

CARACTERIZACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL MUNICIPIO DE SUTARMACHÁN, BOYACÁ

Characterization of alternatives for the treatment of domestic wastewater in the municipality of Sutarmachán, Boyacá

Línea de investigación: Prevención y control de la contaminación.

Blanca Tatiana Neira González. Ingeniera Ambiental, Universidad Libre, tatiananeira13@gmail.com

Fecha de recepción: enero de 2018, fecha de aceptación: abril de 2018

ISSN: 2590-6704

RESUMEN

En el documento “Caracterización de alternativas para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el Municipio de Sutarmachán, Boyacá” se muestran las alternativas de tratamientos de estas aguas implementados en otras ciudades y/o Municipios donde los resultados de remoción obtenidos por cada uno de ellos, además se muestran los resultados de laboratorio de las aguas del Municipio dando a conocer los parámetros que son cumplidos de acuerdo a la normatividad vigente.

Los datos empleados en esta monografía fueron analizados de forma independiente, es decir, se realizó el análisis de cada variable con el fin de conocer los promedios de remoción obtenidos por cada tecnología implementada, dando como resultados tablas de Excel y gráficos circulares y de barras, los cuales ayudaron a visualizar y analizar de forma sencilla la información.

Finalmente, se pudo concluir que la mejor alternativa para implementar en este Municipio es un humedal artificial, debido a que cumple con los parámetros exigidos por la norma y es una de las tecnologías económicamente más viables de desarrollar.

Palabras clave

Agua residual, reactor, humedal, pH, remoción, sólidos suspendidos, tratamiento.

ABSTRACT

This document shows the alternatives of treatments of these waters implemented in other cities and/or municipalities, where the results of removal obtained by each of them, in addition the laboratory results of the waters of the municipality are shown, in which the parameters that are fulfilled according to the current regulations are also presented.

The data used in this monograph were analyzed independently, that is to say, the analysis of each variable was performed in order to know the removal rates obtained for each technology implemented, resulting in Excel tables and pie and bar graphs, which helped to visualize and analyze the information in a simple way.

Finally, it was concluded that the best alternative to implement in this municipality is an artificial wetland, because it meets the parameters required by the standard and is one of the most economically viable technologies to develop.

Keywords

Wastewater, reactor, wetland, pH, removal, suspended solids, treatment.

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son un problema que tiene Colombia, a pesar que se pueda tener conciencia por parte de las autoridades administrativas de la problemática ambiental que se está generando en el Municipio, aun no se tiene control de estos vertimientos. Al tener una inadecuada disposición de aguas residuales domésticas es necesario controlar este problema de saneamiento en el Municipio por estas aguas vertidas.

En Colombia al igual que en otros países de la región, los cuerpos hídricos son receptores de todo tipo de vertimientos de aguas residuales los cuales disminuyen su calidad, ponen en riesgo la salud de los habitantes, disminuyen la productividad y aumentan los costos de tratamiento del recurso hídrico. "El crecimiento poblacional y los avances tecnológicos han traído consigo grandes ventajas pero a su vez han dado origen al problema de contaminación generada por las aguas residuales domésticas o industriales que son vertidas a las fuentes de agua de manera inapropiada y sin ningún tipo de tratamiento generando impactos negativos sobre la salud pública y el medio ambiente" (P, Cardona, D. A, A., & Peña, M. R., s.f., p. 19).

La contaminación de los cuerpos de agua origina entre otros, problemas de salud pública al aumentar el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, problemas estéticos al alterar el aspecto agradable y natural del paisaje, problemas ambientales al comprometer la supervivencia de la biota presente, el bienestar de la población y los usos recreativos y deportivos; además, la contaminación demanda un mayor consumo de insumos químicos en las plantas de potabilización o de uso industrial (Claudia Lorena Suarez Marmolejo, 2011, P. 17)

El objetivo de este trabajo es caracterizar las alternativas posibles para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el Municipio de Sutamarchán, Boyacá. Teniendo en cuenta un comparativo que se realizó con una tabla de variables de diferentes estudios realizados como referencia para tratar las aguas residuales domésticas o municipales. Existen diversas tecnologías que varían desde las convencionales altamente mecanizadas, que demandan un gran consumo energético, hasta tecnologías ecológicas de bajo costo. Los sistemas de tratamiento convencionales

remueven los contaminantes, mediante procesos que consumen grandes cantidades de energía procedentes de combustibles fósiles, con tiempos de retención hidráulico cortos y requieren cantidades relativamente menores de terreno. Las tecnologías convencionales, son ventajosas para las zonas urbanas o en áreas en donde el costo del terreno representa una parte importante de los gastos de inversión (Osvaldo A. Castellanos-Hernández Araceli Rodríguez-Sahagún, Florentina Zurita Martínez, & Araceli Rodríguez Sahagún, s.f.)

2. MARCO REFERENCIAL

Uno de los recursos más valiosos con los que cuenta el ser humano es el agua y ésta sin duda alguna constituye un elemento esencial para la vida en el planeta. Actualmente, la administración racional del agua ha alcanzado una importancia de dimensión mundial; sin embargo, este recurso cada vez es más escaso, ya que tanto en las ciudades como en las comunidades rurales se consumen grandes cantidades de agua potable y sólo una poca cantidad de agua residual es tratada (Claudia Lorena Suarez Marmolejo, 2011, p. 14).

En Colombia una de las problemáticas ambientales que se ha intensificado durante los últimos años y que exige de una acción inmediata de los Municipios, es la contaminación del recurso hídrico generada por las aguas residuales municipales. Sólo el 22 % de los Municipios del país realizan un tratamiento de sus aguas residuales, un porcentaje realmente bajo si consideramos que tampoco se ha reportado una aceptable eficiencia y operación de la mayoría de estas plantas de tratamiento (González José Severo, 2002, p. 7).

De acuerdo a González, José (2002), "Las evaluaciones reportan que los centros urbanos en Colombia captan alrededor de los 170 m³/seg, de agua de los cuales se pierden entre 40% y 50 %, regresando al ambiente en forma de aguas residuales entre un 70% a 80% de las aguas consumidas. Se estima que en Colombia se descargan diariamente cerca de 700 toneladas de carga orgánica del sector doméstico urbano a los cuerpos de agua" (Pág. 10).

La contaminación de los cuerpos de agua origina entre otros, problemas de salud pública al aumentar el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, problemas estéticos al alterar el aspecto agradable y natural del paisaje, problemas ambientales al comprometer la supervivencia de la biota presente, el bienestar de la población y los usos recreativos y deportivos; además, la contaminación demanda un mayor consumo de insumos químicos en las plantas de potabilización o de uso industrial (Claudia Lorena Suarez Marmolejo, 2011, p. 17).

Para evitar este tipo de problemas se deben estudiar diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales que garanticen características adecuadas del recurso hídrico y costos bajos por la implementación de estas tecnologías. Por esta razón, ante la evidente crisis del agua mundial hace falta realizar una gestión ecosistémica del agua, siguiendo los principios del desarrollo sostenible. Esta gestión debe basarse en el ahorro, el reuso y la no contaminación del agua dentro de una planificación sostenible del territorio y una gestión integrada de las cuencas hidrográficas (Morato Jordi & Peñuela Gustavo, 2005, p. 25).

Según estudios del IDEAM realizados en el año 2015, los datos sobre la fracción de remoción de carga contaminante doméstica (DBO, DQO, SST) corresponden a los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) que reportan los prestadores de servicios, que permiten obtener factores de remoción medidos en 76 Municipios de los 355 analizados en 2010. Se conservan para el resto de Municipios los factores teóricos utilizados en el ENA 2010 (IDEAM, 2015. Pag.245), teniendo en cuenta que las cargas contaminantes generados en el país como lo manifiesta el IDEAM son por vertimientos domésticos e industriales.

Este proyecto busca establecer tecnologías de tratamiento de agua residual domestica para el Municipio de Sutamarchán en el departamento de Boyacá, con el fin de promover el bienestar de la comunidad aledaña al sector en donde son vertidas estas aguas sin ningún tipo de tratamiento, en aras de proteger el ambiente y proporcionar una mejor calidad de vida a los habitantes del Municipio de Sutamarchán. Además, se pretende hacer una reutilización de este recurso para el sector agrícola, generando un impacto positivo al medio ambiente y a la economía del sector. Todo esto garantizando que las características físico químicas del

agua tratada sean las adecuadas para los cultivos y así tener cosechas de buena calidad que no representen un riesgo para los consumidores. El agua tratada también puede ser usada en el riego de áreas verdes, lavado de vehículos, descarga de sanitarios, entre otras actividades que no requieren de agua potable.

Según Morató, Jordi & Peñuela, Gustavo (2005), “Las tecnologías sostenibles para el tratamiento del agua se basan en procedimientos naturales de depuración que no requieren de aditivos químicos. Eliminan las sustancias contaminantes usando vegetación acuática, el suelo y microorganismos. Como ejemplo de tecnología sostenible cabe destacar a los humedales construidos, sistemas de depuración naturales donde los procesos de descontaminación son ejecutados simultáneamente por componentes físicos, químicos y biológicos” (Pág. 25).

Otra alternativa eficiente para el tratamiento de estas aguas es la instalación como parte del sistema de drenaje urbano, plantas de tratamiento de aguas residuales, ya sea centralizadas “al final del tubo” o distribuidas como plantas menores, ubicadas cerca de puntos de reutilización (riego de áreas verdes, enfriamiento industrial, lavado de autos y calles etc.). En estos sistemas, los contaminantes contenidos en el agua residual son removidos o transformados por diversos procesos, dando por resultado un agua de mejor calidad, apta para descarga o para reutilización (Adalberto Noyola, Sagastume, & Leonor Patricia Güereca, s.f., p. 18).

Además, podemos encontrar diferentes alternativas de tratamiento como lo puede ser:

1. Tratamiento biológico de aguas residuales: Se utilizan microorganismos que se alimentan de la materia orgánica presente en el agua residual y así reducir su concentración.
2. Reactores anaerobios (UASB): Se disminuye la concentración de materia orgánica del agua a través de un inoculo que posee las bacterias necesarias para tal fin.
3. Lagunas de estabilización: Son estanques hechos en el suelo, con el fin de disminuir DBO y DQO del agua residual.
4. Sistemas con plantas flotantes (humedales artificiales): Las plantas tratan el agua y luego estas pueden ser usadas para compostaje.

Algunas de estas tecnologías de tratamiento pueden resultar muy complejas y costosas al momento de implementarlas, la falta de recursos y conocimiento sobre sistemas alternativos de tratamiento genera una falta de compromiso con este tema. Por esta razón, en este proyecto se resalta la importancia de conocer las ventajas y desventajas de cada tecnología, resaltando que los sistemas de tratamiento naturales y/o alternativos representan un costo más bajo que una tecnología convencional, además presentan bajos costos de mantenimiento, bajo o nulo consumo energético, no se requiere de personal especializado para el manejo de dichas tecnologías, entre otros.

Finalmente, se puede concluir que el tratamiento de las aguas residuales domésticas generará un impacto positivo para la comunidad, puesto que se disminuirá el riesgo de propagación de enfermedades así como el impacto al medio ambiente, ya que los recursos suelo y agua no serán saturados con agua residual evitando así la alteración de la fauna y la flora; por último se generará un ahorro económico al implementar tecnologías sostenibles que permitirán el re uso del recurso para actividades agrícolas, deportivas, de recreación, entre otras.

3. METODOLOGÍA

Para realizar el análisis de la información y concluir cual sistema de tratamiento de aguas residuales es el más adecuado para tratar las aguas del Municipio de Sutamarchán Boyacá, fue necesario llevar a cabo diferentes etapas en este proceso.

Esta investigación tuvo inicio con la búsqueda de archivos relacionados con el tema, tomándolos como base bibliográfica y así obtener información precisa y confiable sobre estas alternativas de tratamiento implementadas en diferentes lugares del mundo. Las variables analizadas fueron aquellas encontradas dentro de los archivos estudiados, los datos o resultados obtenidos de esta búsqueda de información fueron organizados en una tabla de Excel donde se relaciona el archivo, el tipo de alternativa de tratamiento y las variables a analizar.

Las variables utilizadas para el desarrollo de la investigación son caudal, pH, temperatura, especie de planta acuática, tiempo de retención hidráulica, remoción de

DBO₅, remoción de DBO total, remoción de DQO total, Remoción de DQO₅, remoción de SST, remoción de coliformes fecales, remoción de NH₄, remoción de NH₃, remoción de nitrógeno, remoción de fósforo, remoción de fósforo, oxígeno disuelto, coliformes totales, orto fosfatos, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, sólidos sedimentables, tenso activos, hidrocarburos totales, gases y aceites.

A los datos organizados en la tabla de Excel se les aplicó una estadística descriptiva univariada, en donde se da a conocer el promedio de remoción de cada parámetro o variable y así tener una visión general de la capacidad de tratar un agua residual los sistemas de tratamiento alternativos encontrados en la revisión bibliográfica realizada.

Cada uno de estos valores fueron estudiados de acuerdo al tipo de tecnología analizada con el fin de comparar de manera más sencilla los resultados de los análisis de aguas obtenidos.

Luego, con base a los análisis de aguas del Municipio de Sutamarchán se realizó un análisis y comparación con los datos hallados y con el decreto 1076 de 2015 y la resolución 0631 de 2015 para de esta forma poder concluir cual tecnología es la más apropiada para el tratamiento de las aguas de este Municipio de Boyacá.

4. RESULTADOS

Se realizó un promedio de los valores de cada variable según el tipo de alternativa de tratamiento de aguas residuales, en la tabla 1 se muestran los porcentajes de remoción y características de cada uno de ellos.

Fueron ocho las alternativas de tratamiento analizadas, las cuales fueron muestra puntual, humedal artificial, reactor anaerobio, laguna de estabilización, PTAR, SUTRANE, sistemas combinados y biofiltros.

Algunas de las variables analizadas no poseen valores para los sistemas de tratamiento, por esta razón el análisis se basa principalmente en aquellas variables que sí son representativas en la mayoría de las alternativas de tratamiento de agua residual.

En la tabla 1, se puede observar que la alternativa con un mayor porcentaje de remoción de DBO₅ son los biofiltros con un 97,5%, seguido de la PTAR con un 88,7%, la alternativa de tratamiento con menor remoción de este parámetro es el reactor anaerobio con un 80%.

En el parámetro de remoción de DQO total la alternativa de tratamiento para aguas residuales con un

mayor porcentaje fue la PTAR con un 93%, seguida por los sistemas combinados con un 77%, la tecnología con menor remoción fue la laguna de estabilización con un 69,4%.

En general, se puede observar que las tecnologías de tratamiento con mejores remociones son la PTAR y el humedal artificial, seguidos por los reactores anaerobios.

Tabla 1. Promedio de variables analizadas

Alternativa de tratamiento	pH	T°	THR	Remoción DBO ₅	Remoción DBO total	Remoción DQO total	Remoción DQO ₅	Remoción SST
	Und pH	°C	días	%	%	%	%	%
Muestra Puntual	7,16	20,6						
Humedal artificial	7,01	21,90	4,69	86,62	76,0	76,27		71,35
Reactor anaerobio	9,20	25,00	0,25	80,00	83,0	70,06	60,00	82,00
Laguna estabilización	8,50	23,90				69,40		
PTAR	7,50	29,60		88,70	78,0	93,00		42,00
SUTRANE			40					
Sistemas combinados	7,1	25	0,5	82		77		87
Biofiltros				97,50				95,40

Fuente. Los Autores

Análisis de variables

pH

De acuerdo a la figura 1 se puede concluir que el reactor anaerobio entrega el agua con un pH más alto que las demás alternativas de tratamiento, siendo este un pH

alcalino, seguido por las lagunas de estabilización con un pH de 8,50. Al observar los resultados de cada tecnología podemos verificar que todas entregan el agua con un valor de pH alrededor de 7.0.

Figura 1. pH resultante de cada alternativa de tratamiento



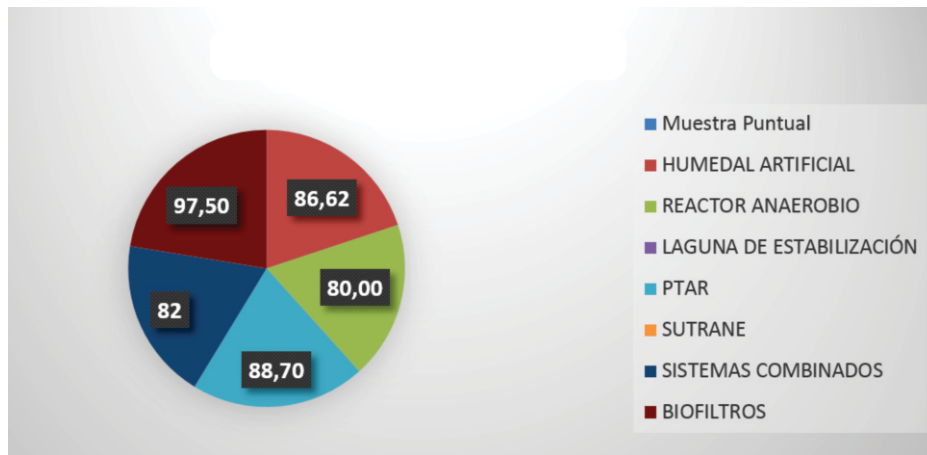
Fuente. Los Autores

Remoción DBO₅

En la figura 2 se muestra el porcentaje de remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) que se obtiene con cada alternativa de tratamiento, presentando un mayor

porcentaje los biofiltros con un 97,5% y la alternativa con menor remoción son los reactores anaerobios con un 80%.

Figura 2. Porcentaje de remoción de DBO₅



Fuente. Los autores

Remoción DBOtotal

En la figura 3, se muestra el porcentaje de remoción de DBO total para las alternativas de tratamiento, observando que el reactor anaerobio presenta mayor

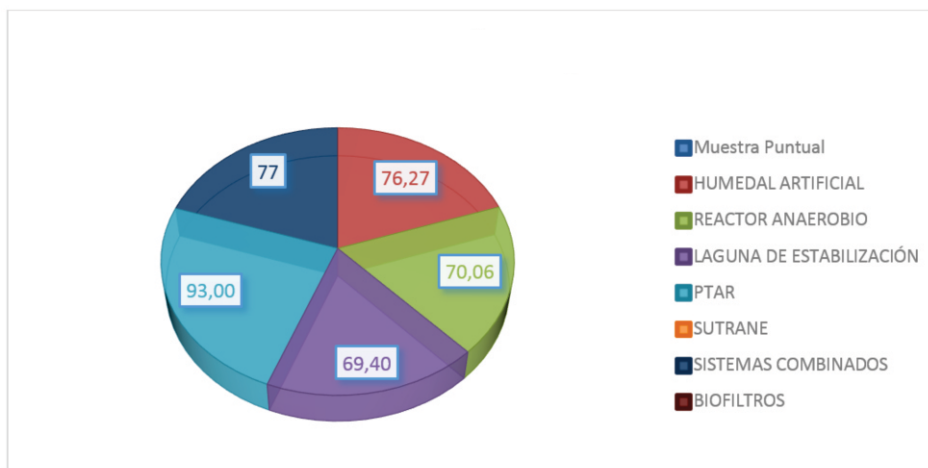
remoción en comparación con las demás alternativas con un 83%.

Figura 3. Porcentaje de remoción de DBO total



Fuente. Los Autores

Figura 4. Porcentaje de remoción de DBO total



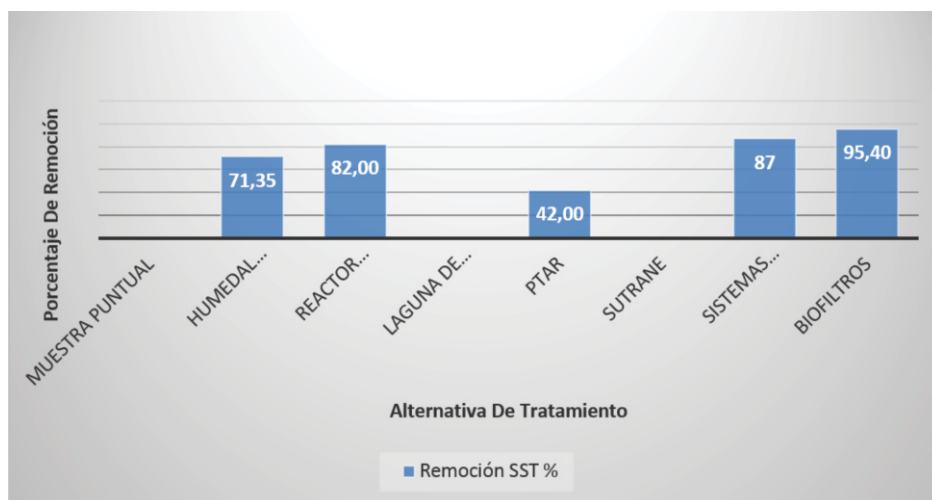
Fuente. Los Autores

Remoción sólidos suspendidos totales

En la figura 5, se muestra que la alternativa con mayor remoción son los biofiltros con un 95,4%, seguido por el

reactor anaerobio con un 82%. Además, muestra que la tecnología con menor remoción es la PTAR con un 42%.

Figura 5. Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales (SST)



Fuente. Los Autores.

Resultados de laboratorio y comparación con la norma

En la tabla 2 se puede observar que los resultados de laboratorio de aguas del Municipio de Sutamarchán comparados con la resolución 0631 de 2015 cumple con los valores establecidos de pH, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales. Además, parámetros como DBO₅, DQO, grasas y aceites no cumplen con los valores máximos permisibles estipulados por la norma, por esta razón es

necesario encontrar una alternativa de tratamiento que al implementarla logre que estos valores se reduzcan y cumplan con la normatividad vigente. También se observa que parámetros como nitritos, nitratos y sólidos sedimentables son cumplidos de acuerdo a los valores permitidos en el decreto 1076 de 2015 y el parámetro de tenso activos no cumple al superar el resultado este valor límite exigido por la normatividad.

Tabla 2. Cumplimiento de parámetros según normas

Parámetro	Unidades	Resultado Sutamarchán	DECRETO 1076 de 2015	Cumple	RESOLUCIÓN 0631 DE 2015	Cumple
Temperatura	°C	20,6	<40°C	SI		-
pH	Und pH	7,06	5 a 9	SI	6 a 9	SI
Orto fosfatos	mg/l	1,83		-		-
Nitratos	mg/l NO ₃	1,69	10	SI		-
Nitritos	mg/l NO ₂	0,023	1	SI		-
Nitrógeno amoniacal	mg/l NH ₃	77,3		-		-
Nitrógeno total	mg/l	92,7		-		-
Fosforo total	mg/l	3,44		-		-
Solidos sedimentables	ml/l	<0,1	<10	SI	5	SI
Solidos suspendidos totales	mg/l	70	remoción > 50%	-	90	SI
DBO5	mg/l O ₂	232	remoción > 30%	-	90	NO
DQO	mg/l O ₂	352		-	180	NO
Tenso activo	mg/l	8,59	0,5	NO		-
Grasas y aceites	mg/l	53,2	remoción > 80%	-	20	NO
Hidrocarburos totales	mg/l	33,6		-		-

Fuente. Los Autores

En la tabla 3, se identifican valores de remoción obtenidos en cada alternativa de tratamiento de agua residual de acuerdo a los documentos estudiados junto a los valores de pH, temperatura y los porcentajes de remoción

mínimos exigidos por la norma. De acuerdo a esta información se puede determinar el tipo de tratamiento más adecuado para las aguas del Municipio de Sutamarchán, Boyacá.

Tabla 3. Comparación porcentajes de remoción

Alternativa de tratamiento	pH	Valor Res. 1076	T°	Valor Res. 1076	Remoción DBO5	Valor Res. 1076	Remoción SST	Valor Res. 1076
	Und pH	Unid pH	°C	°C	%	%	%	%
Muestra Puntual	7,16	5 a 9	20,6	<40°C		>30%		>50%
Humedal artificial	7,01		21,90		86,62		71,35	
Reactor anaerobio	9,20		25,00		80,00		82,00	
Laguna de estabilización	8,50		23,90					
PTAR	7,50		29,60		88,70		42,00	
SUTRANE								
Sistemas combinados	7,1		25		82		87	
Biofiltros					97,50		95,40	

Fuente. Los Autores

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se descarta la opción de implementar el reactor anaerobio debido a que la temperatura supera el límite exigido por la normatividad, al analizar los demás resultados se concluye que la alternativa de tratamiento más adecuada para este Municipio es la

5. CONCLUSIONES

Como resultado de la búsqueda de información y análisis de datos tabulados en tablas de Excel se obtuvieron promedios de remoción de las diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales estudiadas, estos datos fueron comparados con los resultados de laboratorio del Municipio de Sutamarchán, logrando concluir que el Municipio no cumple con algunos de los parámetros exigidos por la normatividad vigente Colombiana, por esta razón es necesaria la implementación de una tecnología que

implementación de un humedal artificial, esto debido a que cumple con las exigencias de la norma y es la tecnología con mayores porcentajes de remoción, presentando una remoción del 96,62% de DBO₅ y una remoción de 71,3% de sólidos suspendidos totales.

logre mejorar las características del agua residual tratada.

En el Municipio de Sutamarchán, se debe implementar un humedal artificial, debido a que este sistema cumple con las remociones exigidas por las normas y logrará que el agua del Municipio también cumpla con la normatividad. Esta tecnología es sencilla de implementar y económicamente viable comparada con otras tecnologías similares.

BIBLIOGRAFÍA

Adalberto Noyola, Sagastume, J. M., & Leonor Patricia Güereca. (s. f.). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas* (2013.a ed.). México. Recuperado a partir de <https://www.globalmethane.org/documents/Seleccion-de-Tecnologias-para-el-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Municipales.pdf>

Alejandro Quintero Angel (2007). Evaluación preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de la Tebaida (Quindío), 142.

Becerra & Martha Isabel Orjuela Gutiérrez (2013). Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia, 83.

Carlos A. Arias I. (s. f.). Humedales Artificiales Para El Tratamiento De Aguas Residuales. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranandina*, N°13, 8.

Castaño et al. (2013). Informe técnico sobre sistemas en tratamientos de aguas residuales en Colombia, 70.

Comisión Nacional del Agua (2013). Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón.

Corporación Autónoma de Nariño, s. f. Modelo de simulación de calidad del cauce principal de la quebrada Miraflores, 210.

Claudia Lorena Suarez Marmolejo. (2011). *Tratamiento de aguas residuales municipales en el Valle del Cauca* (masters). Universidad del Valle, Santiago de Cali. Recuperado a partir de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/10174/1/7720-0445526.pdf>

Díaz Acero Carlos Ariel (2014). Tratamiento de agua residual a través de humedales, 8.

Elizabeth Karina Camacho Calzada. (2013, mayo). *Alternativas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, tres casos de estudio, en el estado de México* (Tesis). Universidad Autónoma Del Estado De México, Toluca de Lerdo. Recuperado a partir de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58548>

Fortunato Vidal Mendez Melgarejo & Osiris Feliciano Muñoz (2010). Propuesta de un modelo socio económico de decisión de uso de aguas residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes, 158.

Gonzalez Gonzalez Jose Severo. (2002). *Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales*. Colombia.

Jonathan Romero Cuéllar, Luis Felipe Tova, & María Camila Escobar. (s. f.). Diseño de un sistema experto para reutilización de aguas residuales tratadas. *20 junio de 2016*, 26-2, 14.

Miguel R. Peña Varón, Ginneken, & Carlos A. Madera P (2003). Humedales de flujo subsuperficial: Una alternativa natural para el tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas tropicales.

Minvivienda (2012). Título D - Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias.

Morato Jordi, & Peñuela Gustavo. (2005). *Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas*. España. Recuperado a partir de <http://www.unescosost.org/wp-content/uploads/2014/04/Manual-de-Tecnologias-Sostenibles-en-Tratamiento-de-Aguas.pdf>

Oswaldo A. Castellanos-Hernández Araceli Rodríguez-Sahagún, Florentina Zurita Martínez, & Araceli Rodríguez Sahagún. (s. f.). El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. Recuperado 23 de septiembre de 2017, a partir de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700011

P, B., D., Cardona, D. A, A., G., & Peña, M. R. (s. f.). Guía de selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales. *Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales*, 10.

Patricia Torres (2012). Perspectiva del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo, 16.

Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D. (2002). Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica identificación del problema.

R, V. G., Oliver Saavedra, Escalera, R., & y Renato Montoya. (2017, junio). Revisión de las experiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante reactores uasb en Cochabamba-Bolivia comparadas con las de Latinoamérica, India y Europa, *1(17)*, 16.

Silva, Patricia Torres, & Carlos Madera (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura, 14.

Villegas Gallón Margarita María (2009). Gestión de los procesos de descontaminación de aguas residuales domésticas de tipo rural en Colombia 1983-2009, 73.