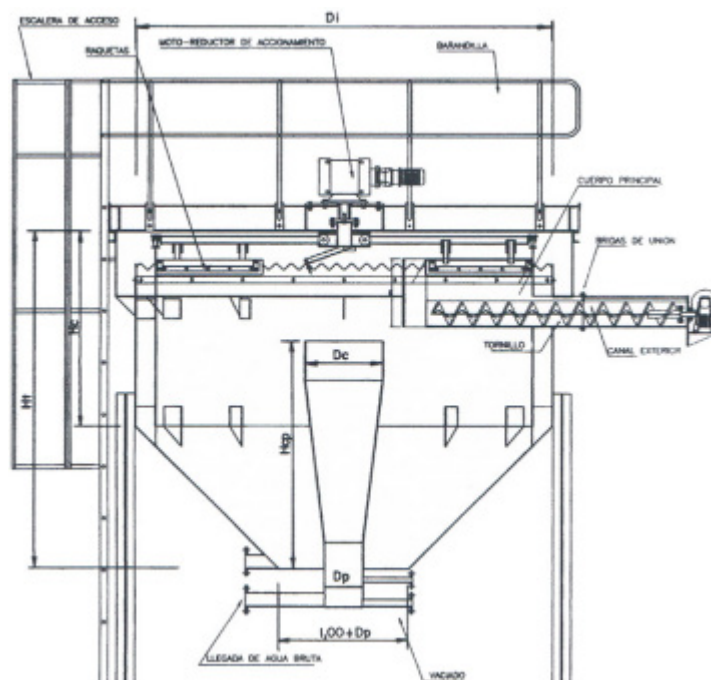
**Figura 69** Espesador de fangos por gravedad



**Nota.** Hidrometálica. (s.f).

- Espesador de fangos por flotación: el proceso en estos espesadores consiste en inyectar agua presurizada obligando a la mezcla de fangos a ascender a la parte superior, donde los fangos y grasas son barridos por rasquetas a una tolva, de donde son extraídos por un tornillo sinfín. Se caracterizan por complementarse con válvula de despresurización en la tubería de entrada al flotador, caja de control de carga montada sobre la caja reductora y con aguja indicadora, panel de control de aire de presurización donde se colocan válvula reductora de presión, válvula de regulación del caudal de aire y manómetro, calderín de presurización para difusión de aire en el agua, con valvulería y manómetro, tornillo sinfín, para extracción de grasas y flotantes. (Hidro metálica, s.f.).

**Figura 70** Espesador de fangos por flotación



**Nota.** Hidrometálica (s.f).

- Centrífuga

La centrífuga funciona de manera continua con un recipiente horizontal de paredes sólidas desarrollado específicamente para satisfacer los requisitos de deshidratación de lodos residuales industriales y urbanos. El bastidor presenta un diseño abierto con descarga por gravedad de la fase de aclarado. GEA. (2020).

**Figura 71** Centrifuga

**Nota.** GEA. (2020). Decantador waterMaster de GEA.

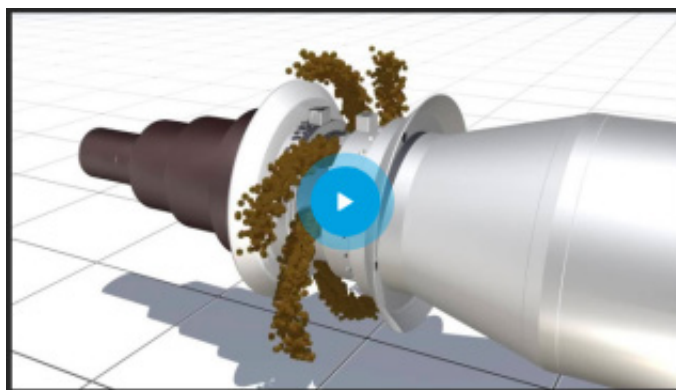
La separación se realiza en un recipiente cilíndrico horizontal equipado con un transportador de tornillo. La alimentación entra en la cuba a través de un tubo de entrada estacionario y es acelerada suavemente por un distribuidor de entrada. La fuerza centrífuga que resulta de la rotación causa sedimentación de los sólidos en la pared de la cubeta. El transportador gira en la misma dirección que la cubeta, pero un poco más lento, moviendo así los sólidos hacia el extremo cónico de la cubeta. La torta sale de la cubeta a través de las aberturas de descarga de sólidos. (ALDEC, 2019).

De acuerdo con la empresa DLC S.A, los equipos poseen las siguientes cualidades:

- Gran volumen del cuerpo central, elevada fuerza centrífuga disponible.
- El cuerpo principal que incluye la caja colectora está hecho en acero inoxidable.
- El tornillo impulsor este hecho en acero inoxidable con aleaciones de tungsteno y como opcional en cerámica.
- El punto de descarga de sólidos está protegido por un anillo de aleación carbono tungsteno o cerámica
- Componentes eléctricos de operación integral. (DLC, pág. 1)

A continuación, se puede apreciar el funcionamiento a nivel interno de un sistema de centrifuga en cuanto a la concentración, separación y deshidratación de lodos:



**Figura 72** Centrífuga

**Nota.** GEA. (2017). Decanter centrifuge for sludge treatment. (Archivo de video). <http://video.gea.com/decanter-centrifuge-for-sludge-treatment>

## - Oxidación húmeda

La materia orgánica es convertida a compuestos orgánicos más simples que posteriormente son oxidados y convertidos a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , sin emisión de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ , dioxinas, furanos, etc., con lo que se consigue una eliminación de la toxicidad del agua residual. La utilización de catalizadores heterogéneos en la oxidación húmeda, aparte de disminuir drásticamente las condiciones de presión y temperatura, se presenta como un método rápido, eficiente y limpio, debido a la fácil recuperación del catalizador. (Universidad complutense de Madrid, s.f.).

**Figura 73** Oxidación húmeda

**Nota.** U complutense de Madrid. Reactor continuo en condiciones subcríticas con flujo descendente (TBR).

En este proceso, que se desarrolla en fase líquida, las sustancias orgánicas son degradadas, en mayor o menor extensión, según las condiciones de presión y temperatura aplicadas. También influyen el tipo de oxidante y su concentración. Se lleva a cabo a temperaturas ( $70\text{--}350^\circ\text{C}$ ) y presiones (10-200 atm) elevadas. Se suele utilizar una fuente gaseosa de oxígeno, preferentemente aire, por resultar más económico. La solubilidad del oxígeno en soluciones acuosas es potenciada a altas temperaturas y presiones, lo que proporciona una elevada fuerza impulsora para la oxidación.

También se potencia la difusión del oxígeno y de los compuestos orgánicos en estas condiciones. Así, ocurre que la mayoría de los contaminantes son oxidados completamente. Las altas presiones son necesarias para mantener el agua en este estado líquido. El agua, a su vez, es un medio apropiado para la transmisión de calor, y tiene el papel de regulador del calor, eliminando el exceso de este por vaporización. (Universidad complutense de Madrid, s.f.).

El proceso de oxidación húmeda pasa a ser térmicamente auto sostenido cuando la demanda química de oxígeno (DQO) del agua tratada excede los 20g/L, y si la DQO del alimento es suficientemente alta puede incluso convertirse en un proceso con producción neta de energía. El grado de oxidación es función de la temperatura, presión parcial de oxígeno, tiempo de residencia en el reactor, y de la estructura molecular de los contaminantes considerados. Una oxidación completa conduciría a la formación de CO<sub>2</sub> y agua, así como a una eliminación de la toxicidad. La utilización de catalizadores en el proceso de oxidación húmeda reduce drásticamente las condiciones de presión y temperatura aplicadas para la oxidación de la materia orgánica. . (Universidad complutense de Madrid, s.f.).

### - Filtro prensa

El equipo Filtro Prensa es un separador de líquidos y sólidos a través de filtración por presión. Utiliza un método simple para lograr la compactación. Es capaz de comprimir y deshidratar sólidos y obtener humedades inferiores al 80%. Se fabrica en acero al carbón con recubrimiento de pintura epóxica de alta resistencia. Las placas filtrantes desmontables están hechas de polipropileno. Cuenta con un sistema de prensado óleo-hidráulico automático. Los ciclos, tiempo de llenado y compactado de lodo depende del contenido de sólidos y del volumen de lodo a filtrar diariamente. DLC S.A (s.f., p. 16).

**Figura 74** Filtroprensa



**Nota.** Gedar (s.f.). Filtro prensa.  
<https://www.gedar.com/residuales/deshidratacion-de-lodos/filtroprensa.htm>

El lodo es bombeado a través de cámaras cubiertas por telas filtrantes. Al bombear, la presión aumenta y fuerza al lodo a circular, provocando que los sólidos se acumulen y formen una pasta. El pistón óleo-hidráulico empuja la placa móvil de acero provocando el prensado de las placas de polipropileno. Luego esta es fácilmente removida haciendo retroceder el pistón, permitiendo que la pasta compactada decante en un sistema de tolva, que es fácil de manipular para el retiro del lodo. Las placas del filtro prensa están hechas de polipropileno. Estas placas están inyectadas bajo presión y moldeadas de una sola pieza. Este proceso hace una placa de alta calidad y rendimiento. Están Provistas de 4 orificios para la canalización del fluido hidráulico.

DLC S.A (s.f.). Filtro prensa. Pág. 16  
<https://www.dlc.cl/wp-content/themes/dlc/archivos/filtros.pdf>

De acuerdo con DLC S.A, dentro de las aguas residuales el filtro es ideal para lodos con las siguientes características:

**-Lodo orgánico hidrófilo:** acondicionamiento inorgánico es recomendado para la conseguir una pasta satisfactoria que no se adhiera a las membranas del filtro.

**-Lodo inorgánico hidrófilo:** el filtro prensa generalmente requiere la adición de arcilla únicamente.

**-Lodo inorgánico hidrófobo:** es muy denso e ideal para los filtros de prensa. Es desaguado sin necesidad de acondicionamiento preliminar.

**-Lodo aceitoso:** el filtro prensa se puede utilizar para el tratamiento de lodo que contiene aceites ligeros, la presencia de grasas puede permitir una operación más suave del filtro, aunque las membranas deben desengrasarse a intervalos frecuentes. (DLC, pág. 16).

**Figura 75** Filtroprensa



**Nota.** Gedar. (s.f). Filtro prensa.

<https://www.gedar.com/residuales/deshidratacion-de-lodos/filtroprensa.htm>

#### - Lecho de secado

Los lechos, eras o canchas de secado son el método de deshidratación de lodo más empleado. Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos. Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final. Se utilizan cuatro tipos de canchas de secado: (1) convencionales de arena; (2) pavimentadas; (3) de medio artificial, y (4) por vacío. (Aguamarket, 2017).



**Figura 76** Lecho de secado

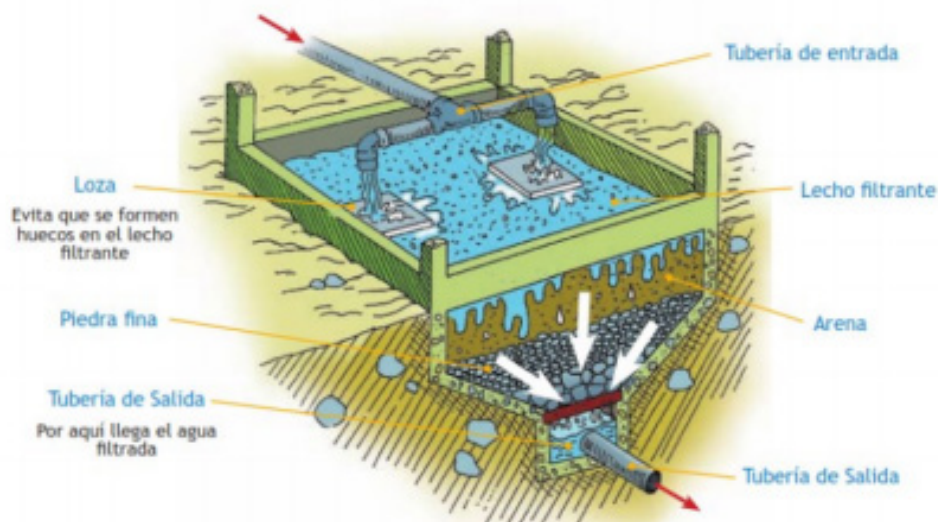


**Nota.** Gedar. (s.f). Filtro prensa.

<https://www.gedar.com/residuales/deshidratacion-de-lodos/filtroprensa.htm>

En un lecho de secado convencional de arena, el lodo se extiende sobre la misma, formando una capa de 200 a 300 mm de espesor y se deja secar. El lodo se deshidrata por drenaje a través de la masa de lodo y de arena, y por evaporación desde la superficie expuesta al aire. La mayor parte del agua se extrae por drenaje, razón por la cual es fundamental disponer de un sistema de drenaje adecuado. Los lechos de secado están equipados con tuberías de drenaje lateral (tuberías de gres con las juntas abiertas, o tuberías de plástico perforadas), dispuestas con pendientes mínimas del 1 amp; separadas entre 2,5 y 6 m. Estos conductos deben colocarse adecuadamente y cubrirse con grava gruesa o piedra machacada. El lecho de arena debe tener un espesor de 200 a 300 mm, con un cierto espesor adicional para compensar las pérdidas que se puedan producir durante las operaciones de limpieza (Aguamarket, 2017).

**Figura 77** Lecho de secado



**Nota.** Minosvivienda (s.f). Lecho de secado. [http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos\\_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/430636391\\_manual.pdf](http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/430636391_manual.pdf)

Los lechos de arena de mayores espesores ralentizan el proceso de drenaje. La arena no debe tener un coeficiente de uniformidad superior a 4,0 y debe tener un tamaño efectivo de grano comprendido entre 0,3 y 0,75 mm. La superficie de secado se divide en canchas individuales de aproximadamente 6 m de ancho por 30 m de longitud, o de dimensiones tales que el ciclo de carga normal permita el llenado de una o dos de ellas. Las separaciones interiores suelen consistir en dos o tres tablonos creosotados, y están colocadas una encima de la otra, hasta una altura de 380 a 460 mm, apoyadas en las ranuras de unos postes de hormigón prefabricados. Las paredes perimetrales pueden ser de igual construcción, o bien ser terraplenes de tierra en el caso de canchas descubiertas, pero convendrá que los muros de la cimentación sean de hormigón caso de que las canchas sean cubiertas (Aguamarket, 2017).

Las tuberías de conducción del lodo a las canchas deben estar diseñadas para una velocidad de, por lo menos, 0,75 m/s. Normalmente, se utilizan tuberías de fundición o de plástico. Se deben tomar medidas para permitir la limpieza de las conducciones y, caso de ser necesario, para evitar que se hielen en climas fríos. Para desviar el caudal de fango hacia la cancha elegida, es necesario disponer de arquetas de distribución.

Enfrente de las salidas del lodo se colocan unas placas deflectoras para favorecer la distribución de aquél sobre la superficie de secado, y para evitar las salpicaduras y la erosión de la arena. El lodo se puede extraer de las canchas después de que se haya secado y drenado suficientemente para ser paleable. El lodo seco posee una textura gruesa y agrietada y es de color negro o marrón oscuro. El contenido de humedad, después de 10 a 15 días en condiciones favorables, es del orden del 60%. La extracción del lodo se realiza manualmente con palas, carretillas o camiones, o mediante una pala rascadora o cargador frontal (Aguamarket, 2017).

#### - Lagunas de oxidación

Las lagunas de oxidación o de estabilización, son depósitos contruidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un periodo determinado. El manejo sencillo del agua residual y la eficiencia energética, son su principal característica. (Tratamiento de agua, 2016).

**Figura 78** Laguna de oxidación



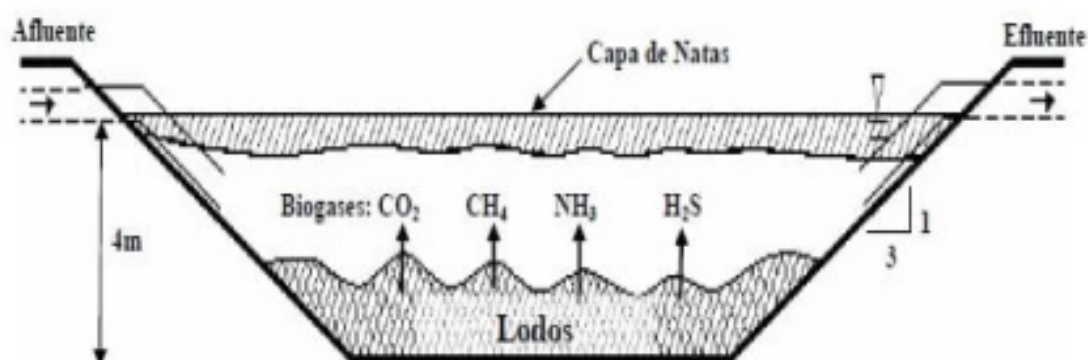
**Nota.** Fibras y normas de Colombia SAS (s.f). Laguna de oxidación. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/>

Las lagunas se pueden clasificar por su acción biológica dominante resultando los siguientes tipos:

#### - Lagunas aerobias

Este tipo de lagunas reciben aguas residuales que han sido sometidas a un tratamiento previo y que contienen pocas concentraciones de sólidos en suspensión, en ellas, se produce la degradación de la materia orgánica, se caracterizan por ser lagunas poco profundas (1 a 2 metros) y suelen tener tiempos de residencias elevados (20 a 30 días). Las lagunas aerobias se clasifican, según el método de aireación, en aerobias, siendo el oxígeno suministrado por intercambio a través de la interfase aire-agua y por la actividad fotosintética de las algas, y lagunas aireadas en donde la cantidad de oxígeno que se suministra por medios naturales es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, así que se recurre a un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

**Figura 79** Esquema del diseño de una laguna de oxidación de tipo anaerobia



**Nota.** Fibras y normas de Colombia SAS (s.f). Esquema del diseño de una laguna de oxidación de tipo anaerobia. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/>

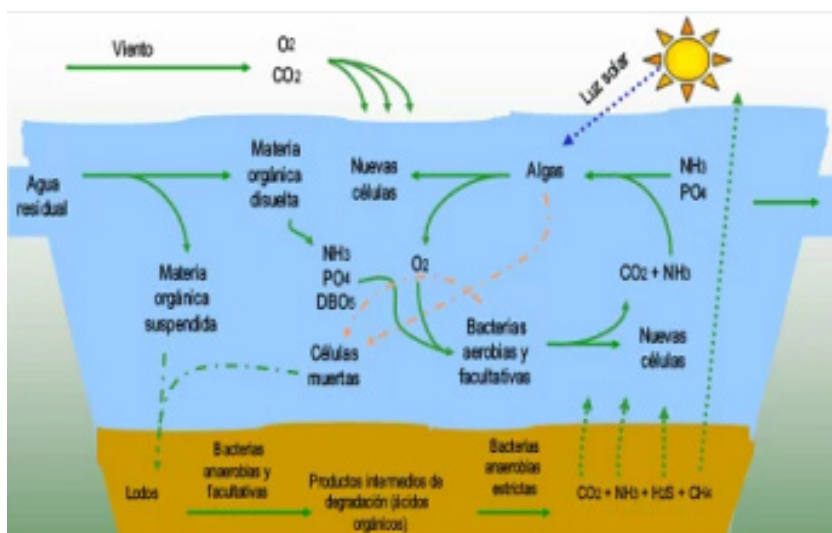
El tratamiento se realiza mediante la acción de bacterias anaerobias y se describe como un biorreactor que combina la sedimentación de sólidos y la acumulación de estos en el fondo, con la suspensión de materiales presentes en el agua residual en la superficie y con biomasa activa suspendida en el agua o adherida tanto a los lodos sedimentados como al material suspendido. Las lagunas anaerobias suelen tener una profundidad entre 2 y 5 metros y un tiempo de retención entre 2 a 5 días.

La estabilización es este tipo de lagunas tiene lugar mediante la hidrólisis en donde los compuestos orgánicos complejos e insolubles se mezclan con las moléculas de agua y se convierten en compuestos más sencillos y solubles en agua. Seguidamente se forman ácidos en donde los compuestos orgánicos sencillos que se generaron en la hidrólisis son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos, dando como resultado la conversión de estos compuestos en ácidos orgánicos volátiles. Y por último la formación de metano, una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias actúa y los convierte en metano y dióxido de carbono. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

### - Lagunas facultativas.

Son aquellas que cuentan con una zona aerobia en superficie y una anaerobia hacia el fondo y tienen como finalidad estabilizar la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionando principalmente por las algas presentes. En este tipo de lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, desde anaerobios estrictos en el fondo, hasta aerobios estrictos en la zona adyacente a la superficie, la presencia de algas es muy importante ya que son las principales suministradoras de oxígeno. La profundidad de este tipo de lagunas está entre 1 y 2 metros. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

**Figura 80** Esquema del diseño de las lagunas de oxidación de tipo facultativa.



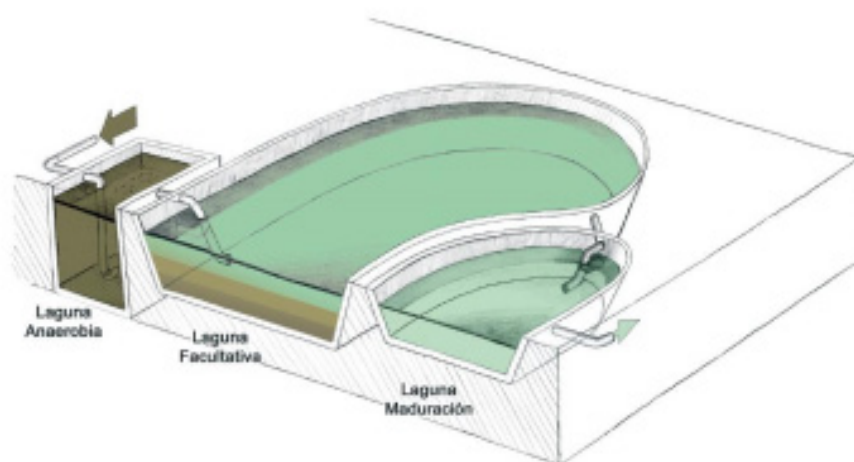
**Nota.** Fibras y normas de Colombia SAS (s.f). Esquema del diseño de las lagunas de oxidación de tipo facultativa. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/>

En este tipo de lagunas existen tres zonas:

- a) Zona superficial donde existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica.
- b) Una zona intermedia parcialmente aerobia y anaerobia, los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobio, los materiales orgánicos sólidos se oxidan por la acción de las bacterias aerobias empleando el oxígeno generado por las algas presentes cerca de la superficie, el dióxido de carbono generado en el proceso de oxidación sirve como fuente de carbono por las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y el  $\text{CH}_4$ .
- c) Zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

- De maduración o pulimento

**Figura 81** Esquema general de un proceso de lagunaje.



**Nota.** ITC. (2011). Esquema general de un proceso de lagunaje. <http://depuranatura.blogspot.com/2011/05/lagunas-anaerobias.html>

El término lagunas de maduración o de pulimento se aplica a aquellas lagunas aerobias ubicadas en el último paso de los sistemas lagunares en serie o a las unidades que mejoran el efluente de otros sistemas de tratamiento biológico. Este tipo de lagunas de oxidación tiene como objetivo la eliminación de bacterias patógenas, además de su efecto desinfectante cumplen objetivos como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y generación de un efluente oxigenado. Este tipo de lagunas se construyen con un tiempo de retención de 3 a 10 días y profundidades de 1 a 1.5 metros. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).



Se pueden establecer distintas combinaciones de los tipos de lagunas en función de las características del agua a tratar, de las exigencias del efluente y de la disponibilidad de terreno, básicamente, para agua residual de origen doméstico o equivalente, los sistemas más comunes son:

- Facultativa + Aerobia
- Facultativa + Facultativa + Aerobia
- Anaerobia + Facultativa + Aerobia
- Anaerobia + Facultativa + Maduración
- Facultativa + Facultativa + Maduración

En lugares con clima frío o donde las lagunas pueden cubrirse con hielo durante el invierno, resulta interesante la utilización de lagunas en paralelo. Como se puede observar existen varias combinaciones para formar un sistema lagunar y debe ponderarse de manera adecuada el uso de estas. (Tratamiento de agua, 2016).

## Referencias bibliográficas

Aguamarket. (2017). Lechos de secado. AGUAMARKET.

<https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=1137&termino=Lechos>

Fibras y normas de Colombia SAS (s.f.). Lagunas de oxidación.

<https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/>

Hidritec. (s.f.). Electrocoagulación. HIDRITEC.

<http://www.hidritec.com/hidritec/electrocoagulacion>

Hidrometalica. (s.f.). Espesador de fangos. HIDROMETÁLICA.

<https://hidrometalica.com/espesador-de-fangos/>

Tratamiento de agua. (2016). Lagunas de oxidación.

<https://www.tratamientodelagua.com.mx/lagunas-de-oxidacion-que-son/>

Universidad Complutense de Madrid. Tratamiento de aguas residuales mediante oxidación húmeda.

<https://www.ucm.es/otri/complutransfer-tratamiento-de-aguas-residuales-mediante-oxidacion-humeda#:~:text=La%20oxidaci%C3%B3n%20h%C3%BAmeda%20es%20una,para%20so meterlos%20a%20tratamiento%20biol%C3%B3gico.>