



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

MEJORAS OPERATIVAS EN PTAR CASTILLOS: CUMPLIMIENTO DE PARÁMETROS DE VERTIDO EN BASE A RE-INGENIERÍA DE PROCESOS DE BAJO COSTO

Mag. Ing. Alejandro Viscarret (*)

Ing. Industrial Mecánico, Magíster en Mecánica de los Fluidos Aplicada.
Jefe de división Asesoramiento a la Gestión de Sistemas de Saneamiento (AGSS),
Gerencia de Saneamiento, OSE (Administración de las Obras Sanitarias del Estado)

Ing. Eduardo Liard

OSE (Gerencia Región Sureste)

Mag. Ing. Matías Olivera

OSE (AGSS, Gerencia de Saneamiento)

Ing. Fernando Recuero

OSE (Jefatura Técnica Departamental de Rocha)



TEMA: Efluentes domiciliarios e industriales y drenaje Urbano.

Dirección del autor principal (*): Carlos Roxlo 1275, 4° piso, puerta 40, C.P. 11.200, Montevideo, Uruguay
Tel.: +598(2) 1952 2535 – e-mail: aviscarret@ose.com.uy

RESUMEN

La ciudad de Castillos (departamento de Rocha, Uruguay) cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) diseñada en la década de 1950, que se ha visto superada en su capacidad y con la necesidad de ajustarse a los requerimientos ambientales actuales. Por iniciativa local y con el apoyo de áreas centrales de OSE, en los últimos años se han implementado acciones de mejora de bajo costo (mediante “reingeniería” de los sistemas y procesos existentes), obteniéndose muy buenos resultados en los principales parámetros de vertido controlados (DBO5 promedio bajó de 224 mg/L a 39 mg/L y SST promedio bajó de 126 mg/L a 22 mg/L). Las acciones realizadas no solo resultaron paliativas, sino que permiten seguir proyectando nuevas mejoras de forma de cumplir con el resto de los estándares de vertido del Decreto 253/79, con reducidos costos de inversión (CAPEX) y operación (OPEX). A su vez, estos trabajos ayudan a reconvertir y valorizar una de las PTAR más antiguas de OSE. Los trabajos realizados están alineados con las consignas del XII Congreso Nacional de AIDIS Uruguay, en la medida que fueron impulsados por los cambios, incremento de resiliencia e igualdad que demanda el mundo actual, y se resumen en el presente artículo.

Palabras Clave (en negritas): Ambiente, Operación, Reingeniería, Saneamiento, Tratamiento de efluentes.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Castillos (departamento de Rocha, Uruguay) fue fundada el 19 de abril de 1866 y contaba en el año 2011 con una población de 7.541 habitantes y 3.908 viviendas (Censo INE), siendo la cuarta ciudad más poblada del departamento de Rocha. Se encuentra ubicada en la intersección de las Rutas Nacionales N° 9 y 16, a 60 kilómetros de la ciudad de Rocha (capital del departamento homónimo) y a 255 kilómetros de Montevideo. Está emplazada dentro de la cuenca de la Laguna de Castillos, la cual fue incorporada al Sistema Nacional de Áreas Protegidas en febrero del 2020 (según Decreto N° 59/20), y desde 1976 integra la Reserva de Biosfera Bañados del Este, (área protegida instituida por la UNESCO) y es parte del sitio RAMSAR¹ “Bañados del Este”.

¹ En el Este de Uruguay, sobre el océano Atlántico, se encuentra un área de bañados, considerados uno de los

15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

El sistema de abastecimiento de agua potable de Castillos fue habilitado en la década de 1940 y actualmente cuenta con 4.210 conexiones. Asimismo, el sistema de saneamiento (que trata aguas residuales mayoritariamente domesticas) cuenta con una red separativa conformada por aproximadamente 20 kilómetros de colectores (con un 70 % de las tuberías en hormigón), dos estaciones de bombeo y una planta de tratamiento (PTAR) que dispone sus efluentes en la Cañada de los Olivera, afluente de la Laguna de Castillos. Esta PTAR recibe actualmente 1.880 conexiones, lo cual se traduce en unos 4.700 habitantes servidos. El aporte de camiones barométricos es muy menor en relación al caudal que ingresa por la red, este último con un valor medio diario de 47 m³/h (infiltración incluida). La PTAR fue diseñada en la década de 1950 con el siguiente esquema:

- Reja
- 1 tanque Imhoff en etapa inmediata + otro en paralelo en etapa futura
- Cámara repartidora de caudales
- 2 lechos percoladores en paralelo
- Sedimentador secundario
- Lecho de secado (para lodos purgados)
- Emisario hacia Cañada de los Olivera

A pesar del diseño anteriormente mencionado, la planta terminó siendo ejecutada con el siguiente esquema:

- Reja
- Desarenador hidráulico
- 1 tanque Imhoff
- 2 lechos percoladores (sin medio soporte, por lo cual nunca fueron puestos en operación)
- Lecho de secado (para lodos purgados desde el Imhoff)
- Emisario hacia Cañada de los Olivera

En las fotografías 1 y 2, se pueden observar vistas aéreas de la ubicación relativa de la PTAR en la ciudad de Castillos y las unidades efectivamente construidas dentro de la planta.



Fotografías 1 y 2: Ubicación de la PTAR Castillos y las unidades dentro de la misma (abril, 2023).

En definitiva, durante décadas el sistema de tratamiento de efluentes de la ciudad de Castillos ha funcionado solamente con un sistema de rejillas, un desarenador y un tanque Imhoff como unidades de pre/tratamiento. Esto ha generado múltiples inconvenientes producto de la falta de capacidad y actualización tecnológica para poder cumplir con las exigencias del Decreto 253/79 (puesto en vigencia luego del proyecto y obra de

sistemas de humedales más extensos, ricos y variados de América del Sur. Bañados del Este y franja costera, fue inscripto como sitio RAMSAR en 1984, siendo el primer sitio designado para Uruguay, en la Lista de Humedales de Importancia Internacional (<https://www.provides.org.uy/sitio-ramsar.php>).



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

la PTAR). Por tanto, desde las áreas técnicas locales de OSE y con el apoyo de las Gerencias centrales del organismo, se fueron proponiendo y estudiando diferentes posibilidades de mejora para la PTAR. En este sentido, también se debieron contemplar restricciones económicas a la hora de la implementación de las mejoras, generando un desafío aún mayor.

OBJETIVOS

El objetivo principal de los trabajos realizados, fue proseguir con las líneas de acción iniciadas años atrás en sistemas que presentan incumplimientos (mayoritariamente basados en tecnologías ya obsoletas y/o sobrepasadas en su capacidad, y sistemas de lagunas con acumulación de lodos excesiva), aplicando medidas de bajo costo y alto impacto. El caso de Castillos se priorizó en base a un Plan de Acción ("Definición de acciones para la mejora del desempeño de los sistemas de tratamiento y su priorización mediante matriz multicriterio", 2023) realizado paralela y conjuntamente por parte de las Gerencias de Gestión Ambiental y de Saneamiento con fuerte apoyo de las Gerencias de Región y las correspondientes Jefaturas Técnicas Departamentales.

En línea con la temática planteada por el XII Congreso Nacional de AIDIS Uruguay, se entendió oportuno difundir los trabajos que se han venido desarrollando en los últimos años en la PTAR Castillos. Dichos trabajos se enfocaron en generar los cambios necesarios, en concordancia con las tendencias del mundo actual, procurando aportar la resiliencia que requiere un desafío como el de revertir una situación arrastrada por décadas (y aparentemente irreversible dada la falta de inversiones relevantes que se han venido dilatando en el tiempo, por diversos motivos) de permanentes incumplimientos con la normativa ambiental vigente. Se buscó también robustecer el sistema para enfrentar desafíos (fundamentalmente ampliaciones del servicio de saneamiento y posibles mayores exigencias en las normativas) a futuro.

ALCANCE

El alcance inicial de los trabajos fue el de mejorar al menos los parámetros de vertido DBO5 y SST, de forma de lograr cumplir con los estándares de vertido establecidos en el Decreto 253/79, y por otro lado, actualizar las prácticas en la gestión de los lodos generados. A partir del seguimiento de los parámetros de vertido y las nuevas realidades operativas, se evaluarían los resultados y plantearían nuevos objetivos y alcances. Cabe mencionar que la problemática descrita en la PTAR Castillos se planteó como "caso de estudio", donde las acciones adoptadas fueron planteadas en términos de igualdad, ya que la planta se encontraba en una situación con cierta componente de injusticia. Se tenía una histórica localidad (y las áreas protegidas involucradas) permanente e indefinidamente a la espera de una "solución definitiva" sin tomarse las acciones correctivas sustanciales que pudieran cambiar el rumbo de los hechos.

MARCO CONCEPTUAL

En busca de reducir al máximo posible la afectación del ambiente en términos absolutos y especialmente por estar el cuerpo receptor de los efluentes de la PTAR incluido en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, se procuró diagnosticar las problemáticas e identificar posibles soluciones. Se adoptaron las que se entendieron como las mejores en cuanto a maximización de impactos (positivos) minimizando costos económicos y ambientales con foco en reducir a la mínima expresión posible la afectación del ambiente, en particular el recurso agua (sin dejar de visualizar otros como aire y suelo) y su impacto en la salud humana y animal. También se debió contemplar el personal disponible en la PTAR (actualmente 1 funcionario permanente) de forma de no proyectar obras cuya operación no fuera viable en el corto plazo.

METODOLOGÍA

En primer lugar, en vistas de que la única unidad de tratamiento operativa (previo a las acciones de mejora) era el tanque Imhoff, se efectuaron estimaciones en relación a los principales parámetros de diseño para conocer realmente el estado de superación del mismo. Una primera aproximación simple, se deduce del caudal medio diario previsto para el horizonte de proyecto de la PTAR, el cual era de 1.187 m³/d. Para dicho caudal, el proyecto original preveía contar con los 2 tanques Imhoff funcionando en paralelo, lo cual nunca



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

sucedió. Por tanto, teniendo en cuenta que el caudal afluente medio actual es del orden de 1.130 m³/d, se comprueba que la capacidad de la PTAR está superada en prácticamente un 100 %. Asimismo, si se estima la carga hidráulica superficial punta diaria a partir de los datos de caudal afluente y la geometría del Imhoff, se obtiene un valor de 2,8 m³/m².h, cuando el rango recomendado está entre 1 y 1,7 m³/m².h (Metcalf y Eddy, 1991). Asimismo, estimando el volumen mínimo de almacenamiento de lodos requerido (6 meses de almacenamiento según Metcalf y Eddy [1991]) para la población conectada, se obtiene que cómo mínimo serían necesarios 236 m³, cuando la realidad geométrica indica que solamente se tienen disponible 154 m³.

En definitiva, queda más que claro que desde el punto de vista del diseño, el tanque Imhoff existente se encuentra totalmente superado en su capacidad, lo cual se ve reflejado en los resultados de análisis al efluente, donde hasta agosto de 2022 (previo al inicio de acciones de mejora) se tenía una DBO5 promedio de salida de 224 mg/L (con incumplimientos prácticamente en el 100 % de las muestras) y SST promedio igual a 126 mg/L (con incumplimientos en 1 de cada 3 muestras en promedio).

A partir de las infraestructuras ociosas ya existentes, se optó por delinear acciones de bajo costo que pudieran resultar paliativas a la situación de incumplimiento, en un esquema de avance paso a paso como forma de contemplar los tiempos de adaptación de la propia PTAR y su personal (un solo operario). En este sentido, se planteó el siguiente plan de acciones de mejora, las cuales fueron implementadas entre agosto de 2022 y marzo de 2024 por las áreas técnicas locales de OSE en Rocha, con el apoyo del Laboratorio Regional Sureste, Gerencia de Gestión Ambiental y Gerencia de Saneamiento:

- Vaciado y limpieza completa del tanque Imhoff (retiro de sedimentos acumulados).
No se contaba con antecedentes de limpieza de los sedimentos acumulados en el tanque Imhoff, por lo cual resultaba imperioso efectuar dicha limpieza para volver a recuperar el volumen útil en el mismo.
- Limpieza y acondicionamiento del lecho de secado (y terreno circundante).
El lecho de secado se encontraba sumamente deteriorado, tanto en su interior como en el terreno circundante, generando dificultades en el proceso de deshidratado y posterior retiro de los lodos.
- Aplicación de PAC (policloruro de aluminio).
Como forma de potenciar la sedimentación primaria y en base a otras experiencias recientes en plantas similares (PTAR Las Piedras, OSE), se propuso aplicar un coagulante-floculante como el PAC en un punto previo al ingreso al tanque Imhoff.
- Verificación y reparación estructural de los lechos percoladores.
Producto de la cantidad de años que los lechos percoladores permanecieron inutilizados a merced de los elementos y el paso del tiempo, los mismos se encontraban con deterioros estructurales, los cuales generaban filtraciones. Es por esto que se realizaron sucesivas reparaciones en la estructura de hormigón y relleno en el terreno circundante, de manera que fuera posible llenarlos de agua sin que hubiera pérdidas ni problemas de esfuerzos estructurales.
- Transformación de lechos percoladores en tanque aireado + tanque de sedimentación en serie.
Como etapa final del primer plan de mejoras, se planteó la posibilidad de transformar uno de los lechos percoladores en un tanque aireado mediante la incorporación de aireadores superficiales, y conectarlo en serie al segundo lecho percolador, el cual actuaría de tanque de sedimentación, previo a la salida del efluente hacia el emisario. En la propia PTAR Castillos se contaba con dos aireadores superficiales provenientes de la PTAR Lascano, lo cual simplificó gran parte de la implementación de esta etapa.

Como forma de evaluar los resultados parciales de las diferentes acciones anteriormente mencionadas, se incrementaron los puntos y frecuencia de los muestreos realizados en la PTAR, realizando así un seguimiento controlado del desempeño. Concretamente, se adicionaron dos puntos de toma de muestras, uno a la salida del tanque Imhoff y otro a la salida del tanque aireado.

En la Figura 1, se puede observar el esquema actual de funcionamiento de la PTAR luego de implementadas las acciones de mejora. Cabe mencionar que no se muestra la dosificación de PAC, ya que la misma fue suspendida provisoriamente producto de los buenos resultados obtenidos sin la misma, los cuales se comentan en el siguiente capítulo.

15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

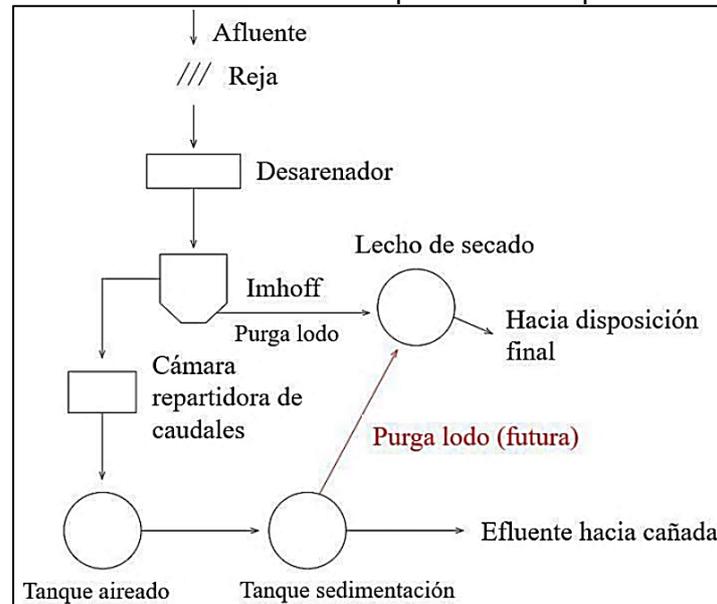


Figura 1: Actual diagrama de flujo en PTAR Castillos.

RESULTADOS

Habiéndose implementado la totalidad de las acciones propuestas y con los análisis efectuados, es posible decir que los resultados obtenidos evidencian una sustancial mejora en los parámetros DBO5 y SST medidos en el efluente, con nuevos promedios de 44 mg/L y 33 mg/L respectivamente (cumpliendo con holgura ambos estándares de vertido establecidos en el Decreto 253/79). Al analizar en detalle la evolución de los mencionados parámetros en conjunto con las diferentes acciones implementadas, es posible concluir (al menos de forma preliminar) lo siguiente:

- La limpieza del Imhoff sumado a una purga periódica del mismo (operativa normal y razonable de la unidad) logró mejorar el desempeño de la PTAR.
- La suspensión provisoria de la purga de lodos desde el Imhoff (producto de las obras de acondicionamiento de los lechos de secado) afectó sustancialmente el desempeño del tanque Imhoff.
- La dosificación de PAC generó una mejora en ambos parámetros (DBO5 y SST), sin embargo, la capacidad de los lechos (aún ya acondicionados) no fue suficiente para soportar el aumento del volumen de purga de lodos desde el Imhoff, por lo cual se debió suspender la dosificación de PAC.
- La puesta en funcionamiento de los aireadores generó un punto de inflexión con una mejora sumamente significativa en el desempeño de la PTAR, logrando valores de DBO5 en el efluente menores a 60 mg/L (estándar de vertido del Decreto 253/79). Vale destacar que esta mejora fue sin tener operativa la dosificación de PAC.

En la Figura 2 y 3 se puede observar la evolución de ambos parámetros en el efluente en función del tiempo, indicando los diferentes hitos que se fueron dando (acciones de mejora y problemas operativos).

15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

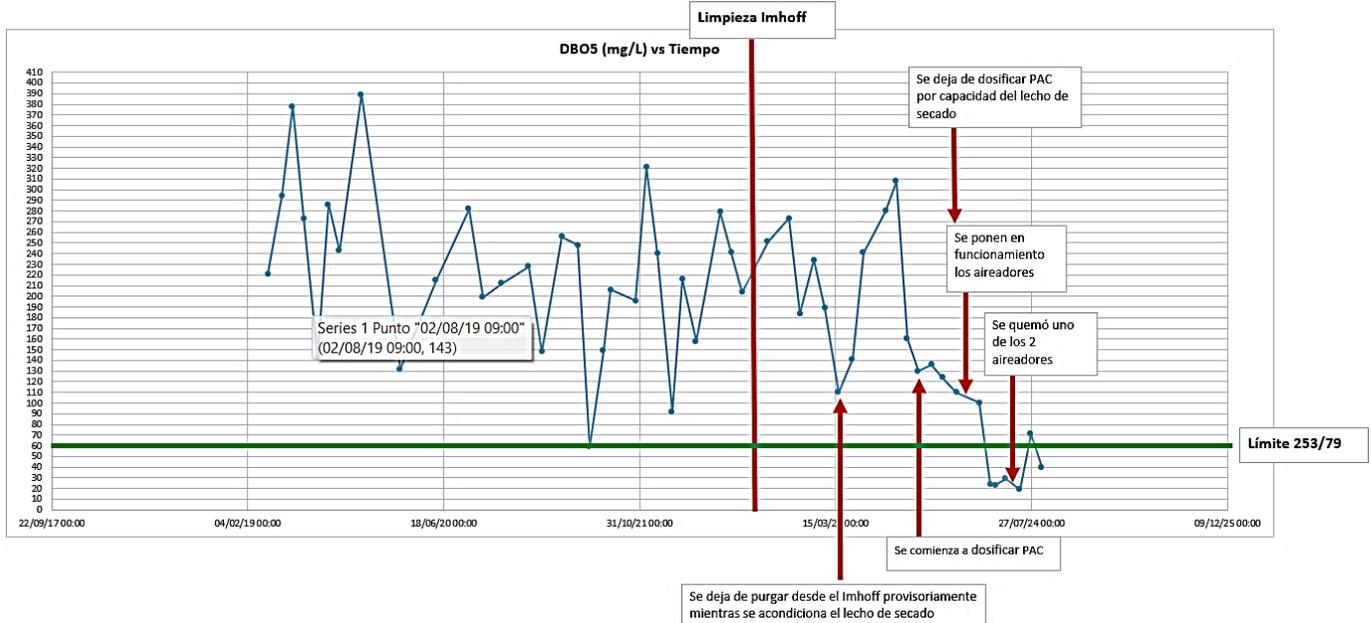


Figura 3: Gráfico de DBO5-efluente en función del tiempo (período 2019-2024).

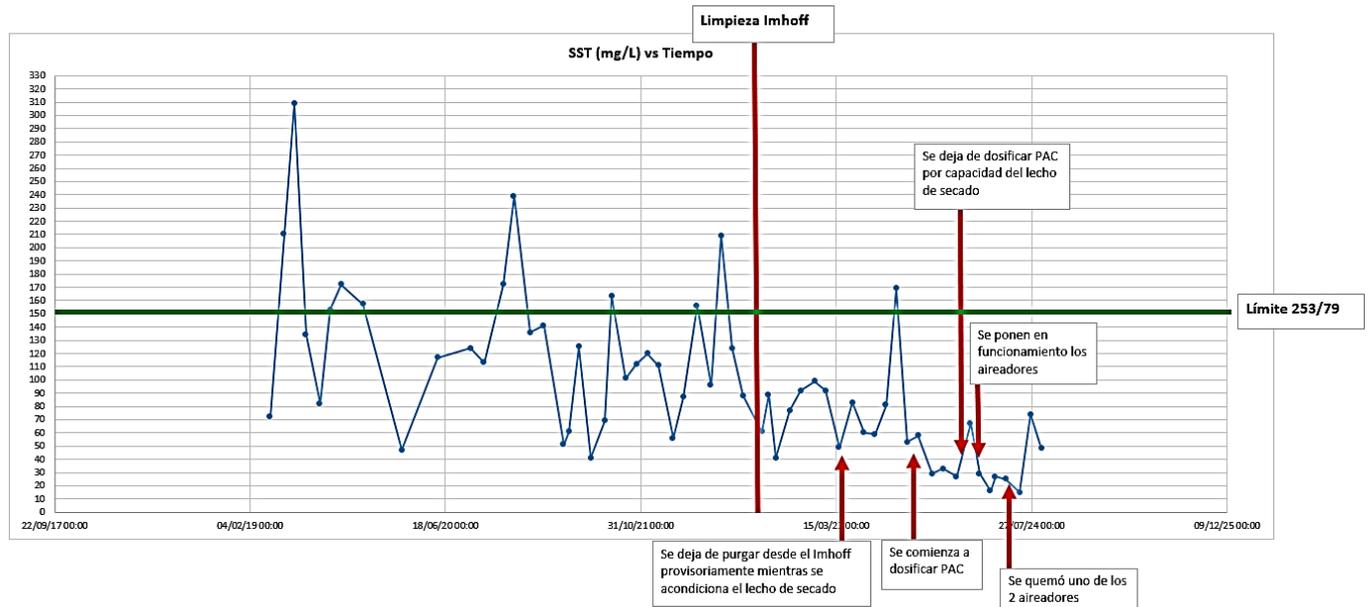


Figura 4: Gráfico de SST-efluente en función del tiempo (período 2019-2024).

Teniendo en consideración que la nueva configuración del sistema de tratamiento cuenta con solo 7 meses de operación, el trabajo continua estando en fase de seguimiento, estabilización de procesos y diseño de planes de O&M para lograr su total sostenibilidad.

Se tiene previsto un nuevo plan de mejoras adicionales que buscan la implementación de la purga de lodos desde el tanque de sedimentación hacia el lecho de secado (ver color rojo en Figura 1), incorporar recirculaciones, complemento de la deshidratación de lodos mediante geocontenedores y evaluar las diferentes posibilidades de remoción de nutrientes y sistema de desinfección.



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos no solamente fueron los esperados, sino que se superaron ampliamente las expectativas. Esto permite por un lado, extrapolar algunas de las acciones a otros sistemas de forma de establecer una línea de mejora continua más consolidada, basada en los casos de éxito que se vienen obteniendo, y por otra parte, continuar evaluando posibilidades de mejora en la propia PTAR Castillos.

Se destaca el alto impacto que han tenido las acciones (tanto en el desempeño de la PTAR como en la valorización y reconversión de una planta histórica para OSE) y el bajo costo que tuvieron las mismas (se estima en unos USD 70.000 el costo total de las obras implementadas hasta el momento, proveniente mayormente de presupuestos operativos, sin requerir “fondos excepcionales”). Si bien las restricciones presupuestales generan un desafío muy grande a la hora de pensar soluciones en este tipo de sistemas de tratamiento, resulta necesario adaptarse a las mismas si se busca lograr mejoras en el corto plazo. Es importante remarcar que este tipo de procedimiento técnico-financiero está lejos de ser el ideal y es indispensable apuntar a un plan de mantenimiento y actualización a mediano y largo plazo, incluida la viabilidad económica-financiera del mismo.

Agradecimientos

Se agradece especialmente a todo el personal de OSE que colaboró de una u otra manera en la implementación de las mejoras en la PTAR Castillos, destacándose a las áreas técnicas locales del departamento de Rocha, el Laboratorio Regional Sureste, la Gerencia de Gestión Ambiental y la Gerencia de Saneamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Decreto 253/79 con las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91 incluidas.
2. Decreto 59/020 – Delimitación y clasificación del área natural protegida “Laguna de Castillos”, Uruguay, 2020.
3. Instituto Nacional de Estadística. (30 de diciembre de 2011). Censo 2011. <https://www.gub.uy/instituto-nacional-estadistica/datos-y-estadisticas/estadisticas/censo-2011>
4. PROBIDES (2024). *Sitio RAMSAR*. <https://www.probides.org.uy/sitio-ramsar.php>
5. Wastewater, engineering: Treatment, Disposal and Reuse (Metcalf & Eddy, 3ra Edición, 1991).