

## **Actualización de una planta de tratamiento de aguas residuales secundaria existente a tratamiento terciario**

El tratamiento terciario y / o avanzado de aguas residuales se emplea para eliminar o reducir sustancialmente la concentración de constituyentes específicos de aguas residuales que no pueden eliminarse mediante un tratamiento secundario. Estos componentes incluyen nitrógeno, fósforo, sólidos suspendidos adicionales, compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y sólidos disueltos.

La transformación de una planta de tratamiento de aguas residuales del tratamiento secundario al nivel de tratamiento terciario implica la adición de tanques/depósitos e instrumentos y dispositivos asociados a la planta existente para implementar los procesos individuales que son necesarios para la eliminación de las sustancias específicas, a menudo acompañadas de modificaciones a los tanques y equipos existentes en la planta. Durante este proceso de transformación, la instrumentación y los dispositivos para el monitoreo y control de los parámetros operativos y de proceso deben actualizarse adecuadamente para garantizar que estos parámetros permanezcan en el rango operativo óptimo durante la operación de tratamiento.

El proceso Bardenpho de 5 etapas es un ejemplo de tratamiento terciario que ofrece eliminación de nutrientes biológicos (BNR) además de la eliminación de compuestos orgánicos y la clarificación de efluentes. Este proceso se describe brevemente en los siguientes párrafos.

### **Proceso Bardenpho de 5 etapas: eliminación de nutrientes biológicos (BNR)**

El proceso Bardenpho de 5 etapas se presenta en forma simplificada en la Figura 1. El efluente de los clarificadores primarios fluye hacia los reactores biológicos para la eliminación de contaminantes orgánicos y nutrientes, es decir, nitrógeno y fósforo. Hay cinco reactores (tanques/zonas), en la siguiente secuencia: 1- condición anaeróbica, caracterizada por una concentración de oxígeno disuelto muy baja (o casi cero) y la ausencia de nitratos; 2- condición anóxica, con bajos niveles de oxígeno disuelto, pero nitratos presentes; 3- condición aeróbica, aireada, con nivel adecuado de oxígeno disuelto; 4- condición anóxica secundaria y 5- condición de aireación final (pulido aeróbico).

La función de la primera zona es acondicionar el grupo de bacterias responsables de la eliminación de fósforo al forzarlas a condiciones de baja Reducción-Oxidación (REDOX), lo que resulta en la liberación de fósforo de las células del grupo específico de bacterias PAO (Phosphate Accumulating Organisms).

En exposición posterior a un suministro adecuado de oxígeno y fósforo en las zonas aireadas, las células PAO acumulan rápidamente fósforo en exceso de sus necesidades metabólicas normales. El fósforo se elimina del sistema con el lodo activado de desecho (WAS-Waste Activated Sludge).

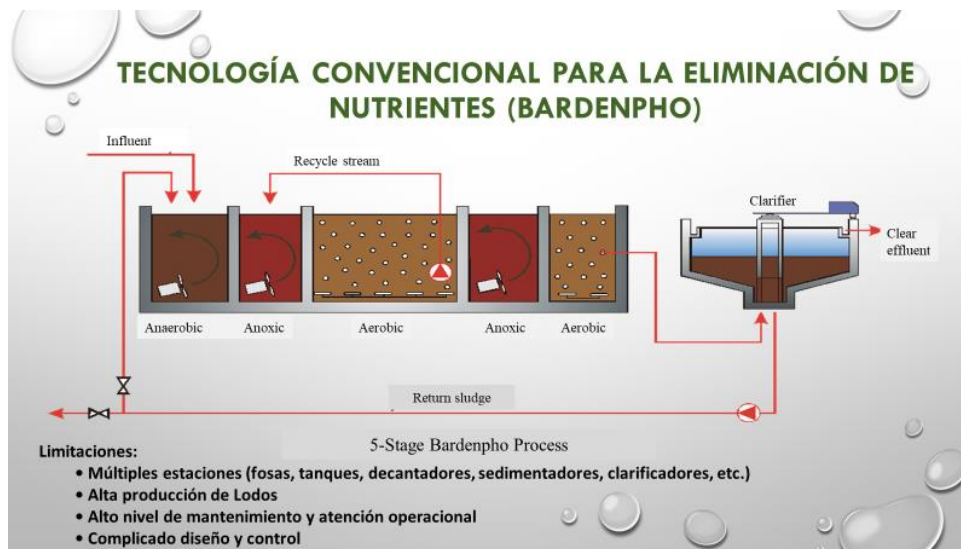


Figura 1. Proceso de Bardenpho de cinco etapas

La mayor parte del nitrógeno en el afluente está en forma de amoníaco, y este pasa a través de las dos primeras zonas prácticamente inalterado. En el tercer reactor (condición aeróbica), la edad del lodo es tal que tiene lugar una nitrificación casi completa, y el nitrógeno amoniacal se convierte en nitritos y luego en nitratos. La oxidación sustancial de los componentes orgánicos, acompañada de la reducción del DBO también tiene lugar en esta zona. El licor mixto rico en nitrato se recicla luego de la zona aeróbica a la primera zona anóxica. Aquí ocurre la desnitrificación, donde los nitratos reciclados, en ausencia de oxígeno disuelto, son reducidos por bacterias facultativas a gas nitrógeno, utilizando los compuestos de carbono orgánicos como donantes de electrones, lo que reduce aún más el contenido orgánico de las aguas residuales.

El gas nitrógeno generado se escapa a la atmósfera. En la segunda zona anóxica, los nitratos restantes (que no fueron reciclados) son desnitrificados por las bacterias. En la zona de re-aireación final, los niveles de oxígeno disuelto se elevan nuevamente para evitar una mayor desnitrificación, lo que perjudicaría la sedimentación en los clarificadores secundarios a los que fluye el licor mezclado. Cualquier amoníaco restante se eliminará en la zona de re-aireación final.

Para la optimización del proceso de desnitrificación, la tasa de reciclaje y la concentración de OD en la zona anóxica deben ajustarse adecuadamente. Es esencial suministrar ácidos grasos volátiles al primer reactor anaeróbico para lograr una buena eliminación de fósforo. Estos ácidos grasos de cadena corta y fácilmente biodegradables (principalmente acetatos) se producen internamente en el proceso Bardenpho de 5 etapas mediante la fermentación controlada de lodo primario en un espesante por gravedad y su posterior liberación en el sobrenadante del espesante, que se alimentará a la cabeza del reactor biológico.

## Desinfección

Si la desinfección del efluente es necesaria para minimizar los riesgos para la salud y la probabilidad de exposición humana a virus entéricos y otros patógenos, la corriente de efluente debe pasar por un proceso de desinfección como la cloración, la ozonización o la radiación ultravioleta (UV). La cloración es el proceso de desinfección más común y normalmente implica la inyección de una solución de cloro en la cabeza de un recipiente de contacto con cloro. La dosis de cloro depende de la fuerza del agua residual y otros factores, pero las dosis de 5 a 15 mg / l son comunes. Un ejemplo de un proceso de cloración se presenta en la Figura 2.

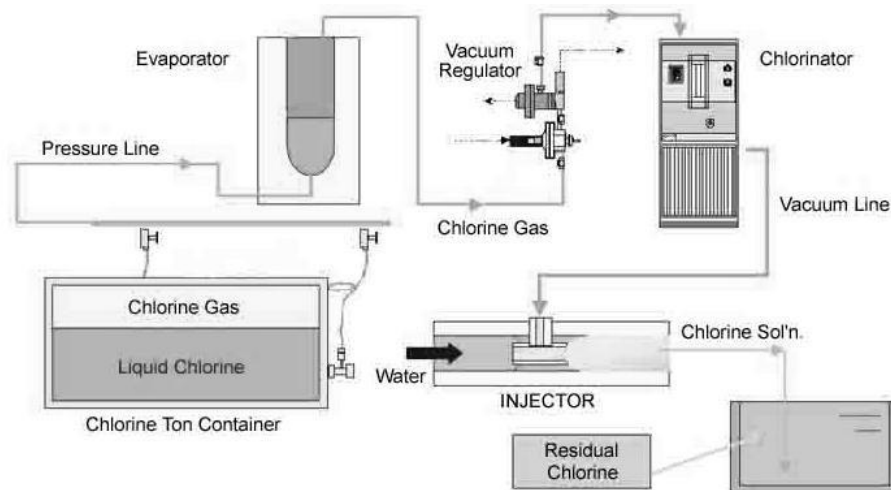


Figura 2. Inyección de cloro gaseoso durante el proceso de cloración.

Las cubetas de contacto con cloro suelen ser canales rectangulares, con deflectores para evitar corto-circuitos, diseñados para proporcionar un tiempo de contacto adecuado. Los efectos bactericidas del cloro y otros desinfectantes dependen del pH, el tiempo de contacto, el contenido orgánico y la temperatura del efluente. Los métodos de irradiación con ozono y UV también se pueden utilizar para la desinfección, pero estos métodos son más caros de aplicar y requieren la atención de un operador experto.

## Actualización de una planta de tratamiento secundario de aguas residuales

La actualización de una planta de tratamiento secundario de aguas residuales a la planta de tratamiento terciario para la eliminación de nitrógeno y fósforo requiere el suministro de tanques, tuberías y equipos asociados para la medición y monitoreo de parámetros, además de instrumentos específicos y dispositivos de control. La complejidad del proceso y la operación calificada requerida para lograr resultados consistentes pueden hacer que este enfoque sea inadecuado para algunas instalaciones.

Un proceso de lodo activado tradicional necesitaría la adición de múltiples tanques que funcionan en modo anaeróbico, anóxico y aeróbico, y una corriente de reciclaje para ofrecer un tratamiento terciario basado en el proceso Bardenpho de cinco etapas. El proceso de actualización involucra tuberías extensas más instrumentación avanzada y dispositivos de control para el control y monitoreo de numerosos parámetros del proceso. Por ejemplo, el monitoreo y control de la concentración de oxígeno disuelto (OD) y el potencial de oxidación-reducción (ORP) son muy importantes ya que indican el grado de aerobiosis (presencia de aire u oxígeno) en cada zona. Por lo tanto, las sondas y electrodos de OD y ORP deben instalarse en varios lugares dentro de los tanques para monitorear la condición en cada zona. Se necesitan controladores de OD para ajustar el caudal de aireación y controlar la concentración de OD en zonas aeróbicas. Se necesitan sensores TSS para controlar el tiempo de retención sólido (SRT).

El suministro de cinco condiciones de anaeróbico, anóxico, aeróbico, anóxico y aeróbico, cada una de las cuales requiere un espacio dedicado, es el componente crítico del costo del proceso Bardenpho. Los municipios que experimentan picos de caudales debido a eventos de tormenta, afluencia e infiltración, requieren aún más capacidad del tanque. Además de los tanques y los sopladores de aireación, se necesitan mezcladores anóxicos para las zonas que no están aireadas, y se necesita una bomba de reciclaje para devolver el licor mezclado al comienzo del ciclo para la desnitrificación, como se muestra en la Figura 1. La adición del proceso de desinfección requeriría tanques, reguladores y dispositivos de instrumentación y control adicionales, como se presenta en la Figura 2.

## Actualización de una planta de tratamiento de aguas residuales Tipo UASB

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales contiene un reactor de flujo ascendente de manta anaerobia de lodos (UASB), un filtro de medios y un filtro de goteo, como se presenta en la Figura 3.

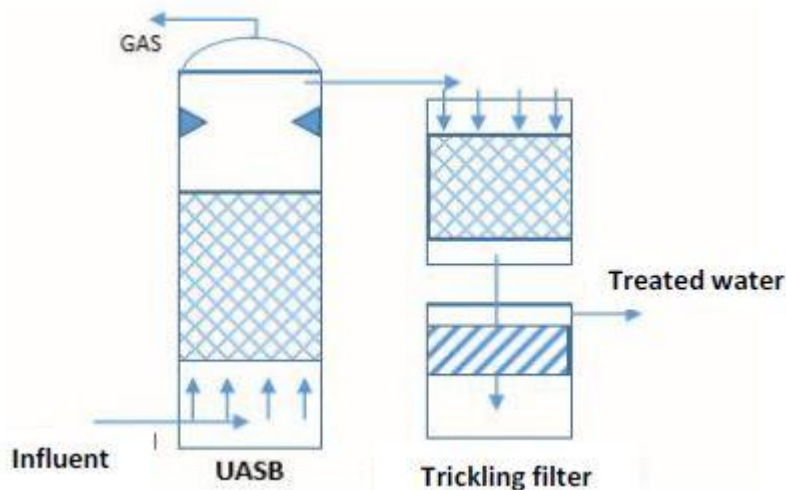


Figura 3. Planta de tratamiento de aguas residuales tipo UASB

El diseño de esta planta de tratamiento sugiere que funciona como una planta de tratamiento de aguas residuales secundaria con capacidad limitada para la eliminación de nutrientes. Para actualizar la planta al nivel de tratamiento terciario para la eliminación de nutrientes, se deben hacer cambios sustanciales en el diseño de la planta junto con la adición de múltiples tanques/ depósitos para proporcionar condiciones anóxicas y anaeróbicas que son necesarias para la eliminación de nitrógeno y fósforo. Los dispositivos de instrumentación y control para el monitoreo, control y automatización también deben actualizarse para garantizar la operación optimizada de la planta de tratamiento.

Las condiciones de funcionamiento del filtro de goteo deben ajustarse para garantizar una adecuada eliminación de DBO y nitrificación. Un reactor anóxico que podría ser un biofiltro o un reactor anóxico de crecimiento suspendido debe instalarse aguas abajo del existente filtro de goteo para desnitrificación, seguido de un reactor de pulido aeróbico. Este diseño eliminará el nitrógeno, pero necesita la adición de una fuente de carbono externa, como metanol, para apoyar la desnitrificación en la zona anóxicas. Alternativamente, los parámetros operativos de el filtro de goteo pueden controlarse para permitir la conservación de DBO para desnitrificación

Para la eliminación del fósforo, se necesita instalar un tanque anaeróbico aguas arriba del filtro de goteo, después del UASB. La adición de un tanque anóxico, aguas arriba del filtro de goteo, junto con una línea de reciclaje al tanque anóxico para devolver el nitrógeno nitrificado para la desnitrificación previa, mejorará la eficiencia de la eliminación del nitrógeno.

Se debe realizar un análisis de costos a largo plazo para evaluar la rentabilidad de los diseños sugeridos que mantienen los filtros de goteo existentes y agregan filtros o tanques (anóxicos y anaeróbicos) para la eliminación de nitrógeno y fósforo.

Muchos filtros de goteo existentes que se diseñaron originalmente para la eliminación de DBO no son ideales para los nuevos sistemas BNR. Para las actualizaciones del BNR, se debe realizar un análisis de costos a largo plazo para determinar si los filtros BOD se deben mantener, convertirlos en filtros de nitrificación o demoler. A menudo, un nuevo diseño de la planta de tratamiento terciario BNR basado en una tecnología de tratamiento alternativa demuestra ser más eficiente y rentable.

*Laleh Yerushalmi, Ph.D., P.Eng.  
Chief Technology Officer  
BioCAST Systems Inc.  
Dagua Technologies Inc.*

*1010 Ste. Catherine Street West  
Office 730  
Montreal, Quebec  
Canada  
H3B 5L1*

[www.biocastsystems.com](http://www.biocastsystems.com)  
[www.dagua.com](http://www.dagua.com)

Email: [lyerushalmi@dagua.com](mailto:lyerushalmi@dagua.com); [laleh.yerushalmi@biocast.ca](mailto:laleh.yerushalmi@biocast.ca)