



AWM

SOPORTE OFICIAL



**Hablemos del
proceso AAO**

¿Qué es el proceso AAO?

El proceso AAO (Anaerobio-Anóxico-Óxico) es una tecnología avanzada de tratamiento biológico ampliamente utilizada en plantas de tratamiento de aguas residuales, principalmente para eliminar materia orgánica y nutrientes como nitrógeno y fósforo de las aguas residuales. La eficiencia del tratamiento generalmente alcanza: DBO₅ y SS al 90%–95%, nitrógeno total por encima del 70% y fósforo alrededor del 90%.

¿Qué son anaeróbicos, anóxicos y aeróbicos?

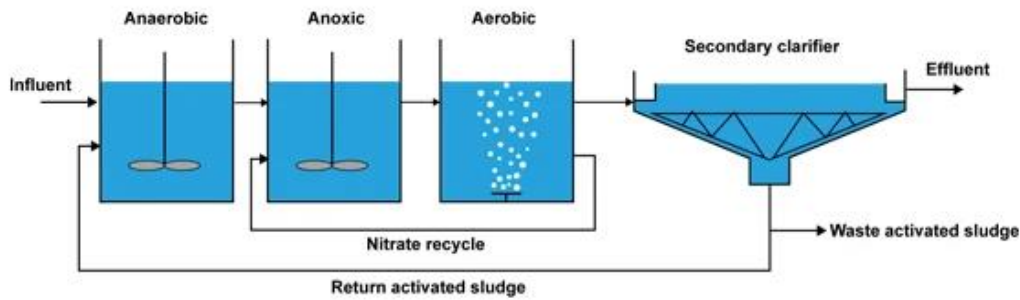
- Anaeróbico se refiere a condiciones estrictamente libres de oxígeno, incluidas sustancias oxidantes (OD < 0,2 mg/L);
- Anóxico se refiere a la falta de oxígeno molecular, pero pueden estar presentes sustancias oxidantes (OD ≤ 0,5 mg/L);
- Aeróbico se refiere a suficiente oxígeno disponible para los microorganismos aeróbicos (OD, 2-4 mg/L).

Introducción al flujo de procesos de AAO

En primer lugar, las aguas residuales entran en la zona anaeróbica desde el tanque de sedimentación primaria, donde se mezclan completamente con el lodo de retorno. Después de un cierto período (1-2 h) de descomposición anaeróbica, se elimina parte de la DBO. A través del proceso de desnitrificación, algunos compuestos que contienen nitrógeno se convierten en N₂ y se liberan. Los microorganismos que acumulan fosfato (como los organismos acumuladores de fosfato) en el lodo de retorno liberan fósforo para satisfacer las necesidades de fósforo de las bacterias.

Luego, las aguas residuales fluyen hacia el tanque anóxico, donde las bacterias desnitrificantes utilizan la materia orgánica que contiene carbono no descompuesto en las aguas residuales como fuente de carbono para reducir el NO₂⁻ y NO₃⁻, que se devuelven desde el tanque aeróbico a través de la circulación interna, al N₂ y lo liberan.

A continuación, las aguas residuales fluyen hacia el tanque aeróbico, donde el NH₄⁺·N del agua sufre una nitrificación para formar nitrito y nitrato. Mientras tanto, la materia orgánica del agua se oxida y descompone para proporcionar energía a los microorganismos que acumulan fósforo. Estos microorganismos absorben el fósforo del agua, que entra en su estructura celular y se acumula en su interior. Después de la sedimentación y separación, el lodo rico en fósforo se descarga del sistema.



¿Cuáles son las principales estructuras y funciones involucradas en el proceso de tratamiento de agua AAO?

El proceso AAO en general incluye cuatro partes: pretratamiento primario, tratamiento biológico secundario, tratamiento avanzado terciario y tratamiento de lodos. Las estructuras específicas son las siguientes:

- Pretratamiento primario
 - Tanque de sedimentación primaria: El tanque de sedimentación primaria realiza la separación sólido-líquido para eliminar partículas sólidas suspendidas de mayor tamaño de las aguas residuales, reducir la carga orgánica en el tratamiento biológico y mejorar la actividad de los microorganismos en los lodos activados.
- Tratamiento Biológico Secundario
 - Sistema AAO: Elimina principalmente nitrógeno, fósforo y contaminantes orgánicos en estado coloidal y disuelto de las aguas residuales.
 - Tanque de Sedimentación Secundaria: Separa lodos, clarifica y concentra el licor mezcla y recicla los lodos activados.
- Tratamiento Terciario Avanzado
 - Tanque de desinfección: El efluente del tanque de sedimentación secundaria fluye hacia el tanque de desinfección para su desinfección, lo que garantiza que la calidad del efluente cumpla con los estándares sanitarios para una descarga compatible.
- Tratamiento de lodos
 - Tanque de almacenamiento de lodos: Los lodos descargados del tanque de sedimentación secundaria se transfieren periódicamente al tanque de almacenamiento de lodos para la concentración de lodos y la digestión aeróbica.
 - Prensa de filtro: La prensa de filtro de lodos se utiliza para separar eficazmente el agua de los sólidos en el lodo, reduciendo el volumen del lodo.

¿Cómo elimina el nitrógeno y el fósforo el proceso AAO?

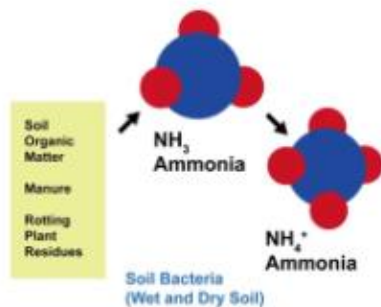
El proceso AAO es un método de tratamiento biológico comúnmente utilizado en el tratamiento de aguas residuales, principalmente para la eliminación simultánea de nitrógeno y fósforo del agua.

Desnitrificación:

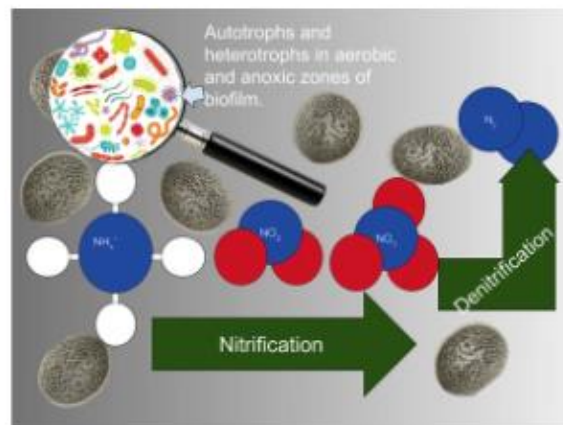
La eliminación biológica de nitrógeno se refiere al proceso mediante el cual el nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal de las aguas residuales se convierten en gas nitrógeno a través de la amonificación, nitrificación y desnitrificación bajo la acción combinada de microorganismos.

- **Amonificación:** La materia orgánica que contiene nitrógeno se convierte en NH_4^+ bajo la acción de bacterias amonificantes.
- **Nitrificación:** En condiciones aeróbicas, los microorganismos autótrofos utilizan nitrógeno inorgánico como fuente de nitrógeno para convertir NH_4^+ en NO_2^- , que luego se oxida a NO_3^- .
- **Proceso de desnitrificación:** En condiciones anóxicas, las bacterias desnitrificantes reducen el nitrógeno nitrito y el nitrógeno nítrico a nitrógeno gaseoso (N_2).

Ammonification



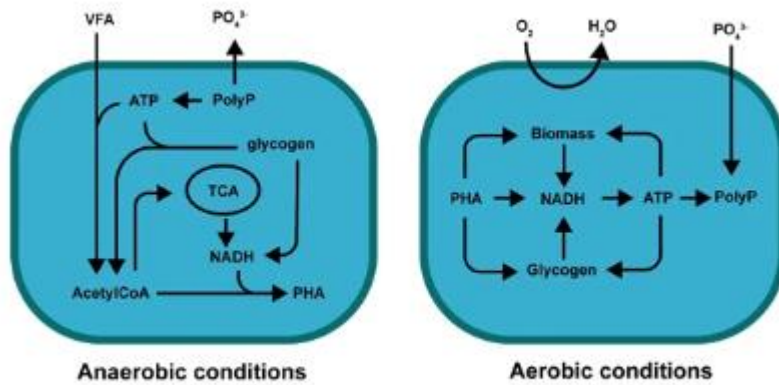
Proceso de amonificación



Proceso de nitrificación y desnitrificación

Principio de eliminación de fósforo

La eliminación biológica de fósforo utiliza organismos acumuladores de fosfato (PAO) que liberan fósforo en condiciones anaeróbicas y absorben fósforo en exceso de sus necesidades fisiológicas en condiciones aeróbicas. El fósforo se almacena en las células en forma polimérica, formando lodos con alto contenido de fósforo, que luego se eliminan del sistema, logrando así la eliminación de fósforo de las aguas residuales.



Devolución de lodos

- **¿Qué son los lodos de retorno?**

El lodo de retorno es un tipo de lodo activado que se separa de la sedimentación secundaria (o zona de sedimentación) y se devuelve al tanque anaeróbico.

- **¿Por qué es necesaria la devolución de lodos?**

En un sistema bioquímico normal, es esencial garantizar la estabilidad del volumen de lodos para mantener el funcionamiento normal del sistema. La tasa de reproducción de bacterias en el sistema es mucho menor que la cantidad de aguas residuales eliminadas, por lo que para garantizar la estabilidad del sistema bioquímico, es necesario devolver los lodos.

- **¿Cómo se determina la cantidad de lodos de retorno?**

Para determinar la cantidad de lodos de retorno, primero se debe determinar la tasa de reciclado de lodos. La tasa de reciclado de lodos es la relación entre el caudal de lodos de retorno en el tanque de lodos y el caudal de entrada. Existen dos métodos para calcularla, como se muestra a continuación:

$$R = \frac{X}{X_R - X}$$

- R: Tasa de reciclaje de lodos, %;
- X_R : Concentración de lodos de retorno, mg/L.
- X: Concentración de lodos activados en el líquido mezclado del tanque de aireación, mg/L;

$$R = \frac{SV}{100 - SV}$$

- SSV—Concentración de lodos en el efluente del tanque de sedimentación secundaria (expresada como porcentaje)
- La cantidad de lodos de retorno se puede determinar en función

del caudal de entrada y de la tasa de reciclado de lodos. La fórmula es la siguiente:

$$Q_R = R \times Q$$

- Q_R — Volumen de lodo de retorno, m^3/a
- R — Relación de reciclaje de lodos, %;
- Q — Caudal de aguas residuales, $m^3/hora$.

Por ejemplo, si el caudal de aguas residuales es de $300 m^3/h$ y se calcula que la relación de reciclaje de lodos es del 70%, entonces el volumen de lodos de retorno es: $300 \times 70\% = 210 m^3/a$

Reciclaje de nitrato

- **¿Qué es el reciclaje de nitrato?**

El reciclaje de nitratos se refiere al proceso de retorno del licor mezclado del tanque aeróbico al tanque anóxico para aumentar la concentración de nitrógeno nítrico en el tanque anóxico, promoviendo así la reacción de desnitrificación. Tiene poca relación con la eliminación de fósforo.

- **¿Qué impacto tiene la tasa de reciclaje de nitrato en el AAO?**

La relación de reciclado de nitrato se refiere a la relación entre el caudal de reciclado de licor mezclado y el caudal de entrada, que normalmente se denota como r . La relación de reciclado de nitrato r determina directamente la eficiencia de desnitrificación. Para un sistema de eliminación de nitrógeno biológico determinado, existe una relación de reciclado interno óptima en la que se maximiza la eficiencia de desnitrificación.

Suponiendo que la eficiencia de nitrificación biológica y la eficiencia de desnitrificación son del 100%, lo que significa que todo el TKN se nitrifica en nitrógeno nítrico y todo el nitrógeno nítrico reciclado a la zona anóxica se desnitrifica a N_2 , la eficiencia de desnitrificación EDN en este punto es:

$$\eta = \frac{r + R}{1 + r + R}$$

- R — Relación de reciclaje de lodos, %;
- r — Relación de reciclaje de nitrato, %.

Por ejemplo: si la tasa de reciclaje de lodos es del 70% y la tasa de reciclaje de nitrato es del 400%, entonces la eficiencia de eliminación de amoníaco es: $(400\% + 70\%) / (1 + 400\% + 70\%) = 82,5\%$

Parámetros del proceso AAO y factores influyentes

- **F/M (Carga orgánica de lodos) y SRT (Tiempo de retención de lodos)**

El proceso AAO es una operación flexible que puede centrarse en la eliminación por desnitrificación, la eliminación de fósforo o ambas. Si se requiere tanto la desnitrificación como la eliminación de fósforo, la F/M se

controla generalmente a $0,1-0,18k \text{ BOD}_5 / (\text{kg MLVSS} \cdot \text{d})$, y el SRT debe controlarse generalmente a los 8–15 días.

- **Tiempo de retención hidráulica (TRH)**

El tiempo de retención hidráulica está relacionado con factores como la concentración del influente y la temperatura. El TRH en la zona anaeróbica es generalmente de 1 a 2 horas; el TRH en la zona anóxica es de 1,5 a 2 horas; el TRH en la zona aeróbica debería ser generalmente de 6 horas. Un tiempo de retención hidráulica excesivo o insuficiente afectará el proceso.

- **Relación de reciclaje**

La relación de reciclado interno r es generalmente de 200% a 500%, dependiendo de la concentración de TKN del afluente y de la eficiencia de desnitrificación requerida. La relación de reciclado externo R está generalmente en el rango de 50% a 100%. Para asegurar que no se produzca desnitrificación ni liberación secundaria de fósforo en el tanque de sedimentación secundaria, se debe minimizar R para evitar que se devuelva demasiado $\text{NO}_3\text{-N}$ a la zona anaeróbica, lo que interferiría con la liberación de fósforo y reduciría la eficiencia de eliminación de fósforo.

- **Oxígeno disuelto (OD)**

El OD en la zona anaeróbica debe controlarse por debajo de 0,2 mg/L, en la zona anóxica por debajo de 0,5 mg/L y en la zona aeróbica entre 2 y 3 mg/L.

- **COD/TKN y COD/TP**

Para la eliminación biológica de nitrógeno, la DQO/TKN debe ser mayor a 4,0, mientras que la eliminación biológica de fósforo requiere una DQO/TP mayor a 20. Si el valor de DQO/TKN es bajo, se debe agregar metanol como fuente de nutrientes; si el valor de DQO/TP es bajo, se debe agregar ácido acético u otros ácidos grasos inferiores.

- **pH y alcalinidad**

En el sistema de eliminación biológica de fósforo y nitrógeno AAO, el pH del licor mixto de lodos debe controlarse por encima de 7,0. Si el pH es inferior a 6,5, se puede aumentar la alcalinidad.

- **Temperatura**

Cuanto más alta sea la temperatura, más favorable será la eliminación biológica del nitrógeno. Cuando la temperatura es inferior a 15 °C, la eficiencia de la eliminación biológica del nitrógeno disminuirá significativamente. Por el contrario, las temperaturas más bajas son beneficiosas para la eliminación del fósforo.

- **Toxinas y sustancias inhibitoras**

Cuando ciertos iones de metales pesados, aniones complejos y alguna materia orgánica ingresan al sistema de tratamiento de agua, si exceden una cierta concentración, pueden causar toxicidad por lodos activados, inhibiendo la actividad de ciertos microorganismos.

Ventajas y desventajas del proceso de tratamiento de agua AAO

Ventajas:

- La combinación orgánica de condiciones anaeróbicas, anóxicas y aeróbicas con diferentes comunidades microbianas puede eliminar materia orgánica y lograr la eliminación de nitrógeno y fósforo.

- El flujo del proceso es simple y el tiempo total de retención hidráulica es corto.
- Bajo la operación alterna de condiciones anaeróbicas-anóxicas-aeróbicas, las bacterias filamentosas no proliferarán excesivamente y el SVI generalmente es menor a 100, lo que evita la acumulación de lodos.
- El lodo tiene buenas propiedades de sedimentación.

Desventajas:

- El contenido de fósforo en los lodos es alto, generalmente superior al 2,5%, por lo que la eliminación de fósforo se logra principalmente mediante la descarga de lodos. Sin embargo, debido al crecimiento limitado de los lodos, es difícil mejorar aún más la eficiencia de eliminación de fósforo.
- El efecto de desnitrificación también es difícil de mejorar aún más, ya que la tasa de circulación interna generalmente está limitada a $2Q$ y no debería ser demasiado alta.
- El efluente del proceso AAO tradicional sólo puede cumplir con el estándar de Clase B.

Proceso AAO mejorado

Para que el sistema de tratamiento de agua tenga una alta eficiencia de desnitrificación, un importante ahorro de energía y efectos de reducción del consumo, una mayor resistencia a la carga de choque y una menor producción de lodos, se ha mejorado el proceso AAO tradicional. Los métodos de mejora habituales son los siguientes:

- Proceso AAO invertido multipunto
- Reactor preanóxico + proceso AAO
- Proceso UCT

Proceso de doble reciclaje interno aeróbico y anóxico