



Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES



Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Sustentabilidade: princípio de proteção ao ambiente para as futuras gerações

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Clécio Danilo Dias da Silva
Danyelle Andrade Mota
Milson dos Santos Barbosa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964 Sustentabilidade: princípio de proteção ao ambiente para as futuras gerações / Organizadores Clécio Danilo Dias da Silva, Danyelle Andrade Mota, Milson dos Santos Barbosa – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-643-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.437212311>

1. Sustentabilidade e meio ambiente. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). III. Barbosa, Milson dos Santos (Organizador). IV. Título.

CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Sustentabilidade e meio ambiente fazem referência a todos os recursos naturais necessários para a sobrevivência e o desenvolvimento da sociedade. Entretanto, o uso negligente destes recursos e as tendências de consumo cada vez maiores agravaram inúmeros problemas ambientais, que afetam a saúde e a qualidade de vida como desmatamento, desertificação, diminuição da biodiversidade, chuva ácida, efeito estufa e aquecimento global. Desse modo, o desenvolvimento sustentável é um dos maiores desafios para a manutenção da humanidade nos próximos tempos, apesar do crescimento ascendente dos avanços tecnológicos.

Neste contexto, a sociedade atual necessita de ações coletivas com objetivo de redefinir as relações produtivas, cultural e social resultando uma vivência sustentável. Para preservar o planeta, alguns países estabeleceram práticas sustentáveis de consumo e produção, como por exemplo, a implementação efetiva de uma economia circular. A mudança de paradigma em relação ao modelo linear tradicional é baseada na utilização dos recursos em uso pelo maior tempo possível, extraindo deles o máximo valor durante o uso e, em seguida, recuperar e regenerar produtos e materiais no final de cada vida útil.

Este e-book compartilha estudos valiosos com iniciativas de proteção ao meio ambiente que podem ajudar a alcançar a sustentabilidade global, impulsionado pelo desejo de mitigar as mudanças climáticas e garantir um ambiente adequado para as futuras gerações. Portanto, são apresentados aos leitores diferentes estratégias com soluções mais “verdes” para distintas problemáticas apresentadas. A obra reúne oito pesquisas inovadoras, incluindo novos conceitos e exemplos práticos com ferramentas úteis para que os leitores possam compreender e aplicar as abordagens apresentadas. A partir de então, almeja-se a obtenção de uma produção mais limpa para ajudar a manter cadeias de produção sustentáveis, conservando ao mesmo tempo os recursos naturais e reduzindo o desperdício.

Reforçamos nossos agradecimentos a todos os autores pela dedicação durante a construção dos estudos envolvidos na obra.

Tenham uma ótima leitura!

Clécio Danilo Dias da Silva

Danyelle Andrade Mota

Milson dos Santos Barbosa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PROCUREMENT SUSTENTÁVEL: ORIENTAÇÕES GLOBAIS

Robson Elias Bueno

Rogério Queiroz de Camargo

Império Lombardi

João Victor Bueno

Moacir de Freitas Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123111>

CAPÍTULO 2..... 14

AVALIAÇÃO DA FAUNA TERRESTRE EM FRAGMENTOS DE MATA LOCALIZADA EM ÁREAS ANTROPIZADAS DO MUNICÍPIO DE NOVA BRASILÂNDIA D'OESTE, RONDÔNIA, BRASIL

Marcela Nechel Baêta Neves

Raphaela Yokota dos Santos

Mayra Araguaia Pereira Figueiredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123112>

CAPÍTULO 3..... 28

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM RESTAURANTE NO MUNICÍPIO DE CAPANEMA-PA

Douglas Silva dos Santos

Wilton Barreto Morais

Fernanda Gisele Santos de Quadros

Ana Lorryanny Ramos Lima

Cézar Di Paula Da Silva Pinheiro

Fernanda Campos de Araújo

Luana Costa da Silva

Débora Prissila Reis Sandim

Amanda Gama Rosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123113>

CAPÍTULO 4..... 41

RESORTS BRASILEIROS: UMA VISÃO CRÍTICA SOBRE A CONSCIENTIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DOS GESTORES E COLABORADORES INTERNOS DOS EMPREENDIMENTOS

Antonio Carlos Bonfato

Carolina Pereira Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123114>

CAPÍTULO 5..... 60

ESTUDOS SOBRE A PRODUÇÃO ANUAL DE ENERGIA DE UM AEROGERADOR NACIONAL DE PEQUENO PORTE

Péricles da Silva Barbosa

Luann Marcos Gondim Lopes

Fagner da Silva Barroso

Alex Maurício Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123115>

CAPÍTULO 6..... 71

ENERGIA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Ramón Merino Loo

Elkyn Orangel Perilla Sánchez

Aída del Carmen Velázquez Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123116>

CAPÍTULO 7..... 88

CULTIVO ACUAPÓNICO DE TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis Niloticus*) ASOCIADO CON PORO (*Allium Ampeloprasum*) Y APIO (*Apium Graveolens*) EN SISTEMA DE Balsa FLOTANTE

Walter Merma Cruz

Edwin Carlos Lenin Felix Poicon

Lucy Goretti Huallpa Quispe

Patricia Matilde Huallpa Quispe

Brígida Dionicia Huallpa Quispe

Primitivo Bacilio Hernández Hernández

Luz Marina Mamani Condori

Edward Paul Sueros Ticona

Gino Alberto Zeballos Alay

José Carlos Orestes Centon Luna

Ronald Ernesto Callacondo Frisancho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123117>

CAPÍTULO 8..... 102

SISTEMA ACUAPÓNICO DE TILAPIA NILÓTICA *Oreochromis niloticus* ASOCIADO CON APIO *Apium graveolens* EN SISTEMA CERRADO DE NTF (TUBERÍAS)

Walter Merma Cruz

Edwin Carlos Lenin Felix Poicon

Lucy Goretti Huallpa Quispe

Patricia Matilde Huallpa Quispe

Brígida Dionicia Huallpa Quispe

Noé Moisés Viza Chura

Primitivo Bacilio Hernández Hernández

Edward Paul Sueros Ticona

Gino Alberto Zeballos Alay

José Carlos Orestes Centon Luna

Ronald Ernesto Callacondo Frisancho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123118>

SOBRE OS ORGANIZADORES 115

ÍNDICE REMISSIVO..... 116

ENERGIA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 08/10/2021

Ramón Merino Loo

Quantum Alfa Ingeniería S.A. de C. V.
León, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0002-3300-0301>

Elkyn Orangel Perilla Sánchez

Quantum Alfa Ingeniería S.A. de C. V.
Bogotá, Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-3778-5564>

Aída del Carmen Velázquez Fonseca

Quantum Alfa Ingeniería S.A. de C. V.
León, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0002-2195-5127>

RESUMEN: El mayor inconveniente para utilizar el sistema de “lodos activados” en el tratamiento de aguas residuales, es el alto costo asociado al consumo de energía necesaria para satisfacer la demanda de oxígeno requerida para lograr la oxidación de la materia orgánica, lo que de forma general representa más del 50% del consumo energético de una planta. Presentamos el análisis de los parámetros fisicoquímicos obtenidos durante la operación y mantenimiento realizado a la Planta SPA II ubicada en San Juan del Río Querétaro, México donde se ha optimizado este proceso reduciendo los costos de operación logrando la eficiencia requerida. Debido a que el consumo de oxígeno del sistema es proporcional a las actividades de síntesis y a la utilización por parte de las

células vivas de los residuos biodegradables descargados por las células muertas, La tasa de crecimiento bacteriano también lo es y se vuelve independiente de dicha concentración. Este es el fundamento para la optimización del consumo de energía ya que es posible mejorar de manera significativa la eficiencia del proceso reduciendo los tiempos de aireación lo que permite aumentar el aprovechamiento de la energía utilizada, “Alto Estrés”. Se minimizan las rutas anabólicas y se fomentan las rutas de degradación de la materia orgánica y la obtención de energía de reserva además de reducir la producción de lodos, con el consecuente ahorro de energía.

PALABRAS CLAVE: Lodos Activados, Costo, Ahorro de energía, Optimización, Tratamiento de agua.

SUSTAINABLE ENERGY FOR WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT: The biggest drawback to using the “activated sludge” system in wastewater treatment is the high cost associated with the energy consumption needed to meet the oxygen demand required to achieve the organic matter oxidation, which generally represents more than 50% of the energy consumption of a plant. We present the analysis of the physicochemical parameters obtained during the operation and maintenance carried out at the SPA II Plant located in San Juan del Río Querétaro, Mexico where this process has been optimized reducing operating costs achieving the required efficiency. Because oxygen consumption of the system is proportional to the synthesis activities, and the

use by living cells of biodegradable waste discharged by dead cells, The bacterial growth rate also is and becomes independent of that concentration. This is the basis of energy consumption optimization, since it is possible to significantly improve the efficiency of the process by reducing aeration times which allows to increase the use of the energy used, “High Stress”. Anabolic routes are minimized and promotes degradation of organic matter obtaining and energy reserve in addition to reducing the production of sludges, with the consequent energy savings.

KEYWORDS: Activated sludge, Cost, Energy saving, Optimization, Wastewater.

INTRODUCCIÓN

Es de sobra conocido el efecto negativo que se ocasiona a los seres humanos y a los ecosistemas cuando se descargan de forma directa las aguas residuales en los cuerpos de agua, limitando con esto su aprovechamiento, ya sea como agua para beber, como agua de riego agrícola, o restringiendo su uso en la industria.

Así pues, siendo el agua un elemento indispensable para la vida, el cuidado en su consumo y su posterior tratamiento se vuelven hoy en día, una actividad obligada haciendo del costo de tratamiento un tema de suma importancia.

Generalidades

En el tratamiento biológico de las aguas residuales participan distintas reacciones microbiológicas para eliminar o transformar los diferentes tipos de materia orgánica, nutrientes, y demás elementos que la componen. Estas reacciones pueden realizarse bajo diferentes condiciones: *aerobias* (presencia de oxígeno disuelto), *anóxicas* (ausencia de OD, presencia de nitratos) o *anaerobias* (ausencia de OD y nitratos).

El proceso de “Lodos Activados” consiste en reproducir de manera confinada y controlada los mecanismos con los que la naturaleza degrada la materia orgánica a través del suministro de oxígeno.-

Su configuración básica consiste en un reactor donde se mantiene en suspensión un cultivo microbiano capaz de asimilar la materia orgánica presente en el agua residual al suministrar oxígeno, por lo que se requiere un sistema de aireación y agitación para evitar la sedimentación de los flocúlos en el reactor, permitiendo así la homogenización de los lodos activados. Una vez que la materia orgánica ha sido suficientemente “oxidada” el licor mezclado se envía a un tanque de sedimentación donde se separa el fango biológico del agua. Una parte de la biomasa decantada se recircula al reactor para mantener una concentración adecuada de microorganismos, mientras que el resto del fango se extrae del sistema para evitar acumulación excesiva de biomasa y controlar el tiempo medio de retención celular.

Para crecer y reproducirse los microorganismos necesitan:

- Energía para sustentar sus funciones metabólicas y

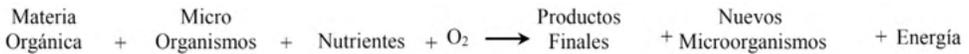
- Carbono y nutrientes (N, P, Ca, Mg, etc.) para generar nuevo material celular.

Todo esto lo obtienen de la materia contenida en el efluente, del medioambiente, o de aportes del sistema de tratamiento.

De forma general, existen tres tipos de microorganismos según sus condiciones de respiración:

- **Organismos Aeróbicos:** utilizan oxígeno disuelto para respirar. El Carbono orgánico es oxidado obteniéndose CO₂ y Agua:
Bacterias aerobias heterótrofas: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$
- **Organismos Facultativos:** Utilizan oxígeno disuelto cuando éste se encuentra disponible, cuando no hay oxígeno disuelto utilizan el oxígeno ligado al nitrito (NO₂⁻) o Nitrato (NO₃⁻).
- **Organismos Anaeróbicos:** Utilizan reacciones endógenas generando CO₂ y CH₄.

En un proceso de tratamiento aerobio, el metabolismo de los microorganismos presentes en el sistema puede expresarse de la siguiente manera:



De forma específica, durante la remoción o estabilización de la materia orgánica contenida en las aguas residuales, se presentan tres fenómenos principales que consisten en:

- **Oxidación de Materia Orgánica**

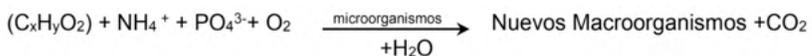
En esta etapa se utiliza el oxígeno disuelto en el agua para generar de las reacciones bioquímicas la energía necesaria para los procesos vivientes:



La materia orgánica se oxida para producir CO₂ y H₂O (respiración celular).
CATABOLISMO.

- **Síntesis de Masa Celular**

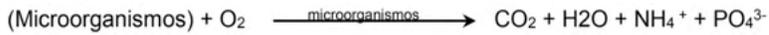
Se utiliza el oxígeno disuelto para generar la energía necesaria para la síntesis de nueva masa celular:



A partir de la materia orgánica y utilizando amonio y fosfato como fuentes de nitrógeno y fósforo se genera nuevo material celular (ruta anabólica).
ANABOLISMO

- **Oxidación de Masa Celular**

Finalmente, los microorganismos sufren una auto-oxidación progresiva de su masa celular



A este proceso se le conoce como “respiración endógena” en el que también los microorganismos muertos sirven de alimento a los otros microorganismos. Esta reacción tiene lugar cuando la materia orgánica disponible es limitante de tal forma que los microorganismos del sistema utilizan su propio protoplasma para obtener energía para su mantenimiento.

Cuando las concentraciones de materia orgánica son altas, aunque sean compuestos de naturaleza compleja, la tasa de crecimiento bacteriano también lo es y se vuelve independiente de dicha concentración. A medida que se realiza el suministro de oxígeno (periodo en que se efectúa la aireación), los microorganismos proceden a utilizar los compuestos orgánicos más fáciles de oxidar, para obtener la energía necesaria de forma rápida, hasta que solo quedan los compuestos más complejos y más difíciles de remover, por lo que la tasa de crecimiento bacteriano empieza a decrecer, a pesar de esto los microorganismos aún continúan creciendo a una tasa logarítmica debido a que tienen “reservas” almacenadas de materia orgánica por lo que continuarán creciendo hasta que se agote su reserva, (tiempo sin aireación), cuando esto sucede se presenta la disminución rápida de masa celular conjuntamente con un aumento en la concentración de nitrógeno (auto-oxidación).

El consumo de oxígeno del sistema es proporcional a las actividades de síntesis o conversión de materia orgánica en las células microbianas y la respiración endógena o utilización por parte de las células vivientes de los residuos biodegradables, descargados por las células muertas.

Es precisamente este concepto el que nos proporciona el fundamento para la optimización del consumo de energía ya que consideramos que es posible mejorar de manera significativa la eficiencia del proceso de tratamiento introduciendo pequeñas modificaciones en la operación de la Planta, reduciendo los tiempos de aireación que nos permitan aumentar el aprovechamiento de la energía utilizada, a este sistema lo llamamos “Alto Estrés”.

El fundamento teórico de este sistema se basa en el consumo de las reservas de energía que tienen los organismos presentes en el fango durante los periodos sin aireación donde se produce una reducción del oxígeno disuelto generando una fase de anoxia que causa un estrés en las bacterias ante esta limitante, pero que nos permite el ahorro de energía; una vez que se introduce aire nuevamente al sistema, los microorganismos se encuentran con un medio rico en materia orgánica y comienzan su degradación.

La energía obtenida de las rutas catabólicas se emplea primeramente en crear nuevas reservas energéticas necesarias para iniciar la síntesis de nuevo material celular,

las cuales habían sido agotadas en la fase de anoxia. Antes de que se inicien las rutas de biosíntesis, el licor mezclado es nuevamente sometido a otra fase de anoxia y las reservas son nuevamente consumidas sin haber sido empleadas en la construcción de nuevo material celular.

Como resultado de este sistema de operación de la planta, se minimizan las rutas anabólicas y se fomentan las rutas de degradación de la materia orgánica y la obtención de energía de reserva además de reducir la producción de lodos, con el consecuente ahorro de energía.

MATERIAL Y METODOLOGÍA

Con la finalidad de evitar la contaminación del Río San Juan y como parte del Programa Integral de Saneamiento de la Zona Conurbada de San Juan del Río, el segundo municipio más grande del estado de Querétaro, se construyó la Planta de tratamiento de aguas residuales “San Pedro Ahuacatlán II” (SPA II) con un caudal de diseño de 300 lps, y se encuentra en operación desde el 2010.

La configuración básica del tratamiento consiste en:

- Pretratamiento compuesto por:
 - Desbaste de gruesos
 - Cárcamo de bombeo
- Sistema de Tratamiento en dos trenes compuesto por:
 - Plantas compactas (Desbaste de finos, desarenado y desengrasado)
 - Reactores Biológicos (Aireación por difusores tubulares de burbuja fina, y agitación mezcladores de flujo horizontal)
 - Sedimentador Secundario
 - Desinfección UV
 - Digestor Aerobio
 - Filtro Prensa

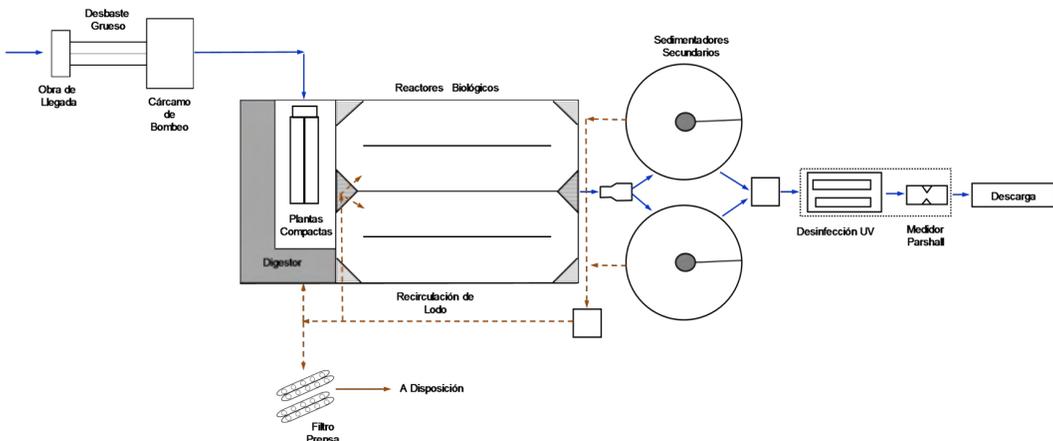


DIAGRAMA DE FLUJO PTAR SPA II

Operación de la planta de tratamiento

Para la óptima operación de una PTAR y la confiabilidad de las mediciones obtenidas para su estudio, se debe realizar el chequeo sistemático de las unidades de proceso y los equipos instalados, así como del monitoreo químico y biológico del proceso por lo que es necesario especificar una rutina de chequeo y calibración tanto de equipos como de toma de muestras y su periodicidad.

De forma general con el proceso de lodos activados, manejado de forma eficiente, se pueden obtener los siguientes porcentajes (%) de remoción.

PARAMETRO	% EFICIENCIA DE REMOCION
DBO ₅	90 - 95
SST	85 - 95
NITROGENO TOTAL	15 -30
FOSFORO	10 - 25
COLIFORMES FECALES	60 -90

Tabla 1. Eficiencia de remoción esperada

En este estudio se pretende reducir el costo sin bajar de la eficiencia de remoción presentada en la tabla anterior.

Se parte de la premisa de que los procesos preliminares como el desbaste y los sistemas de medición de parámetros ubicados en la PTAR se encuentran en buen estado; así pues, para la optimización de cualquier proceso es de suma importancia desarrollar una metodología que permita el buen funcionamiento de los equipos instalados por lo que

el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los mismos es de vital importancia.

Dentro de las acciones realizadas para optimizar el funcionamiento de los reactores biológicos se dio especial cuidado a la limpieza de los sistemas de pretratamiento ya que esto ayuda a la eficiencia de las unidades de proceso posteriores afectando de forma indirecta el consumo total de oxígeno necesario para la depuración biológica.

Un mal desarenado puede afectar el buen funcionamiento de los procesos biológicos, pues aumenta la densidad del fango dificultando su separación de las paredes y del fondo de los reactores, así como de las conducciones y tuberías o provocando abrasión sobre los elementos mecánicos en movimiento.

De igual forma, un exceso de grasas puede obstruir rejillas y esto afecta de forma específica los procesos biológicos, sobre todo en un sistema de lodos activados dificultando la correcta aireación ya que disminuyen el coeficiente de transferencia además de favorecer la producción de “bulking”, afectando también los procesos de digestión de lodos. Así pues, podemos considerar de manera general que una buena retención de Sólidos Suspendidos (SS) antes del tratamiento biológico puede reducir la DBO ya que parte de éstos están constituidos por materia orgánica.

Factores que afectan el proceso biológico

Temperatura: Sabemos que un aumento en la temperatura incrementa la velocidad de reacción, aunque por otra parte también reduce la estabilidad de los microorganismos. La depuración biológica se desarrolla de forma adecuada entre los rangos de temperatura de 12°C – 38 °C (zona mesofílica).

El rango de temperatura reportado en el período de estudio en los análisis realizados por laboratorio certificado oscila entre 16°C – 28°C, lo cual se encuentra dentro de lo especificado por lo que no se aprecia gran influencia de este parámetro en nuestro análisis, sin embargo, al ser un factor importante se mantiene monitoreado de forma constante.

pH: Los microorganismos son activos alrededor de un pH determinado y que generalmente no es muy diferente de pH=7. Este parámetro se encuentra dentro del rango en las aguas a tratar.

Tanto la temperatura y el pH tienen un papel importante en la supervivencia y crecimiento de las bacterias, aunque éstas pueden sobrevivir en un rango amplio, el crecimiento óptimo se da en un intervalo muy restringido.

Edad de lodos: Se define como el tiempo que permanecen los lodos en el interior del sistema antes de ser purgados, controlando la edad de los lodos se controla la velocidad específica de crecimiento de la biomasa en el sistema.

Recirculación: Es necesario mantener una concentración suficiente de lodos en el sistema para alcanzar el grado de tratamiento requerido, además, es necesario evitar las pérdidas de sólidos con el efluente y mantener la profundidad de la capa de fango adecuada. Para ello es importante determinar el caudal óptimo de recirculación.

Cantidad de nutrientes: El N y P en cantidades adecuadas son necesarios para el correcto funcionamiento del sistema

Para la optimización de un sistema de lodos activados consideramos que se deben analizar los siguientes aspectos:

- Concentración de efluente (*DBO, SST*)
- Cantidad de biomasa en el reactor (*Recirculación*)
- Exceso de lodo generado (*Recirculación*)
- Cantidad de oxígeno utilizado (*Tiempo de aireación*)

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

La mayoría de las descargas de aguas residuales presentan fluctuaciones de flujo y de carga orgánica debido a la variación de consumo de agua en la población, lo que se solventa con el cárcamo de bombeo que permite regular estos parámetros.

En base a la experiencia de 16 años (2000 a 2016) en el diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento hemos encontrado que es posible ahorrar energía hasta en un 50 % optimizando la operación del reactor biológico mediante el suministro óptimo de aire aplicando de forma sistemática limpieza y mantenimiento de los equipos y del pretratamiento.

Experiencias prácticas

En los últimos años se han aplicado de forma sistemática algunas acciones en la operación de varias plantas de tratamiento ubicadas en la ciudad de San Juan del río Querétaro, México, con el objetivo de reducir los costos de operación siendo la más representativa la planta de San Pedro Ahuacatlán II (SPA II), presentamos aquí los resultados obtenidos.

La calidad de agua residual generada por la ciudad de San Juan del Río que llega a la planta de SPA II se vio afectada en años anteriores por descargas clandestinas de las industrias de la región, por lo que una de las prioridades para lograr la disminución en el consumo de energía fue el homogeneizar el influente de entrada a la planta controlando las descargas no deseadas, esto se logró gracias al monitoreo y rastreo realizado por el personal operativo de la planta y el apoyo de las autoridades, minimizando así este problema.

A continuación, se presenta el histórico de algunos datos de entrada donde se aprecia claramente la diferencia en las concentraciones del agua de entrada a la planta:

PARAMETROS PROMEDIO DE ENTRADA A LA PTAR SPA II						
PARAMETRO	UNIDADES	2010	2011	2012	2015	2016
DBO	mg/lt	662.7	576.7	724	1145.6	498.7
SST	mg/lt	208.1	257.9	375	2788.1	327.5
NT	mg/lt				42	36.8
PT	mg/lt				6.166	13.5

Tabla 2. Parámetros promedio de entrada a la PTAR de SPA II

Siendo el consumo energético el rubro que representa el mayor porcentaje de participación en el costo y a su vez, el sistema de aireación el equipo que más consume energía, nos hemos enfocado a investigar y proponer diferentes formas de operación que nos permitan reducir los costos de operación a través de estudio práctico del tiempo de aireación.

Es importante destacar algunos comportamientos definidos durante el período de estudio:

El caudal más homogéneo se obtiene a primera hora de la mañana (6:00 am) siendo la carga orgánica más bien de un valor bajo, para ir aumentando de forma gradual tanto el flujo como la carga al pasar las horas, y a partir de las 12 y hasta las 19 Hrs se producen puntas de caudal influente con el respectivo aumento de la carga orgánica para estabilizarse nuevamente de las 19:00 hrs y hasta las primeras horas de la mañana donde el caudal influente disminuye y se mantiene homogéneo.

El tiempo de residencia hidráulico en el reactor biológico se mantuvo entre 8-11 horas, por encima de un sistema de lodos activos convencional, pero sin llegar a las condiciones de aireación prolongada.

La oxigenación se estableció en torno a 1.5 – 2.0 mg / lt.

Se procedió a realizar de forma sistemática y controlada la reducción en el tiempo de aireación y la medición de la carga contaminante tanto a la entrada como a la salida a través de los parámetros de DBO Y SST durante los años 2015- 2016. Se determinó la eficiencia de tratamiento, manteniendo la concentración de oxígeno disuelto dentro de los parámetros establecidos para luego analizar y comparar contra mediciones de años anteriores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución histórica de los consumos de energía para la PTAR SPA II

La planta de SPA II está diseñada para 300 LPS promedio, iniciando operaciones en 2010 logrando hasta el pasado 2016 la mayor captación de aguas residuales urbanas para su tratamiento.

**VARIABILIDAD EN EL CAUDAL PROMEDIO DE ENTRADA
PTAR SPA II
LPS**

AÑO	2010	2011	2012	2015	2016
CAUDAL PROMEDIO	196.4	218.6	241.0	245.7	292.0
% DE INCREMENTO ANUAL		11.3	10.3	1.9	19.0
% DE INCREMENTO 2010-2016					48.7

Tabla 3. Variabilidad en el caudal promedio de entrada PTAR SPA II

En la siguiente gráfica se muestra el incremento en el caudal tratado en la planta SPA II durante los años 2015 y 2016.

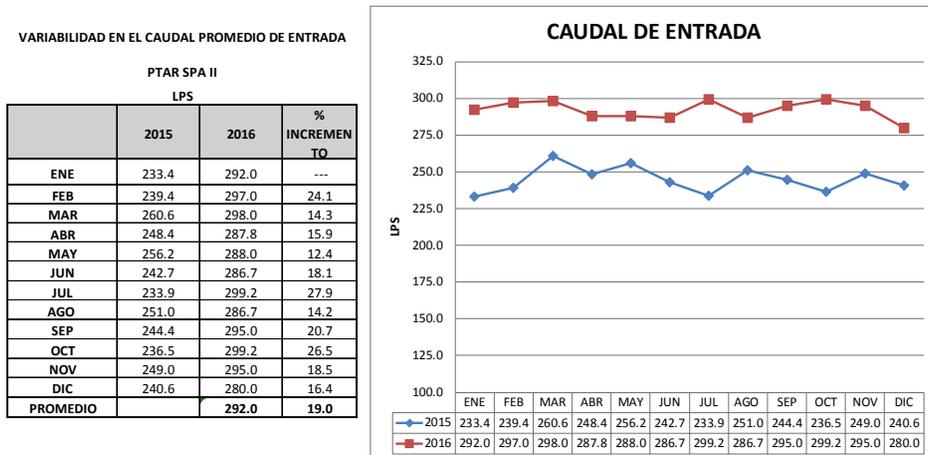


Figura 1. Incremento de caudal tratado en SPA II

Se buscó homogenizar los parámetros de entrada, controlando las descargas clandestinas al alcantarillado de las industrias de la región logrando en 2016 homogenizar la carga contaminante con respecto al 2015, regulando así los picos tan marcados de los meses de Enero, Abril, Mayo y Julio 2015.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS DE INGRESO

DBO ENTRADA (mg/lt)

MES	2010	2011	2012	2015	2016
ENE		496.0	751.8	4,473.0	
FEB		601.9	822.3	735.5	313.9
MAR		436.0	524.6	540.5	474.6
ABR		687.0	723.4	1,057.0	472.6
MAY		733.0	823.4	1,247.3	334.5
JUN		535.8	780.4	453.0	694.5
JUL		559.1	642.3	3,148.3	488.7
AGO		538.4		354.9	407.2
SEP		571.1		278.0	656.5
OCT		534.8		608.4	748.9
NOV	600.5	620.2		460.3	652.6
DIC	724.9	607.4		390.9	242.1
PROMEDIO	662.7	576.7	724.0	1,145.6	498.7

Tabla 4. Características de las aguas de Ingreso

Tiempo de aireación aplicado

Se modificaron los tiempos de aireación y se controló la cantidad de oxígeno disuelto en los reactores.

TIEMPOS DE AIREACION		
HR /DIA		
	2015	2016
ENE	19.2	21.1
FEB	20.0	17.4
MAR	18.8	20.4
ABR	19.3	17.4
MAY	19.4	17.0
JUN	19.0	13.4
JUL	18.5	13.5
AGO	20.1	14.3
SEP	19.6	15.8
OCT	20.0	13.9
NOV	21.6	11.2
DIC	21.2	11.1
PROMEDIO	19.7	15.5

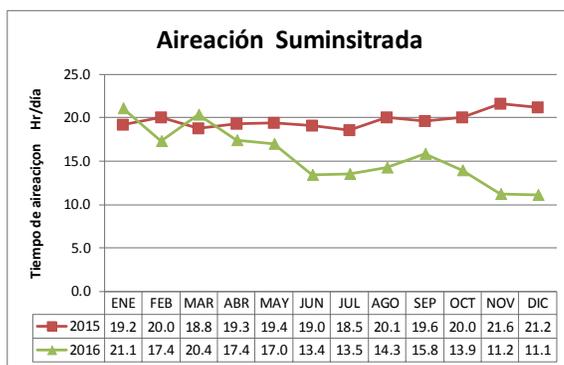


Figura 2. Tiempo de aireación aplicado

Los resultados de remoción obtenidos se muestran a continuación:

CARACTERIZAÇÃO DE LAS AGUAS

DATOS OBTENIDOS

MES	CAUDAL DE ENTRADA M3/MES	2015					
		DBO (mg/lt)			SST (mg/lt)		
		ENTRADA	SALIDA	% REMOCION	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
ENE	625,078.0	4,473.0	25.6	99.4	4,600.0	19.0	99.6
FEB	579,066.0	735.5	23.8	96.8	440.0	6.0	98.6
MAR	698,053.0	540.5	21.8	96.0	470.0	10.0	97.9
ABR	643,890.0	1,057.0	25.8	97.6	10,020.0	13.0	99.9
MAY	686,178.0	1,247.3	20.2	98.4	1,670.0	10.0	99.4
JUN	629,191.0	453.0	12.9	97.2	680.0	10.0	98.5
JUL	626,423.0	3,148.3	20.6	99.3	13,540.0	20.0	99.9
AGO	672,347.0	354.9	26.5	92.5	242.9	8.0	96.7
SEP	633,550.0	278.0	21.4	92.3	344.0	14.0	95.9
OCT	633,463.0	608.4	20.3	96.7	838.0	18.0	97.9
NOV	645,289.0	460.3	19.5	95.8	237.1	14.0	94.1
DIC	644,435.0	390.9	12.4	96.8	375.0	8.0	97.9
PROMEDIO	643,080.3	1,145.6	20.9	96.6	2,788.1	12.5	98.0

Tabla 5. Caracterización de las aguas residuales en estudio (2015)

MES	CAUDAL DE ENTRADA M3/MES	2016					
		DBO (mg/lt)			SST (mg/lt)		
		ENTRADA	SALIDA	% REMOCION	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
ENE							
FEB	744,163.2	313.9	14.8	95.3	613.3	16.6	97.3
MAR	798,163.2	474.6	13.8	97.1	350.0	10.2	97.1
ABR	746,064.0	472.6	10.4	97.8	380.0	12.5	96.7
MAY	771,379.2	334.5	11.7	96.5	268.0	9.4	96.5
JUN	743,040.0	694.5	15.3	97.8	300.0	9.6	96.8
JUL	801,288.0	488.7	16.6	96.6	168.0	7.1	95.8
AGO	767,808.0	407.2	19.5	95.2	260.0	7.5	97.1
SEP	764,640.0	656.5	18.7	97.2	466.0	15.3	96.7
OCT	801,288.0	748.9	10.7	98.6	394.0	5.6	98.6
NOV	764,640.0	652.6	10.7	98.4	296.0	4.9	98.4
DIC	749,952.0	242.1	12.1	95.0	106.7	3.2	97.0
PROMEDIO	768,402.3	498.7	14.0	96.9	327.5	9.3	97.1

Tabla 6. Caracterización de las aguas residuales en estudio (2016)

Eficiencia de remoción DBO

r.

EFICIENCIA DE REMOCION DBO		
	DBO mg/lit	
	2015	2016
ENE	25.6	
FEB	23.8	14.8
MAR	21.8	13.8
ABR	25.8	10.4
MAY	20.2	11.7
JUN	12.9	15.3
JUL	20.6	16.6
AGO	26.5	19.5
SEP	21.4	18.7
OCT	20.3	10.7
NOV	19.5	10.7
DIC	12.4	12.1
PROMEDIO	20.9	14.0

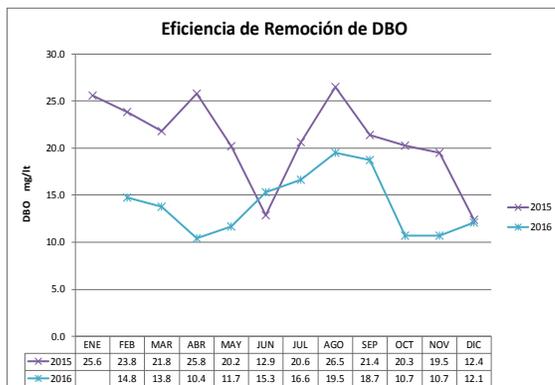


Figura 3. Porcentaje (%) de remoción de DBO

Veámoslo de otra manera, en esta gráfica puede apreciarse mejor la disminución de la carga contaminante, los valores de la concentración de salida son menores en 2016 con respecto a 2015 aun cuando el valor numérico del % de remoción sea menor

EFICIENCIA DE REMOCION DBO		
	% REMOCION	
	2015	2016
ENE	99.4	
FEB	96.8	95.3
MAR	96.0	97.1
ABR	97.6	97.8
MAY	98.4	96.5
JUN	97.2	97.8
JUL	99.3	96.6
AGO	92.5	95.2
SEP	92.3	97.2
OCT	96.7	98.6
NOV	95.8	98.4
DIC	96.8	95.0
PROMEDIO	96.6	96.9

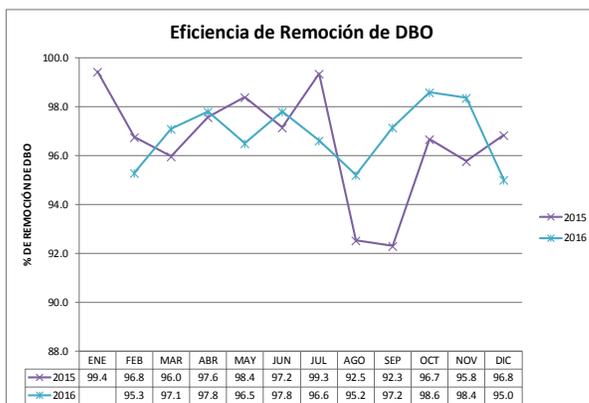


Figura 4. Concentración en mg/lit de DBO removido

Eficiencia de remoción SST

EFICIENCIA DE REMOCION SST

% REMOCION		
	2015	2016
ENE	99.6	
FEB	98.6	97.3
MAR	97.9	97.1
ABR	99.9	96.7
MAY	99.4	96.5
JUN	98.5	96.8
JUL	99.9	95.8
AGO	96.7	97.1
SEP	95.9	96.7
OCT	97.9	98.6
NOV	94.1	98.4
DIC	97.9	97.0
PROMEDIO	98.0	97.1

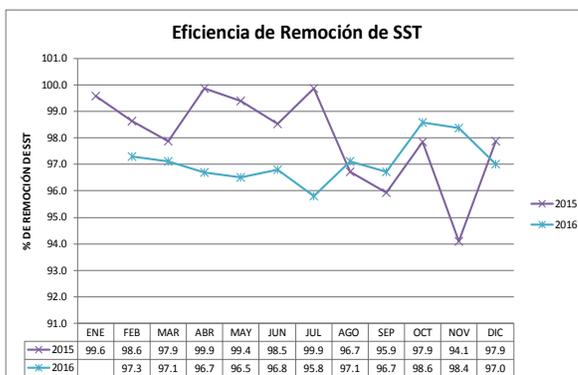


Figura 5. Porcentaje (%) de remoción de SST

EFICIENCIA DE REMOCION SST

SST mg/lit		
	2015	2016
ENE	19.0	
FEB	6.0	16.6
MAR	10.0	10.2
ABR	13.0	12.5
MAY	10.0	9.4
JUN	10.0	9.6
JUL	20.0	7.1
AGO	8.0	7.5
SEP	14.0	15.3
OCT	18.0	5.6
NOV	14.0	4.9
DIC	8.0	3.2
PROMEDIO	12.5	9.3

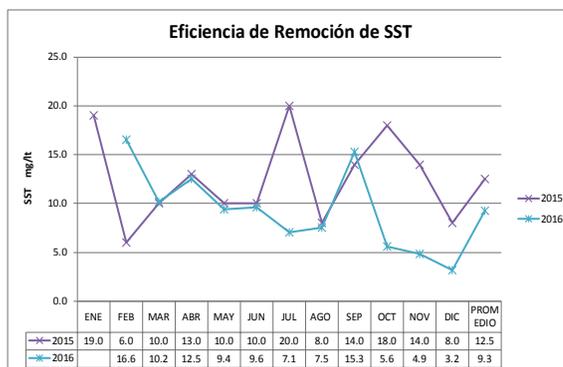


Figura 6. Concentración en mg/lit de SST removido

Consumo de energía por lit de agua tratada

CONSUMO DE ENERGIA

KW/HR CONSUMIDOS POR MES		
	2015	2016
ENE	184,982.0	203,367.0
FEB	174,370.0	156,797.0
MAR	181,440.0	196,812.0
ABR	180,376.0	162,500.0
MAY	187,502.0	164,185.0
JUN	177,982.0	124,958.0
JUL	178,836.0	130,580.0
AGO	193,676.0	138,194.0
SEP	183,260.0	147,902.0
OCT	193,382.0	134,733.0
NOV	202,202.0	105,020.0
DIC	204,806.0	106,804.0
PROMEDIO	186,901.2	147,654.3
% DE AHORRRO		-21.0

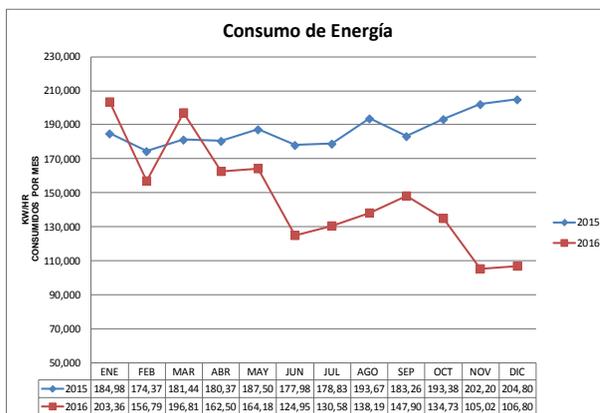


Figura 7. Consumo de Energía por Lit de agua tratada

CONSUMO DE ENERGIA POR LITRO

KW/HR LT			
	2015	2016	% DECREMENT O
ENE	0.296	0.211	---
FEB	0.301	0.211	-30.0
MAR	0.260	0.247	-5.1
ABR	0.280	0.218	-22.2
MAY	0.273	0.213	-22.1
JUN	0.283	0.168	-40.5
JUL	0.285	0.163	-42.9
AGO	0.288	0.180	-37.5
SEP	0.289	0.193	-33.1
OCT	0.305	0.168	-44.9
NOV	0.313	0.137	-56.2
DIC	0.318	0.142	-55.2
PROMEDIO CONSUMO	0.291	0.185	
PROMEDIO AHORRO		-0.106	-35.4

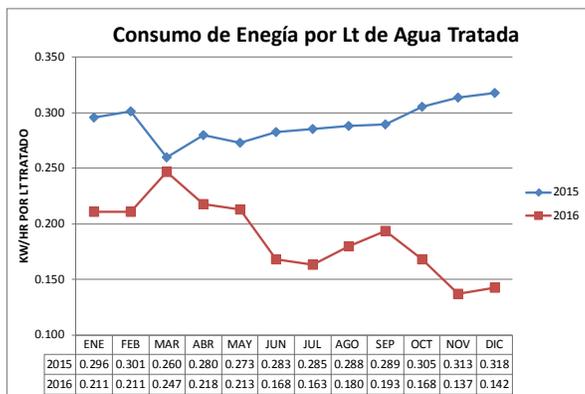


Figura 8. Consumo de Energía en KW/hr Lt

En esta tabla se resumen los resultados obtenidos.

	2010	2011	2012	2015	2016	DIFERENCIA 2016 VS 2015
M3 TRATADOS / MES	519,930.0	574,504.7	631,167.6	643,080.3	768,402.3	125,322.0
% REMOCION DBO	97.6	95.8	96.1	96.6	96.9	0.34
DBO EFLUENTE mg/t				20.9	14.0	-6.90
% REMOCION SST	95.1	91.1	93.7	98.0	97.1	-0.92
SST EFLUENTE mg/t				12.5	9.3	-3.20
TIEMPO DE AIREACION (HR)			19.0	19.7	15.5	-4.2
CONSUMO DE ENERGIA KW/HR POR LT				0.291	0.185	-0.106

Tabla 7. Reducción de parámetros y consumo de energía

CONCLUSIONES

Sin duda, el factor que más influye sobre el proceso de tratamiento de aguas residuales, es su composición, sin embargo conociendo verdaderamente el origen y variabilidad de las aguas que se reciben en la planta es posible realizar medidas preventivas para homogeneizar la carga contaminante antes de entrar a proceso y contrarrestar los picos que puedan presentarse, así como definir los parámetros de operación logrando una mayor estabilidad en el proceso con altas eficiencias de remoción de materia orgánica.

Su operación es altamente flexible, sobre todo en la aceptación de cargas orgánicas variables. Para obtener los rangos de remoción deseados se debe considerar que esto no depende sólo de las características de diseño del proceso, sino también de una serie de factores que inciden sobre el “trabajo” de los microorganismos como la concentración de oxígeno disuelto y la cantidad de nutrientes disponibles, la temperatura y el pH, así como de las propiedades intrínsecas del agua residual afluente.

Para lograr una alta eficiencia en el tratamiento debemos monitorear los parámetros del agua de llegada, así como controlar las variaciones de flujo, razón por la que una estructura de amortiguamiento ayuda a lograr la homogenización del flujo y de la carga.

La temperatura afecta directamente el nivel de actividad de las bacterias en el sistema, recomendamos como rango 25 a 32 °C.

Para compensar la variación de la actividad biológica a diferentes temperaturas, debe ajustarse la concentración de sólidos suspendidos del licor mezclado.

En climas extremos en el verano la actividad bacteriana aumenta y disminuye el oxígeno disuelto en el agua, ambos fenómenos pueden dar como resultado una mayor demanda de oxígeno. Durante el invierno, las temperaturas bajan y ocurren los fenómenos inversos, disminuyendo la demanda de oxígeno. Sin embargo, se puede asumir que una masa mayor de microorganismos con tasas de oxidación menores durante los períodos de temperaturas bajas realiza la misma remoción de materia orgánica que una masa aeróbica menor, pero con tasas de oxidación mayores durante los períodos de temperaturas altas.

La determinación de los requerimientos de oxígeno y su control es fundamental en la operación de una planta de tratamiento por lodos activados. Si los microorganismos son privados del suministro de oxígeno en cantidad y forma adecuada, se provoca el aprovechamiento de otras fuentes sin que esto implique una menor capacidad de tratamiento.

El desarrollo rutinario de mediciones adecuadas nos permitirá junto a las otras experiencias de seguimiento y control operacional, la obtención de información valiosa a utilizar por el operador para optimizar y controlar el uso de los sistemas de aireación repercutiendo sobremanera en los costos operativos y en la identificación de problemas operacionales.

El equipo de medición debe incluir instrumental de alta confiabilidad, el cual debe ser calibrado previamente al desarrollo de las experiencias para asegurar la calidad de sus resultados.

Todas las experiencias que se presentan en planta durante la operación diaria otorgan importante información para identificar en forma temprana problemas potenciales debido a la presencia de elementos tóxicos en las aguas residuales y/o problemas de operación.

Se estima que en un proceso “común” de lodos activados el consumo de energía se encuentra entre 0.25 -0.45 kWhr/m³ donde el consumo de aireación ocupa entre el 50-70%

En México, según datos oficiales, los niveles de cobertura de tratamiento de aguas residuales alcanzan el 29 % solamente. Esto significa que el impacto energético de estas plantas irá en aumento a medida que la cobertura se amplíe y significará un factor adicional de presión sobre el sector energético de nuestro país para abastecer el crecimiento de la demanda.

Los controles automáticos y sistemas de velocidad variable pueden ayudar a minimizar el tiempo de operación del equipo.

REFERENCIAS

Aragón Cruz, Carlos A. (2009) abril, "Optimización del proceso de lodos activados para reducir la generación de fangos residuales", Universidad de Cádiz, Facultad de ciencias del mar y ambientales, Departamento de tecnología del medio ambiente.

Hernández Muñoz, Aurelio, Hernández Lehmann, Aurelio, Galán Martínez Pedro (1994) 3ª edición, Sistemas de depuración de aguas residuales, Colegio de ingenieros de caminos canales y puertos.

Nolasco, Daniel A. (2010) "Nota técnica No. 116, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales, Referencias internas, Marcos von Sperling. Basic Principles of Biological Wastewater Treatment, IWA Publishing.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerogerador 60, 67

Ambiente urbano 15

Áreas antropizadas 14

Atlas eólico 60, 62, 64, 67, 68, 69, 70

B

Balanço energético nacional 61

Biodiversidade 15, 16, 22, 25, 26, 27, 48, 115

C

Compostagem 30, 36, 37, 38, 40

Conscientização ambiental 42, 43, 55

D

Dados meteorológicos 60, 65, 67, 68, 69

Desenvolvimento sustentável 2, 4, 6, 43, 44, 46, 48, 51, 57, 58

E

Emissão de poluentes 52

Empreendimentos 41, 42, 43, 45, 46, 48, 50, 54, 55, 56, 69

Energia 2, 7, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 85

Energia eólica 61, 69, 70

F

Fauna terrestre 14, 16, 17, 25

Fragmento de mata 14

G

Geração distribuída 61, 69

Gestão de pessoas 41

H

Hotelaria 45, 46, 49, 57, 58

I

Impactos ambientais 3, 35, 43, 47

L

Limpeza pública 29, 37, 38

M

Mastofauna 17, 22, 23, 24

Meio ambiente 2, 3, 4, 26, 27, 30, 39, 40, 41, 48, 49, 52, 53, 58, 59, 115

Mudanças climáticas 2, 3, 48

O

Organismos aeróbicos 73

Organismos anaeróbicos 73

Organismos facultativos 73

Organismos microscópicos 15

P

Paisagem urbana 15

Políticas ambientais 46, 52

Potencial eólico 60, 62, 64, 69

Procurement sustentável 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

R

Resíduos sólidos 28, 29, 30, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 49

Resorts 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

Restaurantes 29, 35, 36

S

Sistema acuapónico 88, 89, 90, 91, 100, 102, 105, 106, 113, 114

Sistema de balsa flotante 88, 90

Sustentabilidade 1, 2, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 39, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 115

Sustentabilidade social 4, 55

T

Tilapia nilótica 88, 90, 102, 105

Triple Bottom Line 4, 5, 7, 12



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES