



OZONO + FILTRACIÓN BIOLÓGICA: NUEVA PROPUESTA PARA LA USINA DE LAGUNA DEL SAUCE

Ing Gabriela Cruz (*)

Título: Ing Civil Opción Hidráulica y Sanitaria, julio 1992. Desde 1990 a la fecha trabajó en diferentes dependencias de OSE: Gerencia de Funcionamiento de Montevideo, Departamento Técnico, Gerencia General y Gerencia de Agua Potable.

OSE

Ing Claudia Bessouat

OSE

Ing Raúl Oyhantcabal

OSE

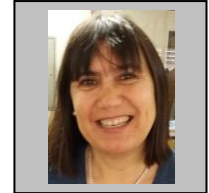
Ing Nicolás Daoudian

OSE

TEMA: Ozono y Filtración biológica: Caso Ampliación de la Usina Potabilizadora de Laguna del Sauce

CUENCA: Río de la Plata

ODS: 1 y 3



Dirección del autor principal (*): Luis Iamas 3205/402, – Montevideo – Montevideo – 11600 – ROU -
Tel.:099824977 – e-mail: mcruz@ose.com.uy

RESUMEN

La Usina de Laguna del Sauce abastece a más el 95% de la población fija y flotante del Departamento de Maldonado, para ello se sirve de las aguas de la Laguna del Sauce la cual desde 1960 registra la presencia de floraciones de microalgas y cianobacterias.

Estas floraciones de cianobacterias constituyen un riesgo sanitario potencial por su capacidad de producir toxinas, además de la producción de sabor y olor, todo lo cual puede provocar serios trastornos al suministro de agua potable como fue el caso del evento de marzo-abril del año 2015.

En la búsqueda de tecnologías capaces de alcanzar los más exigentes estándares de calidad de forma económicamente eficiente, el tratamiento biológico aplicado a la potabilización de agua ha demostrado tener gran potencial.

En tal sentido y dentro de las medidas adoptadas por OSE para asegurar la calidad del agua potable se incluye una importante remodelación de la Usina que consiste principalmente en la incorporación de ozono al tratamiento y la construcción de nuevos filtros que serán operados como filtros biológicos.

Palabras Clave: algas, cianobacterias, filtración biológica, ozono

INTRODUCCION

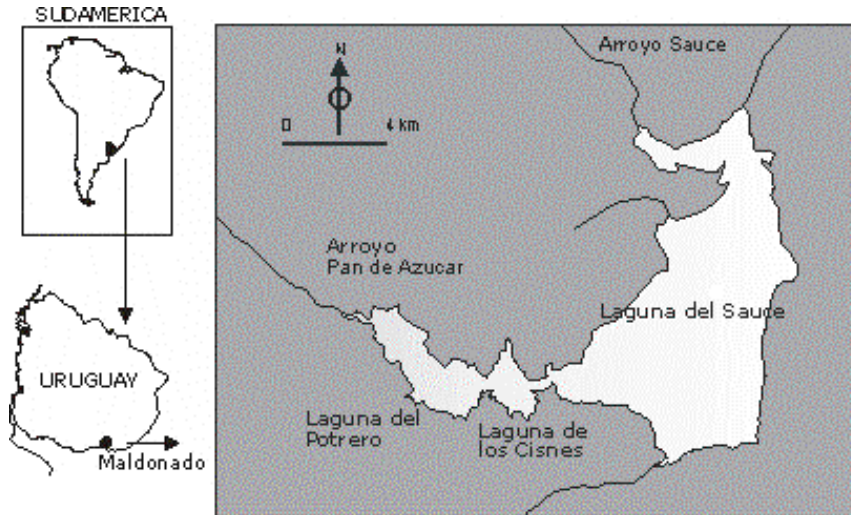
La Usina de Laguna del Sauce, construida hacia 1970, abastece a más el 95% de la población fija y flotante del Departamento de Maldonado (ciudades de Maldonado, San Carlos, Piriápolis, Punta del Este y zonas periféricas), para ello se sirve de las aguas de la Laguna del Sauce. Por su importancia es la segunda planta potabilizadora del País solo superada por la planta de Aguas Corrientes que abastece a la zona metropolitana de Montevideo.

En temporada alta la producción ha alcanzado los 4.300 m³/h y el caudal máximo de diseño previsto es de 7.000 m³/h.

La Laguna del Sauce es un cuerpo de agua situado en el Departamento de Maldonado y pertenece al sistema de lagunas costeras originadas por la acumulación de sedimentos a lo largo de la línea de costa del Río de la Plata. Comprende un conjunto de tres lagunas encadenadas: de los Cisnes, del Potrero y del Sauce propiamente dicha. Los dos principales afluentes que aportan agua al sistema son el arroyo

Pan de Azúcar y el arroyo Sauce, siendo el arroyo del Potrero su desagüe natural hacia el Río de la Plata.

En 1944 se construyó una obra de cierre del arroyo del Potrero, esto triplicó el volumen de agua almacenado y duplicó la superficie inundada.



Desde 1960 se registra la presencia de floraciones de microalgas y cianobacterias potencialmente tóxicas. Investigaciones realizadas por mandato de la Administración en diferentes períodos concuerdan en las marcadas condiciones de eutrofia del sistema laguna del Sauce.

Debido a las floraciones algales, el proceso de potabilización presentaba importantes inconvenientes, los cuales fueron controlados mediante una importante remodelación de la planta a comienzos del presente siglo.

Pese a las inversiones realizadas, la presencia de cianobacterias continúa siendo un riesgo sanitario potencial por su capacidad de producir toxinas, además de la producción de sabor y olor, todo lo cual puede provocar serios trastornos al suministro de agua potable como fue el caso del evento de marzo-abril del año 2015.

Eventos similares han ocurrido en la cuenca del Río Santa Lucía afectando al Sistema Metropolitano y también en varias zonas del interior del país.

Al deterioro del agua en la fuente se suman los efectos del cambio climático y la creciente urbanización, Por otro lado están las crecientes demandas de la población y mayores exigencias de las normas internacionales en cuanto a calidad para agua potable.

Estos nuevos desafíos han puesto a OSE en la necesidad de buscar nuevas soluciones eficaces frente a los nuevos escenarios pero también , eficientes y sustentables.

En este marco de búsqueda e investigación se inscribió el taller y asesoramiento brindado por el experto internacional en ozono Kerwin Rakness (2015) y la suscripción de OSE a la Water Research Foundation (2016).

WATER RESEARCH FOUNDATION

La WRF es una organización sin fines de lucro con sede en Denver, Colorado, que se dedica a desarrollar programas de investigación en el área del agua potable colaborando así con las empresas prestadoras del servicio y agencias de salud pública.

Nacida de la AWWA en 1966 (AwwaRF) fue ganando fondos para investigación en base a suscriptores (solo empresas) y en 2008 cambió el nombre a WRF.

Hoy cuenta con más de 1000 suscriptores (de Latinoamérica sólo OSE) y gestiona más de 1500 proyectos de investigación valuados en más de 500 millones de dólares.

EL método de trabajo es colaborativo pues se invita a las empresas suscriptoras a participar en las investigaciones formando ellas mismas parte de la investigación.



Los temas principales de investigación son:

1. tratamiento y distribución de agua potable,
2. gestión de empresas de agua y relacionamiento con los clientes
3. recursos naturales y sustentabilidad ambiental

Al ser suscriptor de la WRF, OSE tiene derecho a acceder a documentos de estudio, guías y recomendaciones, bases de datos, herramientas informáticas y seminarios vía Web.

Sitio WEB: www.waterrf.org

OZONO + FILTRACIÓN BIOLÓGICA

El tratamiento biológico aplicado al agua potable ha demostrado tener potencial para alcanzar altos estándares de calidad de una forma económicamente eficiente. Esta tecnología está basada en la habilidad de los microorganismos (bacterias no patógenas) de catalizar reacciones bioquímicas de oxidación/reducción de distintos contaminantes y producir una agua biológicamente estable (o sea agua tratada con mínimo potencial de recrecimiento bacteriano en la red de distribución aún en ausencia de cloro libre).

Por el hecho de producir agua biológicamente estable, se puede minimizar el consumo de cloro y por tanto la formación de DBPs (subproductos de la desinfección). La actividad biológica también presenta cierta eficiencia en el tratamiento de hierro, manganeso, amoníaco y metabolitos generadores de sabor y olor, así como también en la remoción de compuestos emergentes.

Para una planta de agua potable, la filtración biológica consiste en promover, mantener y controlar la actividad biológica dentro del medio filtrante de los filtros (biofiltros) con el objetivo de acentuar la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos previo a entregar el agua al sistema de distribución.

En la práctica basta con eliminar la etapa de intercloración (cloración previa a los filtros) y de esta forma permitir el desarrollo biológico en el medio filtrante. El medio filtrante puede ser cualquiera de los habitualmente usados, arena, antracita, carbón. Pero el carbón activado es el que ha demostrado mejores rendimientos en el tratamiento biológico.

Cabe aclarar que todo filtro de carbón activado se vuelve biológico con el tiempo aunque exista intercloración ya que el propio carbón activado elimina el cloro permitiendo el desarrollo de bacterias. En tal sentido si se quiere mantener el filtro como contactor de carbón activado (predominando el mecanismo de adsorción) se hace imprescindible cambiar el medio filtrante regularmente. Esto por supuesto implica altos costos de operación y ambientales.

La filtración biológica, no es algo nuevo en la potabilización de agua (basta recordar los filtros lentos o las galerías de infiltración) pero el conocimiento de esta tecnología aún es limitado.

La tendencia actual hacia los filtros biológicos es como filtros rápidos cuyo principal objetivo sea la remoción de partículas (tal cual filtro rápido convencional) y como objetivo secundario esté el tratamiento biológico. Se entiende que un biofiltro correctamente diseñado y operado puede cumplir con ambos objetivos.

No existen antecedentes en Uruguay de este tipo de tratamiento y en la bibliografía corriente no se encuentran parámetros de diseño.

Los principales factores que inciden en el desempeño del filtro biológico son la temperatura, el tiempo desde el arranque, la carga orgánica de entrada, el medio filtrante, el tiempo de contacto y la presencia de cloro en el agua a tratar. En este sentido, el cloro al ingreso es el único parámetro que se puede utilizar para controlar la actividad biológica durante la operación.

No obstante esto, existen formas de promover la actividad biológica dentro del filtro, por ejemplo con el agregado de nutrientes. Otra forma de mejorar el desempeño de un biofiltro es usar oxidantes como el ozono o peróxido que mejoran considerablemente la eficiencia al incrementar la cantidad de materia orgánica asimilable que ingresa al filtro. En este sentido, se hace notar que la utilización de ozono requiere como etapa posterior la filtración biológica.

El ozono además, es un poderoso oxidante que interviene directamente en la remoción de toxinas y también de sustancias generadoras de olor y sabor (en particular MIB y geosmin).

La utilización de ozono en agua potable tiene más de 100 años de historia, en 1893 se usó por primera vez para desinfección del agua, pero su uso no se ha extendido debido a los costos y a las dificultades operativas que involucra pues, al ser muy inestable requiere ser generado in situ.



Químicamente el ozono es una forma alotrópica del oxígeno que se genera en forma natural a partir de oxígeno por ejemplo durante descargas atmosféricas.

Se lo puede utilizar en diferentes etapas del tratamiento y en cada una cumple una función diferente:

1. En el agua bruta como preoxidante
2. Previo al filtro biológico para favorecer la actividad biológica
3. Al final del tratamiento para desinfección primaria

La combinación de ozono y filtración biológica ha venido extendiéndose en varias plantas del primer mundo en particular en Estados Unidos donde la EPA (Environmental Protection Agency) ha incrementado las restricciones en el control de DBPs y sustancias emergentes.

INSTALACION DE OZONO

Las instalaciones de la Planta de Ozono se pueden dividir en 5 grupos de instalaciones:

- Instalaciones de Oxígeno Líquido (LOx), para plantas de gran porte..
- Instalaciones de Regulación Oxígeno-Aire
- Generadores de Ozono (O3)
- Sistemas Auxiliares
 - Destruidores de Ozono
 - Sistema de Enfriamiento del Generador de Ozono
 - Sistema de Comando y Control
 - Sistema de Seguridad
 - Sensores de presencia de ozono y fugas de ozono y oxígeno.
 - Alarmas,etc
- Instalación Eléctrica de Potencia

Cerca de las instalaciones de generación de ozono se encuentra generalmente el o los tanques recibidores y de almacenamiento de oxígeno líquido con sus cañerías y acoples requeridos para la carga y descarga del producto (LOx) a partir de camiones cisterna, por lo cual el predio debe contar con la caminería adecuada para la maniobra de los mismos. Además en dicho predio se ubican los vaporizadores cuya función es colaborar en el cambio de estado de oxígeno líquido a oxígeno gas debido al alto caudal de oxígeno gas requerido.

Posteriormente el oxígeno bajo la forma de gas es conducido por cañería hasta las Instalaciones de Regulación Oxígeno-Aire, la cual se ubica generalmente en el edificio en donde son albergados el resto de los componentes de la Planta de Ozono. En dicha instalación se regula la presión del gas oxígeno en dos etapas, y posteriormente se realiza la mezcla con aire seco el cual proviene de un compresor de aire y posteriormente es secado en una unidad de secado, para la dosificación de nitrógeno requerida por el generador la cual asegura el óptimo para la generación de ozono. Es importante que el producto mezcla no contenga humedad debido a la formación de componentes no deseados como ser los NOx los cuales pueden dañar seriamente al generador. Para que esto no suceda, existe una unidad de ajuste del punto de rocío previo a la entrada del o los generadores de ozono, en la cual se ajusta dicho punto para minimizar la formación de NOx.

Los generadores de ozono son el corazón del proceso, los más usuales son los denominados "Generadores de Ozono por Descargas Eléctricas Silenciosas", dichos generadores son ozonizadores en los que con ayuda de un aislamiento dieléctrico y alta tensión alterna y variadores de frecuencia causan una ionización por impulsos, con lo que se crea ozono partiendo principalmente de oxígeno puro ó con generadores o concentradores de oxígeno. Este tipo de generadores recibe el oxígeno gas con la dosificación adecuada de nitrógeno en las condiciones mencionadas anteriormente, y se produce mediante descargas eléctricas ozono bajo la forma gaseosa. Para ello es necesaria una refrigeración adecuada de los electrodos, dado que el 90% del consumo eléctrico se desperdicia bajo la forma de calor. El sistema de refrigeración es un circuito de agua, la cual debe ser agua filtrada sin el agregado de cloro. Algunos fabricantes recomiendan el uso de chillers, no obstante el salto de temperatura es de apenas 2 o 3 grados centígrados.

El ozono gas producido puede ser inyectado en agua mediante boquillas especiales o mediante uso de bomba y eyector creando un flujo de agua superozonizada que luego se mezcla con el agua a tratar. El contacto del agua con el ozono se realiza en una cámara construida para tal fin que asegure un tiempo



de contacto de por lo menos 6 o 7 minutos. La parte del gas ozono que no logra disolverse en el agua, es recogido en la parte superior de las cámaras de contacto, y el mismo es conducido al equipo de destrucción de ozono posibilitando el venteo seguro a la atmósfera.

Dentro de los servicios auxiliares ubicados dentro del edificio de los generadores se encuentra el sistema de comando y control, el cual dentro de sus funciones más relevantes está la de garantizar la parada de todo el sistema frente a fugas de gas ozono y presencia de oxígeno en ambiente en concentraciones peligrosas. El corte puede ser por detección de fugas o ajuste de punto de rocío, entre otros.

Finalmente queda la Instalación Eléctrica de Potencia, la cual es importante tener en cuenta en su verdadera dimensión, ya que generalmente los generadores de ozono demandan una potencia alta, y una tensión elevada. Para ello, usualmente la instalación eléctrica se divide en:

- el tablero de baja tensión cuyas características principales corresponden a un tablero general debido a la alta demanda de potencia pero en baja tensión, y
- la unidad de alta tensión, la cual tiene como particularidad elevar la tensión considerablemente, y posteriormente modificar su frecuencia a valores muy altos, por lo que esta unidad suele ser voluminosa.

Dada la alta demanda, se recomienda generalmente el uso de un transformador trifásico de potencia exclusivo para la Planta de Ozono, lo cual garantiza además que la alta frecuencia generada no afecte al resto de los componentes de control cercanos a la Planta de Ozono.

LAGUNA DEL SAUCE: TRATAMIENTO ACTUAL Y PROYECTADO



OSE analizó acciones a implementar en el sistema de Laguna del Sauce, considerando medidas a corto y mediano plazo.

Dentro de las acciones a mediano plazo se inscriben la construcción de nuevos filtros y la incorporación de ozono al tratamiento en la Usina.

La planta actual cuenta con un proceso convencional de mezcla rápida, coagulación, floculación, clarificación, filtración y desinfección. El proceso de clarificación se realiza mediante flotación por aire disuelto.

Ocasionalmente se dosifica carbón activado en polvo (CAP) en el agua bruta y recientemente readecuó el sistema de dosificación de CAP y se construyó un tanque de contacto a los efectos de aumentar el tiempo de contacto y hacer más eficiente este proceso.

Luego del tanque de contacto el agua ingresa a una cámara donde se dosifica el sulfato y mediante vertederos se realiza la mezcla rápida y la repartición de caudales para los dos trenes de tratamiento que posee la planta.

A su vez cada tren vuelve a dividirse entre 2 y cada sub-tren comienza con 7 cámaras de floculación mecánica seguidos de 6 celdas de flotación.

La batería de filtros de la Usina está compuesta por 8 filtros (4 por cada tren) de 110m² cada uno y doble manto de arena y antracita.

Los filtros son de escasa profundidad y funcionan con 60 cm de agua por encima del manto

La desinfección se realiza mediante el aplicado de solución superclorada en dos puntos posibles:

- En el depósito de agua filtrada intermedio
- En línea, a la salida del depósito de agua filtrada hacia la cisterna

La sala de cloración se ubica en una zona central de la planta, junto al edificio principal. En esta sala se ubican los cloradores, los eyectores y en sala continua están los ton containers.

El cloro se dosifica mediante cloradores, que se abastecen de la fase gaseosa de los ton containers.

Luego el agua es conducida a la cisterna que asegura el tiempo de contacto necesario para la desinfección y además oficia de tanque de succión para las bombas de alta.

Los lodos producidos durante la flotación se recogen y deshidratan mediante el uso de filtros de banda. El lodo deshidratado se retira en volquetas hacia su punto de disposición final.

A mediano plazo OSE pretende implementar un sistema que responda al siguiente esquema:

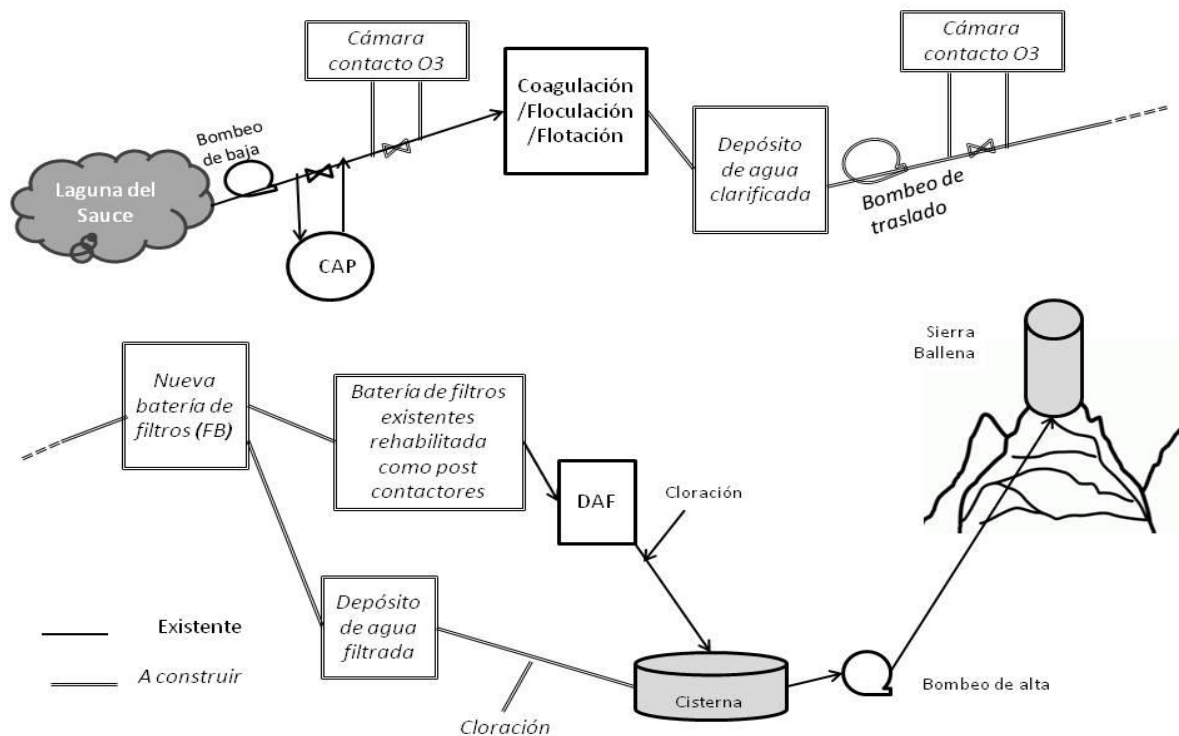


Figura 1: Sistema a implementar

En términos generales se mantiene los actuales tratamientos de: mezcla rápida /coagulación /floculación /flotación pero se incorpora una nueva batería de filtros y eventualmente se rehabilitan los filtros existentes como post contactores.

A los efectos de optimizar los procesos, y de remover moléculas complejas (como las generadoras de sabor y olor), el proyecto completo prevé la implantación de un sistema de ozonización tanto en el agua bruta (preozonización) como en el agua clarificada (interozonización). Dependiendo de las características



del agua bruta, el sistema tendrá la ductilidad de trabajar con o sin ozonización y de elegir las dosis en cada caso.

La nueva batería de filtros constituirá la filtración principal de la planta. Los filtros serán de doble capa de arena y carbón activado granular, de tasa y nivel constantes.

A los efectos de mejorar el rendimiento en la remoción de materia orgánica y otros compuestos, OSE pretende operar estos filtros como biológicos, actividad que se verá acentuada por la ozonización previa. De todas formas se entiende que al principio, en tanto el carbón activado no agote su capacidad de adsorción también ese proceso contribuirá al tratamiento del agua.

Debido a las cotas de las instalaciones existentes se hizo necesario proyectar un bombeo intermedio o de traslado que tome el agua clarificada y la eleve hacia las nuevas instalaciones de ozonización y filtros. Para permitir este nuevo bombeo se requiere un depósito de agua clarificada. Colindero con este nuevo depósito se construirá otro de agua de lavado de filtros que deberá ser libre de cloro.

A estas nuevas unidades se suman las instalaciones para el ozono: cámara de contacto con destructor de exceso de ozono, sala de generadores, tanques de almacenamiento de oxígeno, explanada de maniobra para camiones y nuevo camino de acceso.

Agradecimientos: *Personal Técnico, semitécnico y administrativo de la Gerencia de Agua Potable, Gerencia de Obras, Gerencia Metropolitana, UGD, Aguas Cordobesas y Kerwin Rackness*

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bases Técnicas para un manejo integrado de Laguna del Sauce y Cuenca Integrada – Universidad de la República y South American Institute for Resilience an Sustainability Studies (SARAS), 2010
2. Biological Drinking Water Treatment? Naturally. – Journal AWWA-107:2012, Brown et al.
3. Biological Filtration Webcast – WRF, 2009
4. Development of a biofiltration knowledge base – WRF, 2014
5. Managing Cyanotoxins in Drinking Water: A Technical Guidance Manual for Drinking Water professional – WRF, 2016
6. Ozone-enhance biofiltration for geosmin and MIB removal – WRF, 2001
7. Ozone in Water Treatment – Kerwin Rakness – Taller para OSE, 2015