

Reporte de Caso / Case Report

Remoción de materia flotante en un sedimentador primario con un dispositivo operado manualmente

Floating matter removal in a primary settling tank with manually operated device

Arnoldo Milian Dardón¹

¹Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección para recibir correspondencia: arnoldo.milian.d@gmail.com

Recibido: 17/10/2023

Revisión: 23/10/2023

Aceptado: 02/09/2024

Resumen

La remoción de materia flotante resulta un proceso complejo para los operadores de los sistemas de tratamiento, razón por la cual se considera necesario invertir en procesos de investigación que puedan facilitar este proceso y con ello hacer más eficiente el propio tratamiento. En Estados Unidos en 1931, fueron patentados e incorporados en las plantas de tratamiento de aguas residuales con enormes caudales a tratar, equipos automáticos de remoción de materia flotante superficial en los sedimentadores de flujo horizontal. Estos llamados scum removers, han evolucionado al punto de ser cadenas sin fin que se mueven en dirección al flujo de agua, utilizando paletas de acero inoxidable, colocadas ortogonalmente a la cadena, y trasladan hacia un extremo del sedimentador, la materia flotante para tratarla por separado. En el presente caso, el de un sedimentador convencional de flujo horizontal sin equipo electromecánico, el autor desarrolló este dispositivo para limpiar la nata que se forma sobre la superficie, denominado Limpia Natas Manual Lateral Milian1, o “LNMLM1”. La remoción de estas natas permite reducir los valores de contaminantes fisicoquímicos y bacteriológicos presentes en aguas residuales domésticas. Con la implementación del dispositivo ensayado se logra disminuir la carga orgánica después del sedimentador, lo que beneficia los siguientes procesos. Es así como, utilizando el limpia natas manuales lateral Milian1, denominado LNMLM1, la calidad del efluente disminuye la turbiedad de 190 a 80 UNT, la DQO, de 539 a 322 mg/L, y se logra llevar los valores de la DBO, de 429 a 254 mg/L.

Palabras claves: Contaminantes, nata superficial, carga orgánica, efluente, grasas - aceites y grasas, lodos de agua residual.

Abstract

The removal of floating matter is a complex process for treatment system operators, which is why it is considered necessary to invest in research processes that can facilitate this process and thus make the treatment itself more efficient. In the United States in 1931, automatic equipment for removing surface floating matter in horizontal flow sedimentation tanks was patented and incorporated into wastewater treatment plants with enormous flow rates. These so-called scum removers have evolved to the point of endless chains that move in the direction of the water flow, using stainless steel blades, placed orthogonally to the chain, and move the floating matter to one end of the sedimentation tank to treat it separately. In the present case, that of a conventional horizontal flow sedimentation tank without electromechanical equipment, the author developed this device to clean the scum that forms on the surface, called the Milian1 Lateral Manual Scum Remover, or “LNMLM1”. The removal of these scums allows to reduce the values of physicochemical and bacteriological contaminants present in domestic wastewater. With the implementation of the tested device, it is possible to reduce the organic load after the settling tank, which benefits the following processes. Thus, using the Milian1 manual lateral scum cleaner, called LNMLM1, the quality of the effluent decrease turbidity from 190 to 80 UNT, the COD from 539 to 322 mg/L, and the BOD values are reduced from 429 to 254 mg/L.

Key words: Contaminants, surface scum, organic components, effluent, FOG, sewage sludge.



Introducción

La separación de sólidos y líquidos por medio de procesos fisicoquímicos se da en la sedimentación, en la que, en función del tiempo de retención, velocidad, temperatura y otros factores, se logran separar parcialmente y acumular lodos que pueden ser evacuados oportunamente. Durante el proceso, parte de esos lodos, se ven afectados por la diferencia de densidades, y el empuje del agua y la baja fricción, provocan flotación de partículas semi sólidas, que suben a la superficie formando una nata o costra que cubre total o parcialmente el espejo de agua de la estructura.

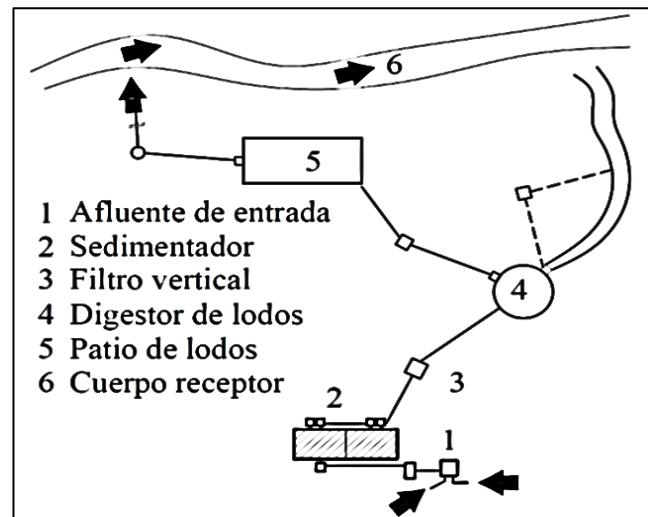
Esta nata, no es deseable porque impide la aireación de la superficie, y genera malos olores. Para que un operador pueda eliminarla debe estar de pie arriba del agua residual, parado sobre un tablón y blandiendo un rastrillo al que se le agrega una regla de madera, normalmente esta operación la realiza dos veces al día. El peligro de un accidente está presente todo el tiempo y sus consecuencias pueden ser incluso fatales. Luego la salud del operario se ve muy comprometida a pesar del equipamiento que tenga.

La planta de tratamiento de agua residual de la empresa SERVICSA, fue construida a mediados del año 1982, la cual se ubica en el km 4,5 de la carretera que conduce a la población de Chinautla, en el extremo norte de la zona 2 de la ciudad capital de Guatemala. Fue diseñada para recibir el efluente de varios complejos habitacionales. Actualmente da servicio a 238 viviendas con un promedio de 1200 usuarios con un caudal medio de 1.5 litros por segundo.

En la figura 1 se muestra el detalle de las unidades que componen la planta de tratamiento de agua residual, en la que se destaca la unidad del sedimentador primario, objeto de la implementación del mecanismo que se describe en este estudio de caso.

Esta planta de tratamiento de agua residual se diseñó bajo la óptica ambiental de países en vías en desarrollo. Tiene un sistema de rejilla de entrada, sedimentador primario, torre percoladora, un tanque digestor de lodos, patio de secado de lodos convencional y canal de desfogue a cuerpo receptor.

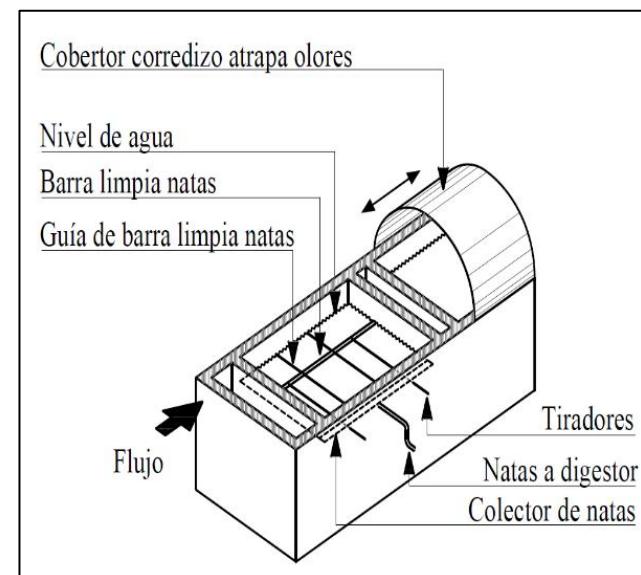
Figura 1. Componentes de la planta de tratamiento



Descripción y operación del LNMLM1

En la figura 2, se detalla en un isométrico el dispositivo LNMLM1, el cual consiste en una parte móvil y una parte fija. La parte fija, incorpora por un lado la barra guía que tiene agujeros para que se deslice el arrastre por el espejo del agua hacia el canal recolector que es un tubo de PVC de 4" cortado a la mitad con pendiente hacia un punto de recolección que conduce la materia semiliquida hacia el tanque digestor ubicado aguas abajo.

Figura 2. Isométrico del LNMLM1 colocado en el sedimentador de la planta de tratamiento de agua residual



La parte móvil del LNMLM1 hace el trabajo de arrastrar la materia flotante mediante el accionado manual de dos operarios quienes se sitúan a un lado del sedimentador y en forma sincronizada, halan los llamados tiradores que están colocados perpendicularmente a la barra horizontal móvil llamada arrastre, la cual, a su paso, acumula en su lento recorrido lateral, la materia flotante o nata hacia el colector de natas, ubicado en el costado exterior del sedimentador.

El LNMLM1 está construido en su totalidad de material PVC clase SDR 250. Dicho material se escogió por su gran resistencia a la agresividad del agua residual y por ser un material liviano para su manipulación.

Presentación del caso

Estudio realizado con el LNMLM1

Para comparar el efecto que genera el uso del dispositivo LNMLM1, el sedimentador se separó en dos unidades iguales con caudales iguales.

El compartimiento CD sin modificaciones (ver figura 3 lado derecho) y el compartimiento AB con el mecanismo LNMLM1 (ver figura 3 lado izquierdo). En la figura 4 se muestra la elevación del sedimentador donde se aprecia como se separó el sedimentador en dos compartimientos para realizar el estudio.

Figura 3. Identificación de los compartimientos AB y CD utilizados para el estudio.

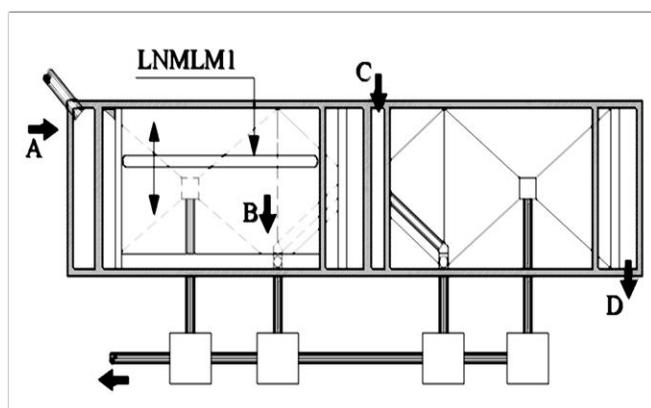
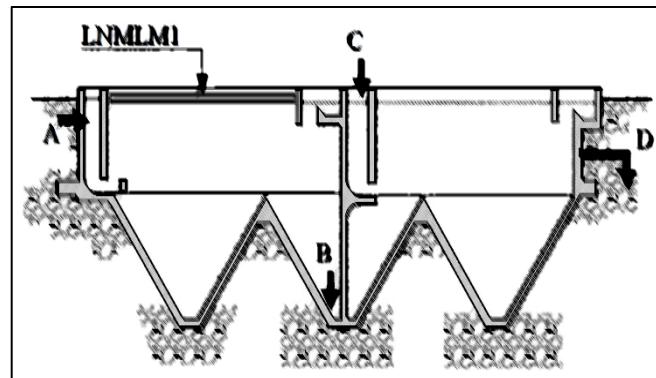


Figura 4. Elevación del sedimentador, se muestran los dos compartimientos (AB y CD) utilizados para el estudio.



A través de la operación del LNMLM1 se realizó la extracción de la capa superficial que se forma sobre el espejo de agua del compartimiento que tiene este dispositivo, observándose que esta capa se forma cuando se presenta un incremento de la carga orgánica. Esta capa puede ser removida antes que sedimento o se traslade en alto porcentaje a la siguiente fase del tratamiento por el operador de la planta de tratamiento, tomando para ello un tiempo no mayor de 15 minutos.

Durante el estudio se observó que después de las horas pico, es conveniente ejecutar dicha limpieza, esto es, aproximadamente a las 8 y 14 horas, lográndose un acarreo y descarga de lodos por evento, de aproximadamente 0.24 metros cúbicos, y dado que en promedio se ejecuta esta descarga dos veces por día, se estima que se desaloja en los dos eventos diarios un promedio de 0.48 metros cúbicos de sobrenadante por día. Este sobrenadante se traslada hacia el tanque digestor de lodos para su tratamiento respectivo.

Para analizar si existe algún efecto en la calidad del agua residual a la salida del sedimentador con el uso del LNMLM1 se tomaron muestras del agua residual en la salida de cada uno de los compartimientos, específicamente en el punto B y punto D.

Inicialmente, y para tener valores de referencia, se tomaron cuatro muestras a conveniencia. Una directamente de la materia flotante o nata, a la altura del espejo de agua en el compartimiento del sedimentador AB. Luego se efectuó la limpieza superficial con el LNMLM1, y se dejaron pasar 10 minutos para que el espejo de agua se normalizara (no turbulencia,

agrupación de nata etc.). Luego, se tomó una muestra del efluente en la descarga B y otra en la descarga D del compartimiento del sedimentador CD el cual no tiene el dispositivo LNMLM1.

Para el análisis, se escogieron los parámetros más representativos para evidenciar el cambio de parámetros pertinentes esto es: la turbidez, sólidos sedimentables, sólidos totales, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y Escherichia coli.

Resultados obtenidos

Durante el estudio se realizó el muestreo del material flotante sobre el sedimentador, determinando que este presenta una turbiedad de 1700 UTN, sólidos suspendidos de 2,306 miligramos por litro, una demanda química de oxígeno promedio de 1,711 miligramos por litro y demanda bioquímica de oxígeno promedio de 1,350 miligramos por litro.

Esta caracterización muestra que el sobrenadante presenta valores altos de DBO y DQO al compararlos con los valores obtenidos en el agua residual, lo que debe ser objeto de análisis a futuro para establecer la necesidad de dar el tratamiento adecuado a este sobrenadante para reducir su carga contaminante, dado que hasta hoy en día la formación de estos sobrenadantes resulta un problema para los sistemas de tratamiento principalmente por su heterogeneidad y falta de metodología para su cuantificación.

En la tabla 1 se muestran las concentraciones de los parámetros de turbiedad, sólidos suspendidos, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) obtenidas en el ingreso de la planta de tratamiento de agua residual, en la salida del compartimiento del sedimentador que operó con el dispositivo LNMLM1 y en la salida del compartimiento del sedimentador que no operó con este dispositivo.

Tabla 1. Concentraciones de parámetros analizados durante el estudio.

Parámetro	Unidad	Ingreso a sedimentador	Salida de sedimentador con dispositivo LNMLM1	Salida de sedimentador sin dispositivo
Turbiedad	UTN	190	80	130
Sólidos suspendidos	mg/l	199	175	130
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	539	322	398
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	429	254	315

La tabla 2 contiene el porcentaje de variación en las concentraciones de turbiedad, sólidos suspendidos, DQO y DBO obtenidos en las cámaras del sedimentador con el dispositivo LNMLM1 y sin el dispositivo.

Es importante observar que la concentración de turbiedad presentó una reducción del 38%, en la DQO se obtuvo una reducción del 19% y en la DBO del 24%.

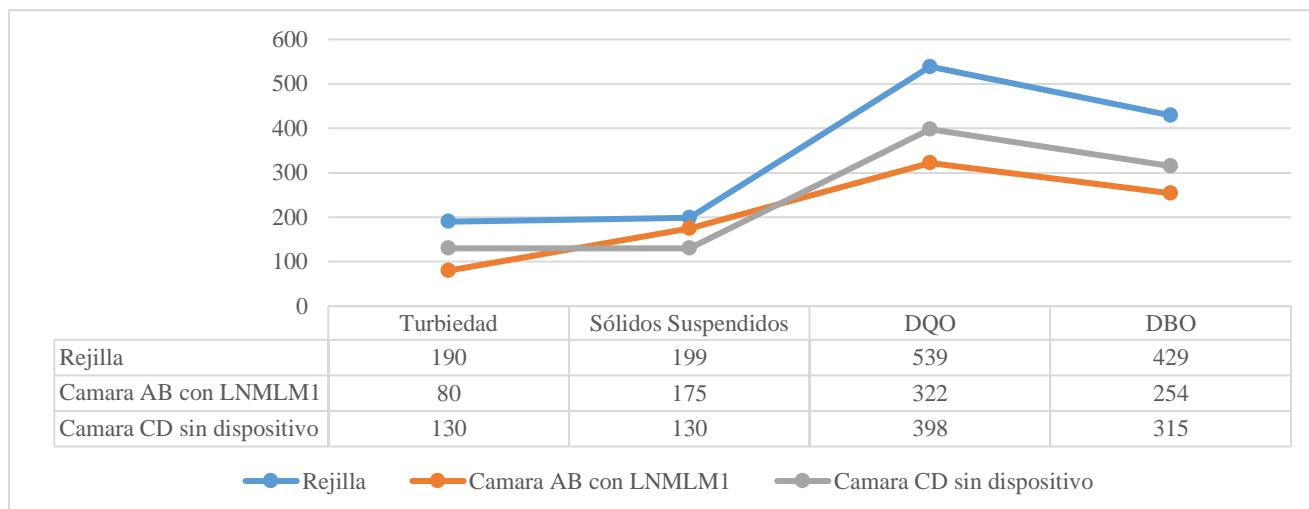
Tabla 2. Variación en las concentraciones de los parámetros estudiados con el dispositivo LNMLM1 y sin el dispositivo.

Parámetro	Unidad	Con dispositivo LNMLM1	Sin dispositivo	% de variación
Turbiedad	UTN	80	130	-38
Sólidos suspendidos	mg/l	175	130	1.35
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	322	398	-19
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	254	315	-24

En la figura 5 se muestra el comportamiento de la turbiedad, sólidos suspendidos, DQO y DBO en el sistema de tratamiento estudiado, con y sin dispositivo.

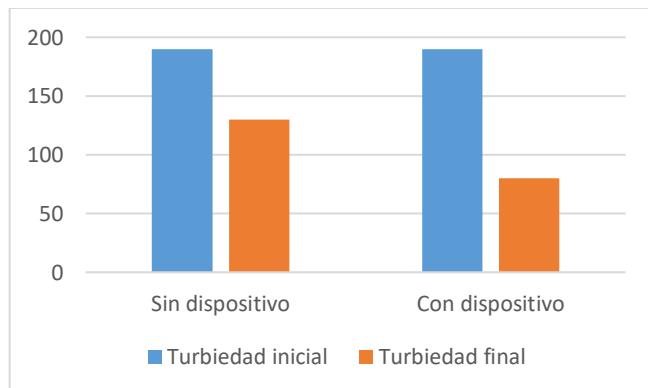
Es interesante observar reducciones importantes en estos parámetros lo cual se debe al retiro del sobrenadante con el dispositivo LNMLM1.

Figura 5. Comportamiento de la turbiedad, sólidos suspendidos, DQO y DBO en el sistema de tratamiento de agua residual estudiado.



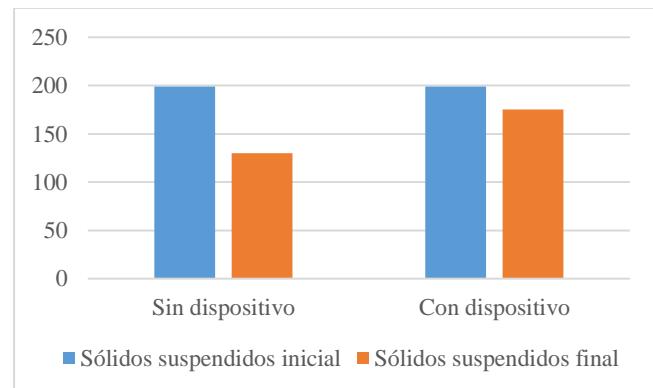
En la figura 6 se aprecia el comportamiento de la turbiedad en la unidad de sedimentación cuando se utiliza el dispositivo LNMLM1 para retirar el sobrenadante del espejo de agua y cuando este no se utiliza. Se puede apreciar que el utilizar el dispositivo permite una mejor calidad del agua residual que sale del sedimentador alcanzando un valor mínimo de 80 UTN mientras que la unidad que no tiene extracción de sobrenadante alcanza un valor de 130 UTN.

Figura 6. Comportamiento del parámetro de turbiedad con y sin el uso del dispositivo de extracción de sobrenadante.



En la figura 7 se puede observar que los sólidos suspendidos no muestran un comportamiento favorable con el uso del dispositivo, dado que esta aumenta en 1.35 veces su valor, sin embargo, este comportamiento se debe a que las muestras fueron tomadas de forma inmediata posterior al uso del dispositivo, sin permitir un período para que se estabilice el espejo del agua del compartimiento del sedimentador que tenía el dispositivo.

Figura 7. Comportamiento del parámetro sólidos suspendidos con y sin el uso del dispositivo de extracción de sobrenadante.



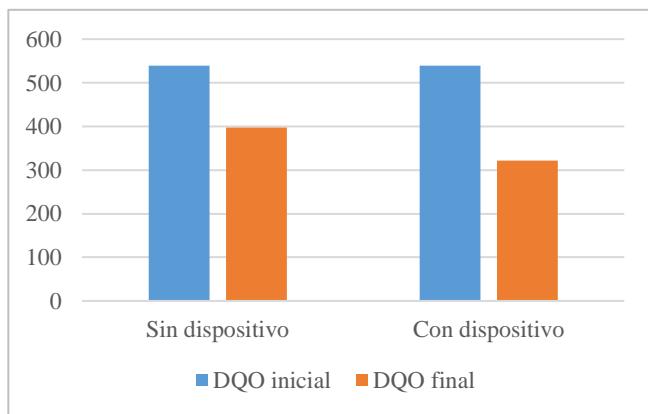
Posterior al muestreo se pudo constatar de forma visual que al dejar estabilizar el espejo de agua, el agua presenta una mejor claridad, lo cual podría no solo impactar en el parámetro de sólidos suspendidos sino también en el de la turbiedad, por lo que es importante considerar que la salida de agua del sedimentador tenga un deflector para que el agua de la parte más superficial del espejo de agua no sea arrastrada hacia la salida con lo cual se considera se tendrá una mejora en la calidad de agua de la unidad que se ubica a continuación del sedimentador.

Esta recomendación se realiza dado que al comparar el comportamiento del sedimentador que no tiene dispositivo para retirar el sobrenadante, se pudo apreciar que debajo del sobrenadante existe una zona que tiene un proceso de sedimentación que no se ve afectado como cuando se utiliza el dispositivo de extracción de sobrenadantes.

En la figura 8 se observa el comportamiento de la demanda química de oxígeno comparando los compartimientos del sedimentador que tiene el dispositivo de extracción de sobrenadante y el compartimiento que no lo tiene.

Cuando se realiza el retiro del sobrenadante se obtiene un valor mínimo de DQO de 322 miligramos por litro, mientras que en el compartimiento que no tiene extracción de sobrenadante el valor mínimo obtenido es de 398 miligramos por litro.

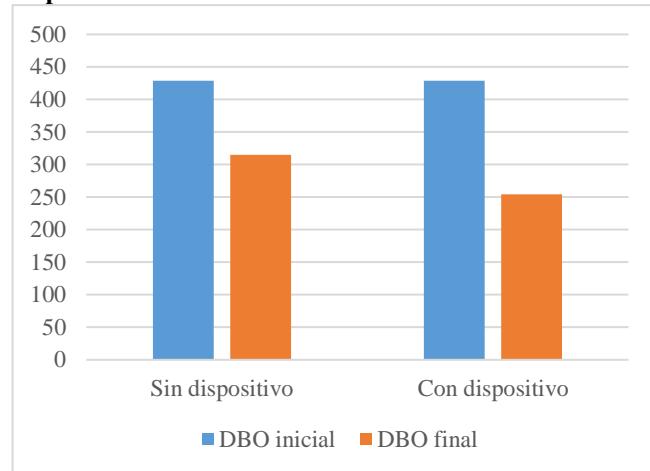
Figura 8. Comportamiento del parámetro DQO con y sin el uso del dispositivo de extracción de sobrenadante.



Finalmente, en la figura 9 se muestra el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) comparando el compartimiento que tiene el

dispositivo de extracción de sobrenadante con el que no lo tiene.

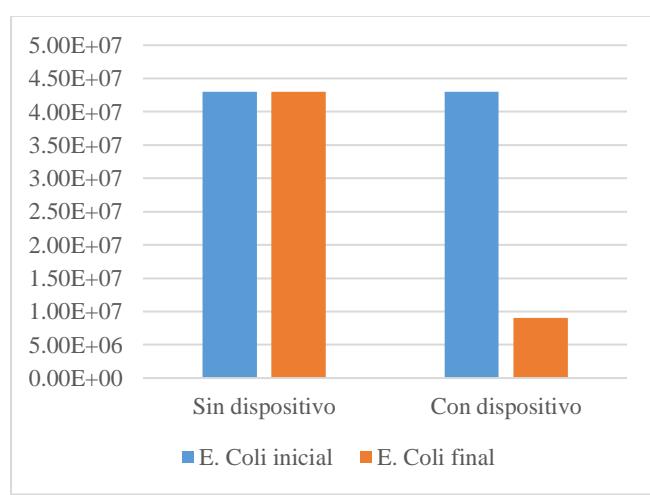
Figura 9. Comportamiento del DBO con y sin el uso del dispositivo de extracción de sobrenadante.



El comportamiento del sedimentador con el dispositivo de extracción de sobrenadante alcanza un valor de DBO mínimo en la salida del sedimentador de 254 miligramos por litro, mientras que en el compartimiento del sedimentador sin dispositivo alcanza un valor de 315 miligramos por litro.

Otro análisis realizado fue la determinación de la concentración de E. Coli, cuyo comportamiento se puede observar en la figura 10.

Figura 10. Comportamiento de la concentración de E. Coli con y sin el uso del dispositivo de extracción de sobrenadante.



En la figura 10 se aprecia que con el uso del dispositivo para retirar las natas se alcanza la reducción de un ciclo el valor de la concentración de E.Coli, no lográndose ninguna reducción cuando este no se utiliza.

Discusión de resultados

Durante el estudio realizado se pudo observar que la utilización del dispositivo LNMLM1 logró reducir la concentración de turbiedad respecto al valor inicial en un 58%, la concentración de DQO se redujo un 40%, la DBO en un 41% y E.Coli en un 79%.

Al no realizar el retiro del sobrenadante, la reducción de turbiedad obtenida fue de 32%, la concentración de DQO se redujo en 26%, la DBO en 27% y E.Coli no reportó reducción. Es interesante observar que el 27% de reducción de DBO es muy cerca a la reducción del 31% que reporta Sundara et al. (2010) entre la entrada y salida de un sedimentador primario de agua residual.

En este estudio se demuestra que el retiro del sobrenadante no debe ser considerado únicamente un proceso operativo para evitar olores en esta unidad, sino que también este proceso puede mejorar la eficiencia de la unidad tal y como lo indica Tillman (1992), Gowthaman et al. (2017) y Sello (2021).

De lo anterior se puede concluir que retirar el sobrenadante de los sedimentadores primarios con el dispositivo LNMLM1 podría reducir la carga orgánica que ingresa al tratamiento secundario de agua residual. Este hallazgo es interesante dado que este material flotante en la unidad de sedimentación se encuentra integrado por grasas y aceites que incluso podrían contener microplásticos (Lofty et al., 2022) los cuales deben retirarse para evitar que estos interfieran en los procesos biológicos subsiguientes (El-Sheikh, 2011), pero a la vez demuestra que retirar este sobrenadante puede tener una mejora en la calidad de agua que ingrese al siguiente proceso de tratamiento del agua residual.

Otro hallazgo interesante de este estudio es el comportamiento de los sólidos suspendidos, los cuales se incrementaron con el uso del dispositivo LNMLM1, ello puede atribuirse al hecho de haber tomado la muestra inmediatamente después de haber utilizado el dispositivo, lo que confirma la necesidad que las unidades de sedimentación cuenten con una pantalla

deflectora para evitar el traslado del sobrenadante a la unidad siguiente, y en caso se tenga un dispositivo de retiro de sobrenadante como el LNMLM1, se retire el agua clarificada que se encuentra por debajo del sobrenadante, debiendo tomarse en consideración que la velocidad que se le dé al dispositivo LNMLM1 debe ser tal que no altere de forma significativa la estabilidad de las condiciones laminares del sedimentador.

Conclusión

La razón para el uso del LNMLM1, es mejorar las características del efluente para los procesos que siguen, razón suficiente para investigar los factores que contribuyen a que este sobrenadante se forme, lo cual puede deberse a un proceso deficiente de retiro de grasas y aceites desde la fuente de origen (trampas de grasa en las viviendas) o la inexistencia de este tipo de unidades en las plantas de tratamiento de agua residual, dado que este sobrenadante puede tener un 62% de aceites y un 14% de biosólidos orgánicos como lo indica Anderson et al. (2016)

Es importante implementar mecanismos de operación en los sedimentadores de los sistemas de tratamiento de agua residual que incluya el retiro del sobrenadante, dado que este genera un aporte de carga orgánica a la unidad que se ubique posterior al sedimentador primario, y evitar con ello también que material flotante interfiera principalmente en procesos de tipo biológico posteriores (Denis et al., 2020)

El dispositivo LNMLM1 evidencia ser una solución para el retiro del sobrenadante de los sedimentadores de los sistemas de tratamiento de agua residual, principalmente porque este dispositivo es de fácil operación y no requiere equipos electromecánicos que compliquen su sostenibilidad. Con aproximadamente 405 plantas de tratamiento de agua residuales operando en Guatemala, seguramente más de alguna puede beneficiarse con la implementación de un mecanismo igual o parecido. Conviene, por lo tanto, utilizar los mecanismos de difusión disponibles en el ámbito de educación ambiental para que se aplique en condiciones de tratamientos similares.

Agradecimientos

En este documento, se reconoce el esfuerzo y dedicación a su trabajo, a todo los involucrados en el saneamiento de las aguas residuales en Guatemala y

todo el mundo, quienes aún a expensas de la salud, continúan el esfuerzo por mejorar el medio ambiente. Un agradecimiento especial a los señores Agustín Coyote Monroy, Juan Luis Sánchez y Walter Tun, y a quienes les han antecedido como operadores de la planta de tratamiento de aguas residuales de Servicios Complementarios S.A., Servicsa.

El autor desea patentizar su agradecimiento al administrador de la finca Chacra de Antigua Guatemala por permitir el acceso a las áreas de muestreo.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado con recursos propios del autor.

Conflicto de interés

El autor declara no tener ningún tipo de conflicto de interés que pudiera haber influido en esta investigación.

Como citar este documento

Milian Dardón, A. (2024). Remoción de materia flotante en un sedimentador primario con un dispositivo operado manualmente. *Aqua, Saneamiento & Ambiente*, 19(1), 1-8.
<https://doi.org/10.36829/08ASA.v19i1.1584>

Consentimiento informado

No aplica.

Contribuciones de autor

Conceptualización, trabajo de campo, tabulación, análisis y escritura: AMD.

Referencias

- Anderson, E., Addy, M., Ma, H., Chen, P., Ruan, R. (2016). Economic screening of renewable energy technologies: Incineration, anaerobic digestion, and biodiesel as applied to waste water scum. *Bioresource Technology*, 222, 202-209.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.076>
- Denis Collin, T., Cunningham, R., Qasim Asghar, M. Villa, R., MacAdam, J., & Jefferson, B. (2020). *Science of the Total Environment*, 728(1), Article 138415.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138415>
- El-Sheikh, M.A. (2011). Optimization and upgrading wastewater treatment plants. *Journal of*

Engineering Sciences, 39(4), 697-713.
https://jesaun.journals.ekb.eg/article_127692.html

Gowthaman, S., Mafizur, R., and Sivakumar, S.S. (2017). Performance evaluation of waste water treatment plant: an analysis of FOG removal efficiency. *Internacional Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(1), 2084-2089.
<https://www.ijser.org/researchpaper/Performance-Evaluation-of-Waste-Water-Treatment-Plant-an-analysis-of-FOG-removal-efficiency.pdf>

Lofty, J., Muhamenimana, V., Wilson, C.A.M.E, Ouro P. (2022). Microplastics removal from a primary settler tank in a wastewater treatment plant and estimations of contamination onto European agricultural land via sewage sludge recycling. *Environmental Pollution*, 304. Article e119198.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119198>

Sello, M. (2021). Wastewater fats oils and grease characterisation, removal and uses. A Review. *Environmental Science: An Indian Journal*, 17(10), Article 200.
<https://www.tsijournals.com/articles/wastewater-fats-oils-and-grease-characterisation-removal-and-uses-a-review.pdf>

Sundara, K., Sundara, P., Ratnakanth, M.J. (2010). Performance evaluation of waste water treatment plant. *Internatinal Journal of Engineering Science and Technology*, 2(12), 7785-7796.
<https://www.oalib.com/research/2111492>

Tillman, Glenn M., (1992). *Primary Treatment at Wastewater Treatment Plants (Operator's guide series)*. Lewis Publishers, Inc.