

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

Evaluación de la eficiencia de estabilización de los lodos obtenidos a partir de la operación del sistema de Tratamiento Primario Químicamente Mejorado (CEPT), mediante la aplicación del método de digestión anaeróbica de alta tasa.

AUTOR:

García Cedeño, Jonathan Steeven

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Ing. Vásconez Gavilánes, José Ernesto, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

16 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **García Cedeño, Jonathan Steeven**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

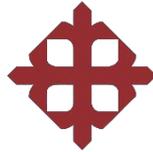
Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto, M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, M.Sc.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, García Cedeño, Jonathan Steeven

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Evaluación de la eficiencia de estabilización de los lodos obtenidos a partir de la operación del sistema de Tratamiento Primario Químicamente Mejorado (CEPT), mediante la aplicación del método de digestión anaeróbica de alta tasa** previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2019

EL AUTOR

f. _____

García Cedeño, Jonathan Steeven



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, García Cedeño, Jonathan Steeven

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de la eficiencia de estabilización de los lodos obtenidos a partir de la operación del sistema de Tratamiento Primario Químicamente Mejorado (CEPT), mediante la aplicación del método de digestión anaeróbica de alta tasa**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2019

EL AUTOR:

f. _____

García Cedeño, Jonathan Steeven

Urkund Analysis Result

Analysed Document: GARCIA_JONATHAN_FINAL.docx (D55120487)
Submitted: 8/30/2019 2:42:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 6 %

Sources included in the report:

OPTIMIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA
BIOALIMENTAR..pdf (D14959890)

Investigacion Bibliografia Anaerobica.docx (D35615091)

<https://www.slideshare.net/carloseduardocondoriquipe/tratamiento-de-lodos-residuales>

<https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/>

<https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>

<https://www.idae.es/uploads/documentos/>

documentos_10737_Biomasa_Digestores_Anaerobios_A2007_0d62926d.pdf

Instances where selected sources appear:

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por bendecirme y guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres, Sonia y Jonny, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy ahora.

A mis hermanos, Karen y Richard, por su amor, apoyo y estar en los momentos importantes en mi vida.

A mis abuelitos, Cirio y Consuelo, sus canas sinónimo de sabiduría me enseñaron cosas vitales para la vida, este logro también es para ustedes.

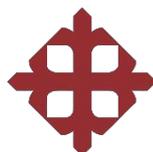
A la Ing. Clara Glas y al Ing. José Vásconez por ser guía y apoyo durante la realización de esta investigación.

JONATHAN STEEVEN GARCÍA CEDEÑO

DEDICATORIA

A las mujeres más importantes en mi vida, mi madre y mi abuelita; Sonia y Consuelo por ser inicio y fin de mi existencia.

JONATHAN STEEVEN GARCÍA CEDEÑO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

f. _____

Ing. José Ernesto Vásconez Gavilanes, M.Sc.

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas, M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Andrés Castro Beltrán, M.Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Clara Catalina Glas Cevallos, M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1	3
1. Generalidades.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Alcance	4
1.4 Metodología	4
CAPÍTULO 2	5
2. Marco teórico.....	5
2.1 Tratamiento de aguas residuales	5
2.2 Tratamiento primario químicamente mejorado	7
2.3 Digestión Anaerobia	9
2.4 Tipos de digestores anaeróbicos	10
Tipos de digestores anaeróbicos de alta tasa	10
Experiencias de eficiencia a nivel mundial en PTAR de digestión anaerobia	13
2.5 Tratamiento de lodos	14
CAPÍTULO 3	17
3. Metodología de la investigación	17
3.1 Descripción de la planta piloto	17
3.2 Dosificación del cloruro férrico y polímero aniónico	18
3.3 Digestor anaeróbico de alta tasa	18
3.4 Monitoreo de lodos residuales	19

CAPÍTULO 4	20
4.Análisis de resultados.....	20
4.1 Interpretación de resultados.....	20
4.2 Análisis de DQO	20
4.3 Análisis de DBO	21
4.4 Análisis de Temperatura.....	22
4.5 Análisis de pH y densidad.....	23
4.6 Análisis comparativo de la digestión anaerobia de baja tasa y alta tasa... 24	24
CAPÍTULO 5	26
5.Conclusiones y recomendaciones	26
5.1 Conclusiones.....	26
5.2 Recomendaciones.....	26
REFERENCIAS	28
ANEXOS	29

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Reactor de mezcla completa sin recirculación	11
Ilustración 2 Reactor de mezcla completa con recirculación	12
Ilustración 3 Esquema de reactores con retención interior de biomasa	13
Ilustración 4 Ubicación de la planta piloto	17
Ilustración 5 Resultado de las muestras	20
Ilustración 6 Gráfica de resultados de la DQO	21
Ilustración 7 Gráfica de resultados de la DBO	22
Ilustración 8 Gráfica de resultados de la temperatura	23
Ilustración 9 Gráfica de resultados del pH	23
Ilustración 10 Gráfica de resultados de la densidad	24
Ilustración 11 Cuadro comparativo de % de eficiencias	24
Ilustración 12 Caja de revisión de aguas residuales	29
Ilustración 13 Mantenimiento de la planta piloto	29
Ilustración 14 Tanque de mezcla rápida con 50 mg/l de Cloruro Férrico de concentración	30
Ilustración 15 Planta piloto instalada	30
Ilustración 17 Cloruro férrico y polímero aniónico	31
Ilustración 16 Recolección de lodos	31
Ilustración 18 Digestor de alta tasa	32
Ilustración 19 Digestor de alta tasa en funcionamiento	32
Ilustración 20 Informe de los resultados del lodo tratado	33
Ilustración 21 Informe de resultados del lodo tratado	33

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo la finalidad de evaluar la eficiencia del digestor de alta tasa mediante la aplicación de tratamiento primario químicamente mejorado (CEPT) en las aguas residuales domésticas de la ciudad de Guayaquil, dentro de los análisis realizados se presentan las eficiencias de remoción reportadas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), resultados de la implementación del tratamiento primario químicamente mejorado.

Para la recolección de las muestras se utilizó una planta piloto, que constaba del bombeo del agua residual doméstica hasta la planta piloto, el afluente llega al tanque de mezcla rápida donde se dosifica el cloruro férrico y el polímero, luego este pasa al tanque de coagulación y floculación y finalmente pasa al tanque clarificador, una vez obtenida la muestra se lo almacena en un digestor de alta tasa, luego se procedió a la comparación de las eficiencias obtenidas para los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO). Así mismo, un análisis comparativo con un trabajo anterior de digestión anaerobia de baja tasa.

Palabras claves: Coagulación, floculación, cloruro, polímero, lodo, digestión anaerobia, alta tasa.

ABSTRACT

The purpose of this titling work was to evaluate the efficiency of the high-rate digester through the application of chemically improved primary treatment (CEPT) in the domestic wastewater of the city of Guayaquil, within the analyzes performed the removal efficiencies are presented reported biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD), results of the implementation of chemically improved primary treatment.

For the collection of the samples a pilot plant was used, which consisted of pumping the domestic wastewater to the pilot plant, the tributary reaches the rapid mixing tank where the ferric chloride and polymer are dosed, then it passes to the coagulation tank and flocculation and finally passes to the clarifier tank, once the sample is obtained it is stored in a high-rate digester, then the efficiencies obtained for the parameters of biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand are compared. (COD). Likewise, a comparative analysis with a previous work of anaerobic digestion of low rate.

Keywords: Coagulation, flocculation, chloride, polymer, sludge, anaerobic digestion, high rate.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento sin medida y el desarrollo de la población produce degradación de los ecosistemas naturales, por aquello en la actualidad la eliminación de las aguas residuales se mantiene en una investigación activa para implementar nuevas propuestas y así poder optimizar el tratamiento de aguas residuales de una manera más eficiente.

Como propuesta se establece la implementación de la tecnología del Tratamiento Primario Químicamente Mejorado (CEPT) como alternativa a los tratamientos convencionales.

Este proceso físico-químico produce lodos que resultan de difícil manejo y que no debe tomarse a la ligera en lo que respecta a su disposición final porque estos lodos puede poseer componentes tóxicos. En la actualidad existen algunos tratamientos para los lodos, uno de los más comunes es la digestión, pudiendo ser aeróbica y anaeróbica.

La digestión anaeróbica de los lodos es un proceso que tiene como objetivo principal, estabilizar la materia orgánica que posean, el tratamiento consiste en almacenar el lodo en digestores de baja o alta tasa totalmente cerrados imposibilitando el ingreso del aire con la finalidad de descomponer la materia orgánica por medio de microorganismos anaerobios.

CAPÍTULO 1

1. Generalidades

1.1 Antecedentes

La Digestión Anaerobia es el proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y de CO₂, en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas.

Como antecedente se citan trabajos realizados en la Facultad de Ingeniería de la UCSG, en los que se investigó el rendimiento del sistema CEPT para tratamiento de aguas residuales y una investigación de la digestión de lodos de baja tasa.

En el presente trabajo se dará continuidad al proceso de investigación ahora con la aplicación de tratamiento de lodo obtenido por la utilización de la digestión anaeróbica de alta tasa.

La diferencia en los dos procesos es que en el primer caso no se utiliza agitación y en el segundo caso si se aplica agitación, para acortar el tiempo de residencia de los lodos en el digestor de alta tasa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la estabilización de los lodos mediante digestión anaeróbica de alta tasa, para lodos provenientes del sistema Tratamiento Primario Químicamente Mejorado y comparar los resultados con un trabajo de titulación anterior que fue de baja tasa, para obtener conclusiones.

1.2.2 Objetivos específicos

- Medir el grado de eficiencia del proceso de digestión anaeróbica de alta tasa de lodos provenientes de la planta piloto CEPT, en aguas residuales de la facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Comparar los resultados el proceso de estabilización de lodos con el uso del reactor anaeróbico tanto de baja y alta tasa, para seleccionar el más adecuado para plantas en la ciudad de Guayaquil.

1.3 Alcance

Efectuar a escala piloto un digestor anaeróbico de alta tasa para estabilizar los lodos provenientes de la operación de una planta piloto CEPT para aguas residuales de la facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.4 Metodología

Realizar revisión bibliográfica de las características de la digestión anaeróbica de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Construir el digestor anaeróbico conforme al diseño planteado. Operar el digestor anaeróbico, tomar muestras de lodo, para establecer los niveles de materia orgánica.

Analizar los resultados obtenidos de los muestreos y análisis para determinar los grados de eficiencia de estabilización de materia orgánica y comparar los resultados con lo que se obtuvo en la investigación de reactor anaerobio de baja tasa.

Redactar el documento de trabajo de titulación, con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 2

2. Marco teórico

Para el desarrollo del presente capítulo, se tiene la fundamentación técnica y la fundamentación teórica. En la fundamentación técnica se dispondrá de investigaciones realizadas sobre el tema y la fundamentación teórica, son las definiciones y conceptos en la que se asentará esta investigación.

El tratamiento anaeróbico de aguas residuales es la tecnología con mayor eficiencia energética para el tratamiento de aguas residuales. Con un requerimiento mínimo de energía y la conversión de contaminantes orgánicos en biogás rico en energía, compuesto por un 50% a 70% de metano.

Hay que tener en cuenta variables que afectan de manera directa e indirecta en donde se va a proceder, por ejemplo: los costos de operación, la temperatura (teniendo en cuenta que cuando es mayor a 20°C se tiene una eficiencia del 65% en demanda biológica de oxígeno o DBO, 55% en la demanda química de oxígeno o DQO y un 67% a un 81% de sólidos suspendidos).

2.1 Tratamiento de aguas residuales

“Las aguas residuales son aquellas resultantes de las actividades humanas, proceden de las ciudades, industrias, etcétera. Estas aguas residuales suponen un peligro potencial para el medio ambiente pues cualquier vertido o filtración liberaría sustancias tóxicas al medio y desencadenaría desastres ecológicos. Para que estas aguas puedan volver al medio natural deben seguir una serie de tratamientos que consisten en eliminar sus residuos. Estos tratamientos dependen de las características de las aguas residuales y de su destino final” (García, 2018).

Según el (Consejo de la unión Europea, 1991), se distinguen tres tipos de aguas residuales:

- Aguas residuales domésticas
- Aguas residuales industriales

- Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales **domésticas** tienen dos orígenes, las cocina y el baño. Las de la cocina están compuestas principalmente por jabón, aceites y grasas y las del baño por orina y heces.

En lo que respecta a las **industriales**, resultan de la industria propiamente que acumulan líquidos de las fábricas y de la ganadería y agricultura aguas que contienen contaminantes de origen orgánico y microorganismos.

Finalmente las aguas residuales **urbanas**, tienen su procedencia en el ámbito doméstico y aquellas que tienen su origen en la limpieza urbana, como las tareas de limpieza de las ciudades que prestan servicios a los municipios.

Tipos de tratamientos de aguas residuales

Una vez que las aguas residuales son recogidas por una serie de recolectores, se las debe someter a los diferentes tratamientos para depurarlas, esta consiste de un **pre tratamiento**, donde se eliminan los sólidos más grandes. Luego viene un **tratamiento primario**, que se aplican para reducir el contenido de partículas en suspensión del agua mediante unos conjuntos de procesos físico-químico. Se puede contar con un **tratamiento secundario**, en caso que se quiera depurar aún más el agua y el **tratamiento terciario** básicamente es la eliminación de los agentes patógenos, siendo uno de los más habituales la cloración.

A continuación se nombran algunos tipos de tratamientos de aguas residuales:

- Lodos activados
- Lechos bacterianos
- Lagunas de estabilización
- Tratamiento primario químicamente mejorado
- Digestión Anaeróbica

En el presente trabajo de investigación nos centraremos en el tratamiento primario químicamente mejorado.

2.2 Tratamiento primario químicamente mejorado

El tratamiento primario mejorado químicamente (CEPT) es el proceso mediante el cual los químicos, típicamente sales metálicas se agregan a las aguas residuales. Los químicos causan las partículas suspendidas se agrupan mediante los procesos de coagulación y floculación.

La **coagulación** desestabiliza las cargas de las partículas. Los coagulantes con cargas opuestas a las de los sólidos suspendidos se agregan al agua para neutralizar las cargas negativas de las partículas. Una vez que se neutraliza la carga, las partículas pequeñas suspendidas son capaces de pegarse entre sí. Las partículas ligeramente más grandes formadas a través de este proceso se denominan microflocs y aún son demasiado pequeñas para ser visibles a simple vista. Se necesita una mezcla rápida de alta energía para dispersar adecuadamente el coagulante y promover las colisiones de partículas para lograr una buena coagulación y formación de los microflocs. La mezcla excesiva no afecta la coagulación, pero la mezcla insuficiente dejará este paso incompleto. El tiempo de contacto adecuado en la cámara de mezcla rápida suele ser de 1 a 3 minutos.

La **floculación**, una etapa de mezcla suave, aumenta el tamaño de partícula desde microfloc submicroscópico a partículas suspendidas visibles. Los microflocs se ponen en contacto unos con otros a través del proceso de mezcla lenta. Las colisiones de las partículas del microfloc hacen que se unan para producir flóculos más grandes y visibles. El tamaño del floc continúa creciendo a través de colisiones adicionales e interacción con polímeros inorgánicos formados por el coagulante o con polímeros orgánicos agregados. Se forman macroflocs, los polímeros de alto peso molecular, llamados coagulantes auxiliares, pueden agregarse durante este paso para ayudar a salvar, unir y fortalecer el floc, agregar peso y aumentar la velocidad de sedimentación. Una vez que el flóculo ha alcanzado su tamaño y fuerza óptimos, el agua está lista para el proceso de separación (sedimentación, flotación o filtración). Los tiempos de contacto de diseño para el rango de floculación van de 15 o 20 minutos a una hora o más.

Los agregados de partículas, o flóculos, se asientan más rápido, mejorando así la eficiencia del tratamiento, medido como la eliminación de sólidos, materia orgánica y nutrientes de las aguas residuales. Los productos químicos utilizados en el CEPT son los mismos que se agregan comúnmente en el tratamiento de agua potable (por

ejemplo: cloruro férrico, sulfato de aluminio), y prácticamente no hay metales residuales en el sobrenadante.

El CEPT puede implementarse utilizando un "tanque CEPT" (es decir, un tanque de sedimentación especialmente diseñado para CEPT), o mediante la modernización de una instalación de tratamiento primario convencional, o estanques de estabilización.

El residuo que se acumula en las plantas de tratamiento de aguas residuales se llama lodo (o biosólidos). El lodo de las aguas residuales es el material sólido, semisólido o residual de la suspensión que se produce como un subproducto de los procesos de tratamiento de aguas residuales. Este residuo se clasifica comúnmente como lodo primario y secundario.

El lodo primario se genera a partir de la precipitación química, la sedimentación y otros procesos primarios, mientras que el lodo secundario es la biomasa de residuos activados que resulta de los tratamientos biológicos. Algunas plantas de aguas residuales también reciben sólidos de fosas sépticas o de fosas sépticas de los sistemas domésticos de tratamiento de aguas residuales en el lugar. Muy a menudo, los lodos se combinan para un tratamiento posterior y su eliminación.

Existen variantes para el tratamiento de estos lodos generados durante el tratamiento los cuales deben ser tratados para lograr su estabilidad.

Los métodos más usados para lograr esta estabilización son (Vásconez, 2003):

- Digestión aeróbica
- Digestión anaeróbica
- Incineración
- Lechos de secado
- Filtros prensa

Uno de los medios más viable es el de digestión anaeróbica, debido a que es más económico comparado con los otros métodos, incluso es un método sostenible, continuo y eficiente, gracias a la producción de biogás se obtiene energía eléctrica y térmica renovable. Así como también ayuda a la reducción de los gases de efecto invernadero.

En un estudio elaborado por el doctor Fabián Yáñez sobre la digestión anaeróbica alude que el principal propósito de este método es transformar el lodo a uno estable, "esto significa que este sujeto a descomposición biológica posterior, que no cree situaciones peligrosas o molestias en su disposición final y que facilite los siguientes procesos, es decir que pueda ser deshidratado y secado rápidamente" (Yanez, 2010).

2.3 Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso de aplicación pretérita, en donde se produce la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno mediante la estabilización de los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas servidas, teniendo como resultado biogás y un efluente con menor contenido de materia orgánica degradable. (Metcalf & Eddy, 1997)

Esta materia orgánica contenida en los lodos se transforma biológicamente, por el proceso de la digestión anaeróbica, donde principalmente se forma el metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2). El lodo es introducido de manera continua en un reactor completamente cerrado, teniendo una estadía de tiempo variable. Una vez que se estabiliza el lodo, este resulta con un bajo contenido de materia orgánica y de microorganismos patógenos, pudiendo tener eficiencias de remoción del 50% al 60% de DBO. (Marquez, 2005)

En la digestión anaerobia se forma el biogás que es una mezcla de gases formada por en su gran parte de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) y en pequeñas porciones de H_2S , H_2 y NH_3 , el metano es un gas altamente combustible, lo que significa que el biogás puede ser utilizado como una fuente de energía. (Metcalf & Eddy, 1997)

Microbiología del proceso

Según (Metcalf & Eddy, 1997), la conversión de la materia orgánica en el lodo se produce en tres etapas:

1. **Hidrólisis:** Se transforman los compuestos de alto peso molecular en compuestos que pueden servir como fuente de carbono y energía.
2. **Acidogénesis:** Debido a la acción bacteriana a diferencia de la fase anterior en esta se convierten en compuestos de menor peso molecular.

3. Metanogénesis: Conversión bacteriana de los compuestos intermedios en productos finales simples, metano y dióxido de carbono.

La estabilización del lodo se alcanza cuando se produce el CO₂ y CH₄, este gas metano es altamente insoluble, y su desprendimiento de la solución representa la estabilización real del lodo. Las bacterias metanogénicas sólo pueden utilizar determinados substratos para producir el metano.

2.4 Tipos de digestores anaeróbicos

Los digestores anaeróbicos lo podemos clasificar en dos grupos:

- Digestores de baja tasa
- Digestores de alta tasa

Dentro de las especificaciones convencionales de digestores de baja carga, los lodos no pasan por un proceso de calentamiento y su tiempo de retención oscilan entre 30 a 60 días. Por otro lado, los digestores de alta carga pasan por un proceso de calentamiento y de mezclado. El tiempo de retención es menor a 15 días generalmente.

Tipos de digestores anaeróbicos de alta tasa

Los diseños más utilizados para la digestión anaeróbica, que pueden clasificarse en función de su capacidad para mantener altas concentraciones de microorganismos en el reactor, el reactor más simple es el de mezcla completa y el más utilizado para residuos. (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, 2007)

Reactor de mezcla completa sin recirculación

Este reactor mantiene una distribución uniforme de concentraciones, tanto de microorganismos como de sustrato, esto se consigue mediante un sistema de mezclado o agitación, esta puede ser mecánica (con aspas, hélices) o neumáticas, y no debe ser violenta. Este tipo de reactor no ofrece problemas de diseño, si la velocidad de reacción depende de la concentración, la velocidad será baja.

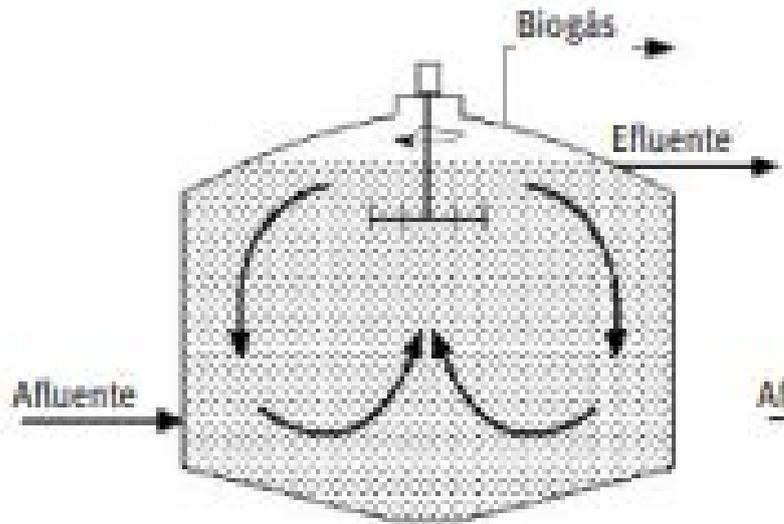


Ilustración 1 Reactor de mezcla completa sin recirculación
Fuente: Instituto para la diversificación y ahorro de la energía

Reactor de mezcla completa con recirculación

En este reactor se comprueba que regulando la recirculación es posible conseguir tiempos de retenciones más bajos que en un reactor simple de mezcla completa. Este sistema es aplicable a aguas residuales de alta carga orgánica, debido a que es necesaria la separación de microorganismos en el decantador.

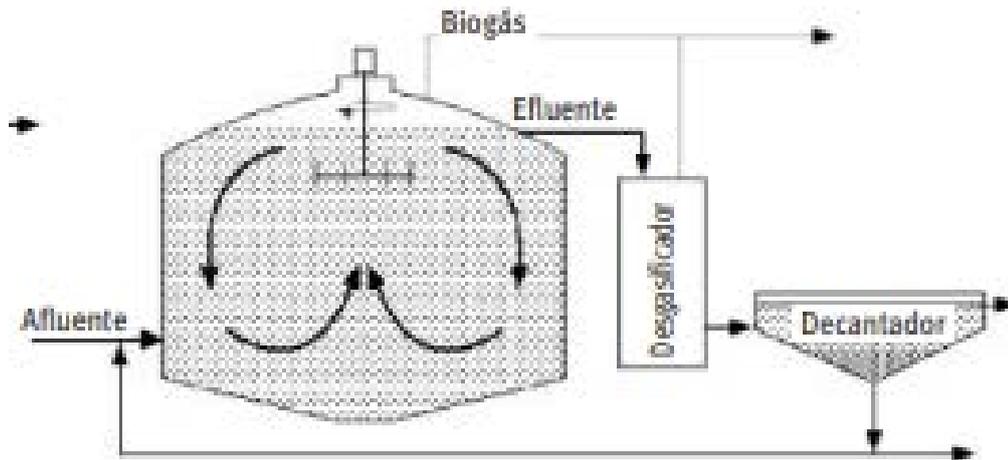


Ilustración 2 Reactor de mezcla completa con recirculación

Fuente: Instituto para la diversificación y ahorro de la energía

Reactor con retención de biomasa, sin recirculación

En este reactor es posible reducir el tiempo de retención por debajo del reactor de mezcla completa pero, esto se logra si se consigue retener bacterias en el interior del reactor, los métodos de retención de biomasa son básicamente dos: inmovilización sobre un soporte (filtros anaerobios y lechos fluidizados) y agregación o floculación de biomasa y su retención por gravedad (reactores de lecho de lodos). (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, 2007)

En el sistema de **filtro anaerobio** las bacterias anaerobias están fijadas en un soporte inerte con flujo vertical, este soporte puede ser de plástico o cerámico, la distribución puede ser irregular y en este caso las bacterias se encuentran mayoritariamente atrapadas en los intersticios, recibiendo el nombre de lecho con flujo descendente.

En **lecho fluidizado** el sistema de las bacterias se encuentran fijadas, formando una biopelícula, para mantener el caudal adecuado se requiere la recirculación, permitiendo la expansión y fluidización del lecho.

El sistema que favorece la floculación o agregación de bacterias entre ellas, es el **reactor de lecho de lodos**, este sistema forma gránulos de manera que por sedimentación se mantienen en el interior del reactor con la velocidad ascendente, siempre y cuando en la parte superior exista un buen separador de líquido/gas/biomasa.

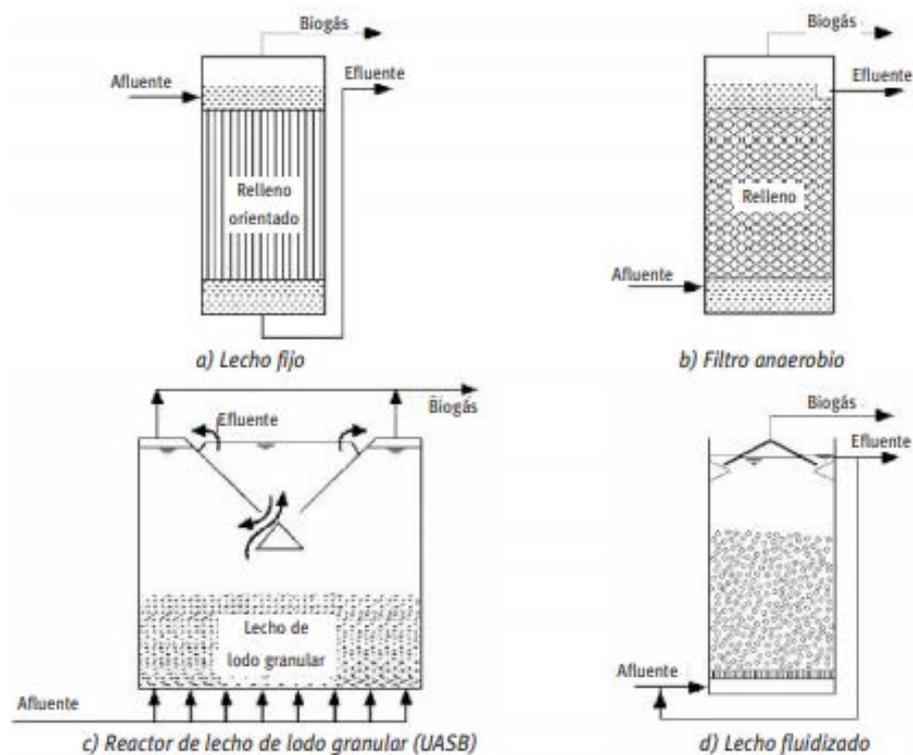


Ilustración 3 Esquema de reactores con retención interior de biomasa

Fuente: Instituto para la diversificación y ahorro de la energía

Experiencias de eficiencia a nivel mundial en PTAR de digestión anaerobia

En San Diego, Estados Unidos la reducción de sólidos suspendidos alcanzó un 85% y la DBO a más del 55%.

En 1997, en Hong Kong se concluyó con la construcción de la planta de tratamiento primario químicamente mejorado más grande del mundo, con una capacidad máxima de 40 m³/s, se obtuvieron eficiencias en los digestores anaeróbicos del 85% para SST y 74% de DBO. (Hatleman y Murcott, 2001)

Actualmente en México, en digestores de alta tasa en Atotonilco y El ahogado han obtenido eficiencias en DBO en un 88% y 90% respectivamente.

2.5 Tratamiento de lodos

El lodo de las aguas residuales es un subproducto de las aguas residuales tratadas. Está compuesto de materiales orgánicos e inorgánicos, una gran concentración de nutrientes de plantas, productos químicos orgánicos y patógenos. Por lo tanto, es extremadamente importante tratar adecuadamente estos lodos para minimizar sus repercusiones ambientales. Aquí hay una breve descripción del proceso de tratamiento de lodos para ayudarlo a comprender mejor las técnicas de tratamiento y los requisitos del proceso:

- **Engrosamiento de lodos**

El primer paso en el plan de tratamiento de lodos de depuración se llama engrosamiento. En este paso, el lodo de aguas residuales se espesa en un espesador por gravedad para reducir su volumen general, permitiendo así el fácil manejo del lodo. La flotación por aire disuelto es otra alternativa que se puede usar para espesar efectivamente el lodo mediante el uso de burbujas de aire para permitir que la masa sólida flote hacia la parte superior.

- **Digestión de lodos**

Después de acumular todos los sólidos del lodo de aguas residuales, comienza el proceso de digestión del lodo. Este es un proceso biológico en el que los sólidos orgánicos presentes en el lodo se descomponen en sustancias estables. Este proceso también ayuda a reducir la masa total de sólidos, mientras que destruye cualquier patógeno presente para permitir una fácil deshidratación. El proceso de digestión de lodos consta de dos fases. En la primera fase, el lodo sólido seco se calienta y se mezcla en un tanque cerrado para permitir la digestión anaeróbica por bacterias formadoras de ácido.

Estas bacterias hidrolizan las moléculas grandes de proteínas y lípidos presentes en el lodo y las descomponen en moléculas más pequeñas solubles en agua, que luego se fermentan en varios ácidos grasos. El lodo luego fluye hacia el segundo tanque, donde otras bacterias lo convierten para producir una mezcla de dióxido de carbono y metano,

después de lo cual el metano se recolecta y se reutiliza para alimentar el tanque de digestión y generar energía (dependiendo de la cantidad recuperada).

- **Deshidratación**

Después de recuperar los gases útiles y otros subproductos, el lodo restante se deshidrata antes de la eliminación final. En la mayoría de los casos, los lodos deshidratados generalmente contienen una cantidad significativa de agua, hasta un 70%, a pesar de su estado solidificado.

Por lo tanto, es importante secar y deshidratar los lodos de antemano. Si bien el uso de camas de secado de lodos es la forma más común de llevar a cabo este proceso, requiere mucho tiempo y puede llevar semanas antes de que se complete el proceso. Para acelerar estos procesos, los planes de gestión de residuos también emplean dispositivos de separación sólido-líquido.

Para llevar a cabo este proceso. De hecho, la centrifugación se está convirtiendo lentamente en uno de los métodos más preferidos para deshidratar lodos. Al pasar el lodo a través de una centrífuga, se vuelve más fácil recuperar toda el agua y permite un manejo más fácil de los residuos sólidos en duraciones más cortas a costos reducidos. Otras alternativas incluyen el filtro de vacío de tambor rotativo y la prensa de filtro de banda.

- **Eliminación**

Una vez que el lodo ha sido efectivamente deshidratado, se puede enterrar bajo tierra en un relleno sanitario o se puede usar como fertilizante, dependiendo de su composición química. En los casos en que el lodo es demasiado tóxico para ser reutilizado o enterrado, simplemente puede incinerar el lodo y convertirlo en ceniza.

Si bien los lodos de aguas residuales generalmente se tratan con un plan de acción estándar, es extremadamente importante tener en cuenta aspectos como el origen de las aguas residuales, el proceso de tratamiento utilizado para reducir las aguas residuales a lodos, así como los posibles subproductos que se pueden recuperar de para su uso posterior antes de elegir un plan de tratamiento de lodos. Esto no solo lo ayudará

a optimizar su rendimiento general, sino que también lo ayudará a reducir los costos al recuperar materiales útiles para uso secundario antes de la eliminación definitiva.

CAPÍTULO 3

3. Metodología de la investigación

3.1 Descripción de la planta piloto

Este trabajo de investigación se realizó en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en las instalaciones de la facultad de Ingeniería.

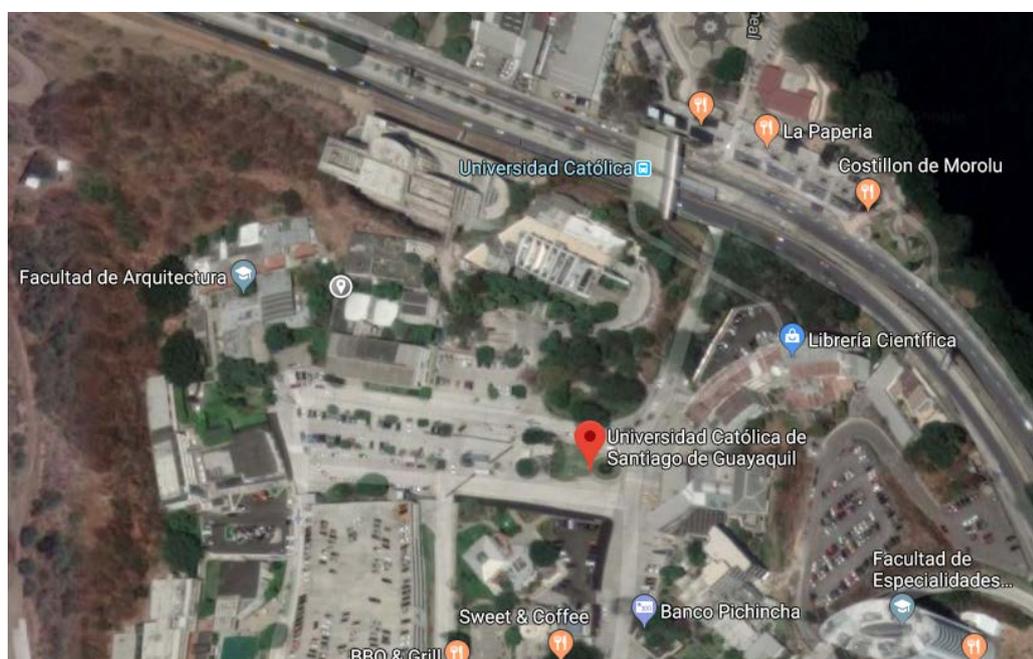


Ilustración 4 Ubicación de la planta piloto

Fuente: Google Earth

El agua residual que se utilizó para la realización del presente trabajo proviene de una caja de alcantarilla que está conectada al bar y baños de la facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, lo que significa que se tiene alta carga de orina y heces.

Se utilizó la misma planta piloto utilizada por trabajos de titulación anteriores, que consta de una estación de bombeo, con una bomba de 1 hp de potencia, se extrajo el agua residual sin desechos sólidos, esto gracias a la ayuda de una válvula check, el

agua era conducida por una tubería de 1/2 pulgada hasta la planta de tratamiento de aguas residuales.

El agua residual llega al primer tanque de una capacidad de 40 litros, denominado de mezcla rápida, en este tanque se adicionaba el cloruro férrico y el polímero aniónico al 1%, siendo sus concentraciones 50 mg/l y 0.15 mg/l, respectivamente, la mezcla rápida se la realizaba con una batidora eléctrica.

Luego el agua residual ya con los químicos adicionados se conduce con una tubería de 1/2 pulgada al siguiente tanque de floculación y coagulación, este tanque tenía una capacidad de 200 litros, en este tanque las partículas de lodo se asientan por gravedad.

Finalmente, nuevamente el agua residual es conducido por una tubería de 1/2 pulgada al tanque clarificador de un volumen de 550 litros, este tanque es más grande porque la sedimentación por gravedad elimina una parte de la DBO y nutrientes presentes en el afluente.

3.2 Dosificación del cloruro férrico y polímero aniónico

La dosificación de estos químicos se basaron en las dosificaciones utilizadas en la investigación realizada por el estudiante Miguel Yáñez Veloz en su trabajo de titulación y se decide elegir la dosificación de 50 mg/l de concentración de cloruro férrico, la cual se logra con la mezcla de 200 mg/l de cloruro férrico más 800 mg/l de agua destilada y así mismo del polímero aniónico al 1% de 0.15 mg/l.

3.3 Digestor anaeróbico de alta tasa

El digestor anaeróbico de alta tasa fue mandado a construir en un taller industrial, ya que a diferencia del de baja tasa este digestor debe tener un mecanismo de mezclado, por aquello se utilizó un motor a 200V de 1/3 hp para la parte del mezclado con aspas de acero inoxidable, el reactor de plástico tiene una capacidad de 20 litros y de forma cilíndrica de 30 cm de diámetro y 30 cm de altura, el tiempo de residencia del lodo fue de 12 días.

3.4 Monitoreo de lodos residuales

Del tanque de coagulación y floculación se procedió a tomar el lodo, este se encontraba en la parte inferior del tanque, el lodo que se obtenía era demasiado líquido siendo necesario espesar dicho lodo mediante la utilización de una tela tipo lienzo, sirviendo este como filtro y así se obtenía un lodo más espeso, se trabajó durante los días, 1,2 y 3 de agosto del presente año en donde se recolectó 2 kg de lodo.

La muestra fue introducida en el digestor de alta tasa totalmente cerrado y se lo puso en funcionamiento por 12 días, este digestor funcionó durante las 24 horas de todos esos días.

Una vez transcurrido el tiempo se enviaron las muestras al laboratorio el 8 de agosto del presente año, se tomó la temperatura del lodo cuando salió del digestor, los parámetros que se mandaron a analizar son DBO, DQO, pH y densidad y los resultados fueron entregados en ocho días laborables después de la fecha de entrega.

CAPÍTULO 4

4. Análisis de resultados

4.1 Interpretación de resultados

Luego de haber aplicado el digestor anaeróbico de alta tasa para el tratamiento del lodo se obtuvieron los siguientes resultados y los datos del lodo crudo fueron tomados del trabajo de titulación de Jaime Núñez:

PARÁMETRO	LODO CRUDO	LODO TRATADO	UNIDADES
DBO	204700	24500	mg/kg
DQO	301100	28988,5	mg/kg
pH	7,24	7,53	
DENSIDAD	1,03	1,17	g/ml
TEMPERATURA	29,7	27,8	°C

Ilustración 5 Resultado de las muestras

Fuente: Autor

4.2 Análisis de DQO

El porcentaje de eficiencia de remoción de DQO fue del 90.37%, siendo este resultado muy exitoso concluyendo que la digestión anaerobia es eficaz.

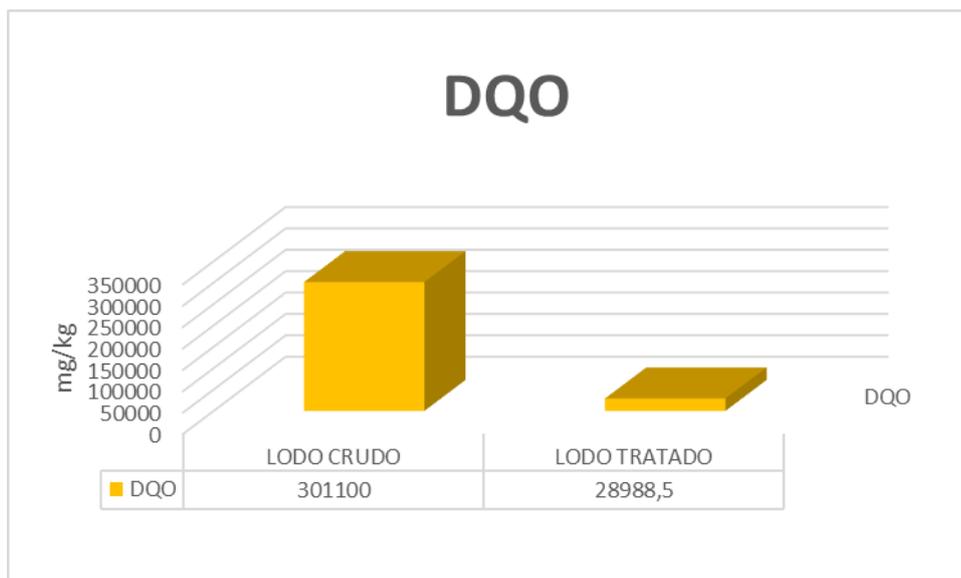


Ilustración 6 Gráfica de resultados de la DQO

Fuente: Autor

4.3 Análisis de DBO

La eficiencia de remoción de DBO fue del 88% tras haber estado 12 días en el digestor de alta tasa, lo que indica que se redujo de una manera considerable ya que gracias al haber estado en el rango de la metanogénesis mesofílica que es donde ocurren las mayores disminuciones de la DBO.

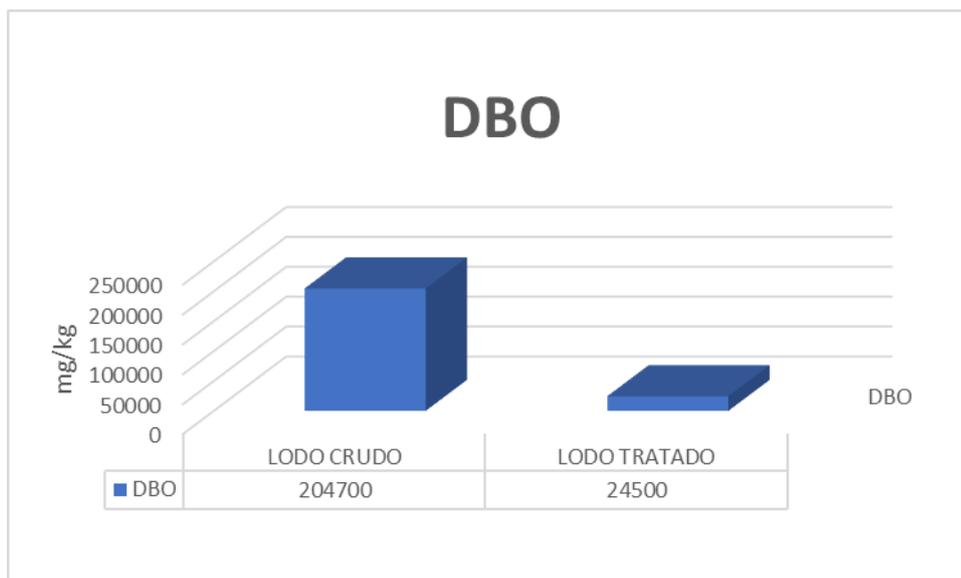


Ilustración 7 Gráfica de resultados de la DBO

Fuente: Autor

4.4 Análisis de Temperatura

La variación de la temperatura fue mínima, siendo de 27,8 °C a 29,7 °C aproximadamente, en el rango mesofílico se sabe que la digestión anaerobia de las aguas residuales se efectúa satisfactoriamente de entre 20 y 45 °C.

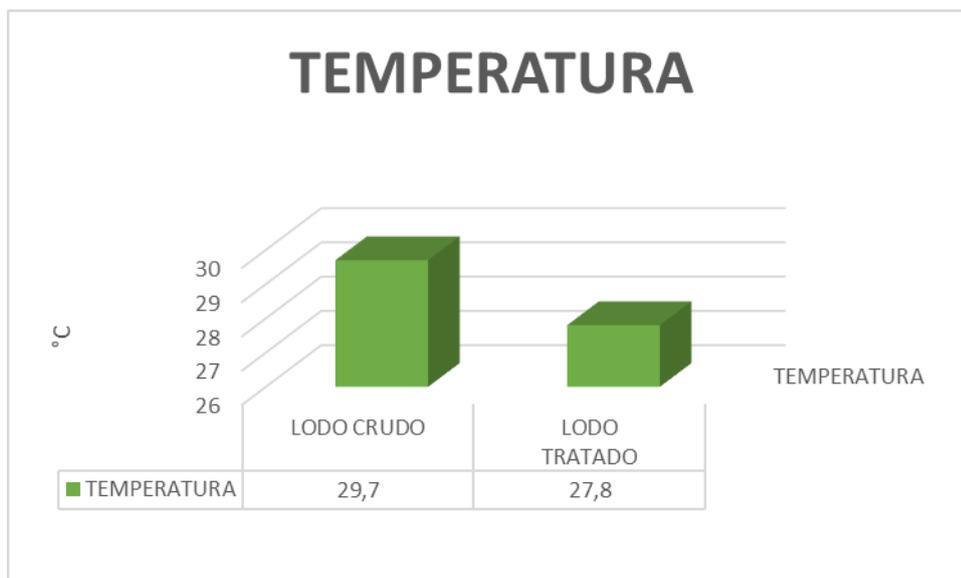


Ilustración 8 Gráfica de resultados de la temperatura

Fuente: Autor

4.5 Análisis de pH y densidad

En cuanto al pH se estuvo dentro del rango óptimo para la digestión anaerobia que es 7 y la densidad no tuvo mucha variación.

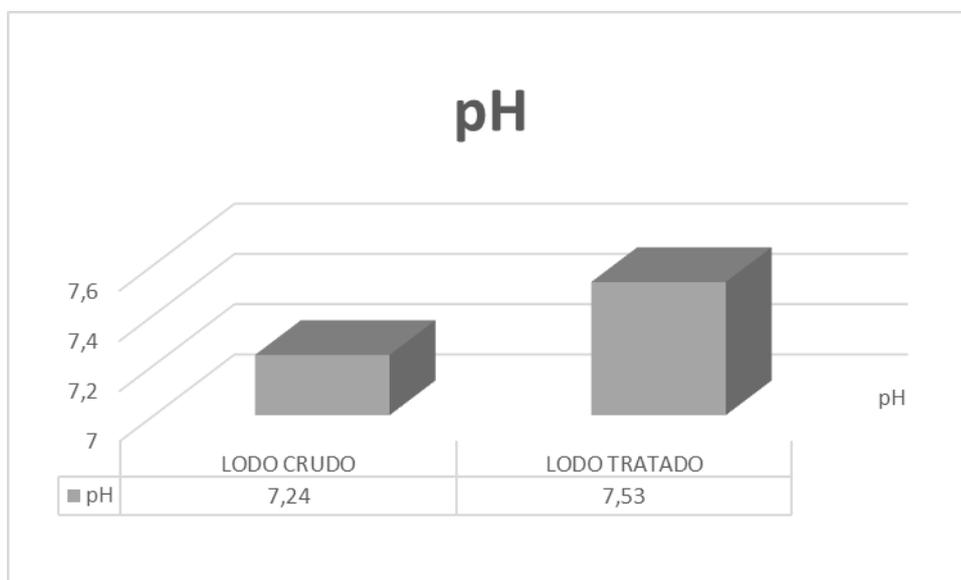


Ilustración 9 Gráfica de resultados del pH

Fuente: Autor

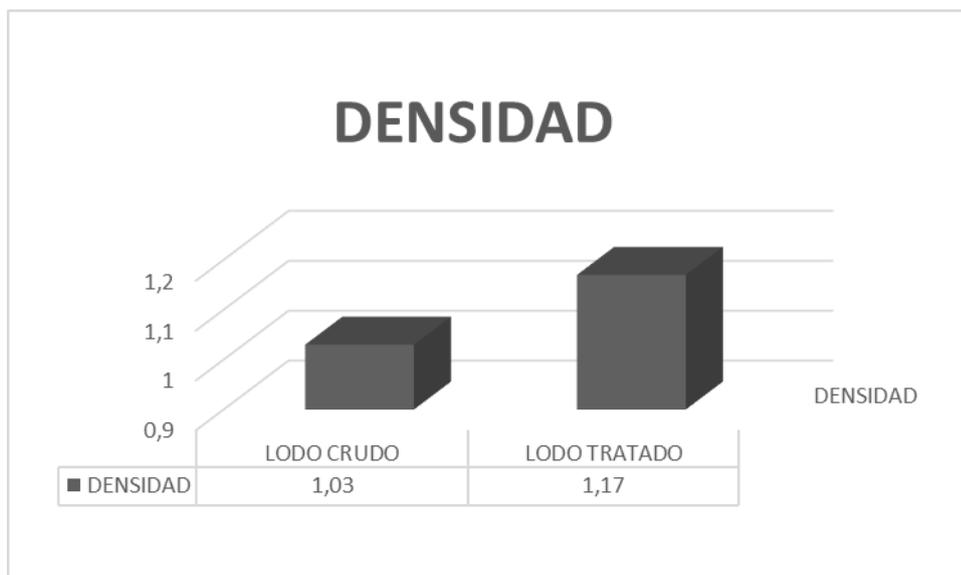


Ilustración 10 Gráfica de resultados de la densidad

Fuente: Autor

4.6 Análisis comparativo de la digestión anaerobia de baja tasa y alta tasa

PARÁMETRO	% DE REMOCIÓN	
	BAJA TASA	ALTA TASA
DBO	94%	88%
DQO	92%	90%
TIEMPO	30 días	12 días
COSTO(\$)	950	1400

Ilustración 11 Cuadro comparativo de % de eficiencias

Fuente: Autor

Los datos obtenidos de la aplicación de baja tasa son del trabajo de titulación antes mencionados.

Nos podemos dar cuenta que los resultados obtenidos son muy similares, obteniendo eficiencias altas tanto como para la DBO y DQO, se debe a que la temperatura dominante era la mesofílica.

En ambos métodos el consumo de energía es muy bajo, ya que no tiene que ser provisto oxígeno y también que la mayoría del material orgánico presente en el agua residual se convierte en biogás, pudiendo ser aprovechado con la finalidad de obtener energía, la misma que podría ser utilizada en la planta de tratamiento.

En cuanto a los tiempos de retención son más bajos para la digestión de alta tasa de 10 a 15 días, mientras que el de baja tasa 30 días, en el caso de alta tasa se necesitan volúmenes menores de los reactores debido a que los tiempos de retención son menores y esto significaría menores inversiones en la construcción de los mismos.

El incremento de dinero en el de alta tasa se debe al digestor anaeróbico que se puso en marcha, en cuánto a las eficiencias son muy parecidas. Entonces, uno de los factores importantes a determinar en cuál método emplear es el tiempo, siendo el de baja tasa el doble en dimensiones que del de alta tasa. Como se sabe la digestión anaerobia nos provee de subproductos, como el biogás y un bio-abono, entonces en el de alta tasa tendría el doble de estos productos aprovechables, lo que representaría una ventaja económica y ambiental en el período de operación de la planta.

CAPÍTULO 5

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El digestor de alta tasa trabaja en el rango mesofílico y con un tiempo de retención de 12 días, en el sistema de tratamiento de aguas residuales CEPT mediante la digestión anaerobia de lodos dieron resultados satisfactorios, removiendo un 88% de DBO y 90% de DQO en la utilización de este método.

El pH se mantuvo en un rango aceptable, la temperatura y la densidad no tuvieron rangos bruscos de variaciones e importante tener un control de la temperatura durante los días de operación del digestor.

La dosificación adecuada del cloruro férrico de 200 mg/l junto con el polímero aniónico al 1% de 0.15 mg/l trabajan de una manera eficiente como coagulante y floculante, permitiendo que la sedimentación del lodo sea en el menor tiempo posible.

El lodo luego del tratamiento sigue teniendo una carga muy alta, por lo que se debería implementar algún tratamiento adicional, pudiendo servir como una investigación futura.

5.2 Recomendaciones

Tener el lodo en el digestor anaeróbico durante el mayor tiempo de especificación, siendo 15 días, para obtener mejores eficiencias.

Usar la dosificación de cloruro férrico más eficiente para obtener la cantidad necesaria de lodo para los digestores e importante incluir manual de operación y mantenimiento del biodigestor.

El biogás que se obtiene es un agente corrosivo para los metales, en el proyecto se utilizó piezas de hierro fundido, por la dificultad de obtenerlas en el tamaño requerido

en el mercado local, por lo que se recomienda hacer mantenimientos periódicos de las mismas.

Importante continuar con el estudio de los productos obtenidos en este proyecto, especialmente del uso del biogás para extender su uso a otros sectores y no limitarlo al uso local.

REFERENCIAS

- Consejo de la unión Europea. (1991). *Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas*.
- García, A. (6 de Agosto de 2018). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. (Octubre de 2007). *IADE*. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_Digestores_Anaerobios_A2007_0d62926d.pdf
- Marquez, F. (2005). *Estudio de tratamiento de lodos provenientes de pisciculturas mediante un sistema de digestión anaerobio*. Chile: Universidad Católica de Temuco.
- Metcalf & Eddy. (1997). *Ingeniería de las aguas residuales*. McGraw-Hill.
- Vásconez, J. (2003). Impacto de los contaminantes.
- Yanez, F. (2010). *Digestión Anaeróbica*. Obtenido de <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacd/scan2/05862/05862-16.pdf>

ANEXOS



Ilustración 12 Caja de revisión de aguas residuales



Ilustración 13 Mantenimiento de la planta piloto



Ilustración 15 Planta piloto instalada



Ilustración 14 Tanque de mezcla rápida con 50 mg/l de Cloruro Férrico de concentración



Ilustración 17 Cloruro férrico y polímero aniónico



Ilustración 16 Recolección de lodos



Ilustración 18 Digestor de alta tasa



Ilustración 19 Digestor de alta tasa en funcionamiento



GARCIA CEDEÑO JONATHAN STEEVEN
Representante Legal: GARCIA CEDEÑO JONATHAN STEEVEN
Dirección: Mapasingue Oeste, Tel. 0985947124
Atención : Ing. Jonathan García

Guayaquil, 26 DE AGOSTO DEL 2019

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo:	2019/08/15 / 12:30 / Guayaquil - Tesis U.C.S.G
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2019/08/15 / 14:42
Punto e Identificación de la Muestra:	Lodo tratado
Matriz de la muestra:	Lodos
Muestreo Por/Muestreador/Tipo de Muestreo:	CLIENTE / CLIENTE / Simple
Duración de Muestreo:	---
Coordenadas Geográficas:	---
Norma Técnica de muestreo:	No Aplica
Muestreo Actividad Acreditada:	Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

AGREGADOS ORGÁNICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno s (1)	24500	mg/Kg	---	S2100	2019/08/16 LS
Demanda Química de Oxígeno (1)	28988,50	mgO2/kg	4928,05	PEE-GQM-FQ-16	2019/08/16 LS

INORGÁNICOS NO METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrogeno (1)	7,53	-	---	EPA 9045D	2019/08/16 ER

AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Densidad (1)	1,17	g/ml	---	2520 C	2019/08/16 ER

SIMBOLOGÍA:

--- No Aplica

4-D Venir al Límite Detectable

N.E. No Efectivo

NOMENCLATURA:

(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

(2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

(3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

(4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gov.ec

U K=2 Incertidumbre

E.P.A. Environmental Protection Agency

S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible

P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo



Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

¡IMPORTANTE!

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

Ilustración 20 Informe de los resultados del lodo tratado



GARCIA CEDEÑO JONATHAN STEEVEN
 Representante Legal: GARCIA CEDEÑO JONATHAN STEEVEN
 Dirección: Mapasingue Oeste, Tel. 0985947124
 Atención : Ing. Jonathan García

Guayaquil, 26 DE AGOSTO DEL 2019

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo:	2019/08/15 / 12:30 / Guayaquil - Tesis U.C.S.G
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2019/08/15 / 14:42
Punto e Identificación de la Muestra:	Lodo tratado
Matriz de la muestra:	Lodos
Muestreo Por/Muestreador/Tipo de Muestreo:	CUENTE / CUENTE / Simple
Duración de Muestreo:	---
Coordenadas Geográficas:	---
Norma Técnica de muestreo:	No Aplica
Muestreo Actividad Acreditada:	Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Ilustración 21 Informe de resultados del lodo tratado



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **García Cedeño, Jonathan Steeven** con C.C: # **1206309476** autor del trabajo de titulación: **Evaluación de la eficiencia de estabilización de los lodos obtenidos a partir de la operación del sistema de Tratamiento Primario Químicamente Mejorado (CEPT), mediante la aplicación del método de digestión anaeróbica de alta tasa**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **16 de septiembre del 2019**

f. _____

Nombre: **García Cedeño, Jonathan Steeven**

C.C: **1206309476**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación de la eficiencia de estabilización de los lodos obtenidos a partir de la operación del sistema de Tratamiento Primario Químicamente Mejorado (CEPT), mediante la aplicación del método de digestión anaeróbica de alta tasa		
AUTOR(ES)	Jonathan Steeven, García Cedeño		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	José Ernesto, Vásquez Gavilánez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de septiembre del 2019	No. DE PÁGINAS:	49
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ambiental, Hidráulica y Sanitaria		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Coagulación, floculación, cloruro, polímero, lodo, digestión anaerobia, alta tasa		
<p>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El presente trabajo de titulación tuvo la finalidad de evaluar la eficiencia del digester de alta tasa mediante la aplicación de tratamiento primario químicamente mejorado (CEPT) en las aguas residuales domésticas de la ciudad de Guayaquil, dentro de los análisis realizados se presentan las eficiencias de remoción reportadas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), resultados de la implementación del tratamiento primario químicamente mejorado.</p> <p>Para la recolección de las muestras se utilizó una planta piloto, que constaba del bombeo del agua residual doméstica hasta la planta piloto, el afluente llega al tanque de mezcla rápida donde se dosifica el cloruro férrico y el polímero, luego este pasa al tanque de coagulación y floculación y finalmente pasa al tanque clarificador, una vez obtenida la muestra se lo almacena en un digester de alta tasa, luego se procedió a la comparación de las eficiencias obtenidas para los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y</p>			



demanda química de oxígeno (DQO). Así mismo, un análisis comparativo con un trabajo anterior de digestión anaerobia de baja tasa.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-985947124	E-mail: jongar_96@hotmail.es
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos	
	Teléfono: +593-4 -2206956	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		