



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA QUESERA
LÁCTEOS NICOLE**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

NANCY NICOLE MOLINA ARMIJOS

DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS CEDEÑO ZAMBRANO, *MSc.*

Santo Domingo, enero 2019

© Universidad UTE. 2019
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719070169
APELLIDO Y NOMBRES:	Molina Armijos Nancy Nicole
DIRECCIÓN:	Urb. IERAC 69
EMAIL:	nancii.nicol@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	3749098
TELÉFONO MÓVIL:	0986822520

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales en la quesera Lácteos Nicole
AUTOR O AUTORES:	Molina Armijos Nancy Nicole
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	21 de enero de 2019
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. José Luis Cedeño Zambrano, <i>MSc.</i>
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="radio"/> POSGRADO <input type="radio"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Ambiental y Manejo De Riesgos Naturales
RESUMEN: Mínimo 180 y máximo 250 palabras	<p>La presente investigación se enfocó en diseñar un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales en la quesera Lácteos Nicole, para lo cual se calculó el volumen de agua residual producida por día. Se construyó un biodigestor anaeróbico a escala para determinar si el tiempo de retención adecuado fue 45 o 60 días, para ello se analizaron los parámetros grasas y aceites, DBO₅, DQO, pH, sólidos suspendidos totales y sólidos totales mediante análisis realizados por un laboratorio acreditado a los 0, 40 y 60 días para compararlos con los límites permisibles establecidos en la Tabla 8 del Anexo 6 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Pese a que la efectividad del biodigestor fue de 90,68%, no todos los parámetros cumplieron con los límites fijados en el TULSMA; por lo que se recomienda procesos como estabilizar el pH para mejorar el proceso anaerobio. Por último se diseñó un biodigestor de acuerdo a la cantidad de litros de agua residual que genera la quesera, así como también el área disponible con el que cuenta la instalación de tal forma que no presente inconvenientes o represente una limitante para el proceso normal de producción, y disminuyendo la contaminación producida hacia las fuentes hídricas y afectación a la flora y fauna de estas.</p>
PALABRAS CLAVES:	Contaminación, digestión anaerobia, agua residual, suero.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f:  _____


MOLINA ARMIJOS NANCY NICOLE
C.I. 1719070169

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MOLINA ARMIJOS NANCY NICOLE**, CI 1719070169, autora del trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA QUESERA LÁCTEOS NICOLE**, previo a la obtención del título de **INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad UTE.

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 graduación 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 BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

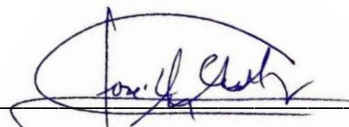
Santo Domingo, 21 de enero de 2019

f:  _____

MOLINA ARMIJOS NANCY NICOLE
C.I. 1719070169

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **DISEÑO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA QUESERA LÁCTEOS NICOLE** para aspirar al título de **INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** fue desarrollado por **MOLINA ARMIJOS NANCY NICOLE**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. José Luis Cedeño Zambrano
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I. 1712889250

CARTA DE CONFORMIDAD DE LA INSTITUCIÓN/EMPRESA AUSPICIANTE

“Lácteos Nicole”

Fecha, 12 de junio de 2018

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, MARLENE ELIZABETH ARMIJOS VIDAL con cédula de identidad N.- 171288488-9 en calidad de Gerente General de Lácteos Nicole autorizo a NANCY NICOLE MOLINA ARMIJOS, realizar la investigación para la elaboración de su proyecto de titulación “Diseño de un biodigestor como tratamiento de aguas residuales en la quesera Lácteos Nicole”, basada en la información proporcionada por la compañía.

 Lácteos
“NICOLE”
R.U.C. 1712884889001
Telf. 091 695 896
SANTO DOMINGO - ECUADOR

f. 

ARMIJOS VIDAL MARLENE ELIZABETH

171288488-9

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios por guiarme en el transcurso de mi vida, darme fuerza y valor para superar cada obstáculo que se me ha presentado.

A mi querida madre, quien con esfuerzo y dedicación me apoyó con mi formación académica, por ella he podido llegar a donde estoy y por quien voy a seguir avanzando cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme a la mejor madre del mundo y por bendecirme cada día con su presencia y bienestar.

Gracias a mi madre por su paciencia y confianza en mí, por ser un ejemplo a seguir y por el apoyo incondicional que siempre me brinda.

Agradezco también a mis amigos Ángel, Pamela Elizabeth, Mayra, Carmen, Jeanine y Hernán por su preciada amistad, estar conmigo y por la ayuda que me han brindado en algún momento.

Gracias a mi prima Génesis por su cariño y palabras de aliento para seguir adelante con esta propuesta.

Así mismo agradezco a los ingenieros José Luis Cedeño, Paúl González, y Elsa Burbano por su apoyo en el avance de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 MARCO TEÓRICO	4
1.1.1 DIGESTIÓN ANAEROBIA	4
1.1.1.1 Fases de la digestión anaerobia	4
1.1.1.2 Factores influyentes en la digestión anaerobia	6
1.1.2 BIODIGESTOR.....	7
1.1.3 CLASIFICACIÓN DE BIODIGESTORES	7
1.1.3.1 Sistemas Batch, discontinuos o por lotes	8
1.1.3.2 Sistemas Semicontínuos.....	9
1.1.3.3 Sistemas Continuos	9
1.2 OBJETIVOS	10
2. CONTENIDO TEÓRICO.....	11
2.1 LOCALIZACIÓN	11
2.2 METODOLOGÍA.....	11
2.2.1 MEDICIÓN DEL ÁREA.....	11
2.2.2 MEDICIÓN DEL VOLÚMEN DE AGUA RESIDUAL.....	11
2.2.3 CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTOR A ESCALA	11
2.2.4 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	13
2.2.4.1 Parámetros de evaluación	13
2.2.4.2 Estabilización de pH	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
3.1 PLANO DEL ÁREA	15
3.2 VOLÚMEN DEL AGUA RESIDUAL.....	16
3.3 ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS	17
3.3.1 Neutralización del pH.....	21
3.4 DISEÑO DEL BIODIGESTOR.....	23
3.4.1 VOLUMEN DEL BIODIGESTOR	23
3.4.2 ZANJA DEL BIODIGESTOR.....	24
3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO	25
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
4.1 CONCLUSIONES.....	26
4.2 RECOMENDACIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXOS	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	14
Tabla 2. Parámetros a los 0, 45 y 60 días	17
Tabla 3. Nivel de pH por dosis aplicada	22
Tabla 4. Dimensiones de diseño del biodigestor	25
Tabla 5. Costo Total	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de la digestión anaerobia y población de bacterias (Elías Castells, Flotats Ripoll, & Campos Pozuelo, 2012)	5
Figura 2. Clasificación de biodigestores	8
Figura 3. Sistema discontinuo o Batch (Samayoa, Bueso, & Viquez, 2012)..	8
Figura 4. Sistema continuo (Samayoa, Bueso, & Viquez, 2012)	9
Figura 5. Esquema de biodigestor a escala	13
Figura 6. Plano de la quesera Lácteos Nicole	15
Figura 7. Aceites y grasas post tratamiento	18
Figura 8. Demanda Bioquímica de Oxígeno post tratamiento	18
Figura 9. Demanda Química de Oxígeno post tratamiento.....	19
Figura 10. pH post tratamiento.....	20
Figura 11. Sólidos Totales post tratamiento	20
Figura 12. Sólidos Suspendidos Totales post tratamiento.....	21

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. BIODIGESTOR A ESCALA	32
ANEXO 2. NEUTRALIZACIÓN DE pH.....	33
ANEXO 3. ANÁLISIS DE LABORATORIO 1.....	35
ANEXO 4. ANÁLISIS DE LABORATORIO 2.....	36
ANEXO 5. ANÁLISIS DE LABORATORIO 3.....	37
ANEXO 6. DIMENSIONAMIENTO DE LA FOSA.....	38
ANEXO 7. DISEÑO DE BIODIGESTOR.....	39
ANEXO 8. UBICACIÓN DEL BIODIGESTOR.....	40

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en diseñar un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales en la quesera Lácteos Nicole, para lo cual se calculó el volumen de agua residual producida por día. Se construyó un biodigestor anaeróbico a escala para determinar si el tiempo de retención adecuado fue 45 o 60 días, para ello se analizaron los parámetros grasas y aceites, DBO₅, DQO, pH, sólidos suspendidos totales y sólidos totales mediante análisis realizados por un laboratorio acreditado a los 0, 40 y 60 días para compararlos con los límites permisibles establecidos en la Tabla 8 del Anexo 6 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Pese a que la efectividad del biodigestor fue de 90,68%, no todos los parámetros cumplieron con los límites fijados en el TULSMA; por lo que se recomienda procesos como estabilizar el pH para mejorar el proceso anaerobio. Por último se diseñó un biodigestor de acuerdo a la cantidad de litros de agua residual que genera la quesera, así como también el área disponible con el que cuenta la instalación de tal forma que no presente inconvenientes o represente una limitante para el proceso normal de producción, y disminuyendo la contaminación producida hacia las fuentes hídricas y afectación a la flora y fauna de estas.

Palabras clave: Contaminación, digestión anaerobia, agua residual, suero.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la demanda de agua dulce está en constante aumento y los escasos recursos hídricos son cada vez más amenazados por la captación excesiva, la contaminación y el cambio climático (WWAP, 2017). Pese a que las aguas servidas son parte de la gestión del ciclo del agua, generalmente, luego de que el agua ya ha sido utilizada se la considera meramente como una carga a ser desechada o simplemente ignorada (Rodríguez & Vargas Chaves, 2017). En todos los países, a excepción de los más desarrollados, cerca del 80 % de las aguas residuales se vierten directamente al medio ambiente sin previo tratamiento. La indiferencia ante esta problemática ha tenido efectos como el deterioro de los ecosistemas acuáticos y las enfermedades transmitidas por el agua que proviene de suministro de agua dulce contaminada, produciendo repercusiones a largo plazo en el bienestar de las comunidades y los medios de subsistencia de las personas (OMS, 2018).

Debido al incremento de la escasez de agua se empieza a reconocer la importancia de la recolección, tratamiento y reutilización de las aguas residuales, las cuales ya no deben considerarse un problema que necesita solución, más bien, son parte de la solución ante las dificultades que encaran las comunidades (De Anda Sánchez, 2017). De 181 países, únicamente 55 contaban con información relacionada a la generación, tratamiento y utilización de aguas residuales; los países restantes contaban con escasa o nula información. Además la mayoría de los países que sí contaban con información, esta era desactualizada. La presente realidad impide realizar actividades de investigación y desarrollo necesarias para diseñar tecnologías innovadoras y adaptar las existentes a las necesidades y características locales (WWAP, 2017).

En la República del Ecuador, los recursos hídricos son explotados para satisfacer las múltiples necesidades que dependen del agua. Debido a la transformación que sufre el agua por su uso, casi todos los ríos cercanos a las áreas urbanas tienen altos niveles de coliformes, DBO, nitrógeno y fósforo; afectando en forma negativa al entorno ambiental y colocando a la biodiversidad nativa de los cuerpos receptores en una situación peligrosa degradando genéticamente la fauna y flora (CEPAL, 2012).

Los principales elementos de contaminación a cuerpos hídricos en el Ecuador son el uso indiscriminado e indebido de productos químicos en la agricultura, desechos humanos urbanos, tóxicos de industrias y fábrica, la salinización por presencia de los desagües de camaroneras, y contaminación en zonas auríferas, principalmente por mercurio. Esta polución no solo es consecuencia por su mala utilización sino también debido a la baja capacidad institucional en el manejo y gestión del agua (Pazmiño-Rodríguez, Zambrano-Ganchozo,

& Coello-Burgos, 2018). Respecto a la contaminación por actividad industrial, Quito y Guayaquil son las ciudades más contaminantes, seguidas por las ciudades que han despegado industrialmente en los últimos años como Cuenca, Ambato y Santo Domingo de los Colorados (CEPAL, 2018).

Una de las cinco actividades con mayor crecimiento a nivel nacional es la industria quesera, constituyendo a la vez una de las industrias más contaminantes a razón de que casi toda el agua consumida en el proceso productivo se convierte en agua residual con una gran carga contaminante siendo fundamentalmente de carácter orgánico (Conde-Báez, Castro-Rosas, Villagómez-Ibarra, Páez-Lerma, & Gómez-Aldapa, 2017). En la elaboración de queso el residuo principal que aporta esta carga orgánica es el suero lácteo, el cual es considerado como uno de los contaminantes más severos debido a que su continua descarga representa una alta amenaza ocasionando un rápido consumo de oxígeno, grasas de flotación, formación de espuma, salinización, eutrofización, acidificación, generación de mal olor, entre otros (Parra Huertas, 2015). Habitualmente se consideraba que las aguas residuales provenientes de la industria alimentaria causaban pocos o ningún problema cuando en realidad la industria alimentaria es la responsable de más del 50 % de la carga contaminante biodegradable de origen industrial a nivel mundial (Montalván-Estrada, Aguilera-Corrales, Veitia-Rodríguez, & Brígido-Flores, 2016).

Aquellas unidades productivas dedicadas a la elaboración de queso artesanal producen un 80% de suero lácteo como subproducto, siendo aprovechado para la elaboración de requesón o como alimento para animales, sin embargo la mayoría de las veces es desechado a los ríos y suelos, contaminando el medio ambiente (Montesdeoca, Benítez, Guevara, & Guevara, 2017). Lo que respecta a la ciudad de Santo Domingo en cuanto a este subproducto es que, junto con el resto de agua residual generada en la etapa de producción, es vertido directamente al sistema de alcantarillado sin un previo tratamiento, causando un impacto negativo crítico en las fuentes hídricas, ocasionando contaminación en las mismas y afectando la calidad de vida de los seres vivos que usan el agua de los ríos donde se producen las descargas (Román-Calero, 2015).

Con el fin de disminuir la contaminación y el agotamiento de recurso agua se han desarrollado diversas medidas para el tratamiento de aguas residuales, siendo los tratamientos aerobios y anaerobios alternativas atractivas para la depuración de aguas, pues ambos procesos cumplen con el fundamento de consumo de la materia orgánica por parte de los microorganismos, produciendo nuevo material celular o gas (Sánchez-Góngora, Peón-Escalante, Cardona-Juárez, Ortega-Arroyo, & Urriolagoitia-Calderón, 2016).

Seleccionar el sistema más conveniente a implementar depende de las características del efluente a tratar y de las condiciones finales que debe

cumplir éste para su evaluación. El tratamiento anaerobio resulta ser un proceso acertado en algunos residuos industriales, en este caso vertidos de industria láctea, pues se basa en la transformación de la materia orgánica a través de una tecnología sostenible de bajo costo, consumo energético y de fácil implementación (Lopez-Vazquez, Buitrón-Méndez, García, & Cervanes-Carrillo, 2017). El más conocidos e implementado es el biodigestor, debido a que aprovecha la digestión anaerobia de los microorganismos que ya habitan en el efluente para depurar el agua (Hurtado-Rivera, Hernández-Carbajal, Díaz-Martínez, & García-Vargas, 2016).

La quesera Lácteos Nicole es una procesadora de queso artesanal que durante la producción genera como residuo suero lácteo. Una parte de este residuo es entregado a terceros como alimento para animales, mientras que el resto es desechado al sistema de alcantarillado, al igual que el agua usada para limpieza; cuyo destino final es una de las microcuencas que alimentan el río Chiguilpe. A razón de ello se optó por el diseño de un biodigestor como posible solución para tratar las aguas residuales antes de verterlas al alcantarillado y a su vez cumplir con los requerimientos establecidos en el TULSMA Libro VI Anexo 1 tabla 8 (Rodríguez Miranda, García Ubaque, & Pardo Pinzón, 2015), contribuyendo de esa forma con el ambiente al dejar de ser un foco de contaminación en la ciudad, mejorando su imagen ante la comunidad y evitando conflictos con la autoridad ambiental (Rodríguez Reyes & Cuevas Rodríguez, 2016).

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaerobia es un proceso biológico de fermentación, que por medio de la actividad bacteriana transforma los residuos orgánicos dentro del reactor disminuyendo su nivel de contaminación y generando biogás, compuesto en su mayoría por metano y dióxido de carbono (Neumann & Jeison, 2015). Este proceso puede ser aplicado para tratar diferentes tipos de desechos orgánicos, incluyendo aguas residuales industriales y municipales (Lagunes-Paredes, Montes-Carmona, Vásquez-Márquez, & Cárdenas-Guevara, 2016).

1.1.1.1 Fases de la digestión anaerobia

La digestión anaerobia se caracteriza por la existencia de tres fases presentes en la degradación del sustrato con la intervención de diversas poblaciones bacterianas (Figura 1). Cada etapa se caracteriza por los microorganismos que actúan en ellas, por tanto tendrán diferentes velocidades de crecimiento y sensibilidad a los compuestos que se generen y actúen como inhibidores (Elías Castells, Flotats Ripoll, & Campos Pozuelo, 2012).

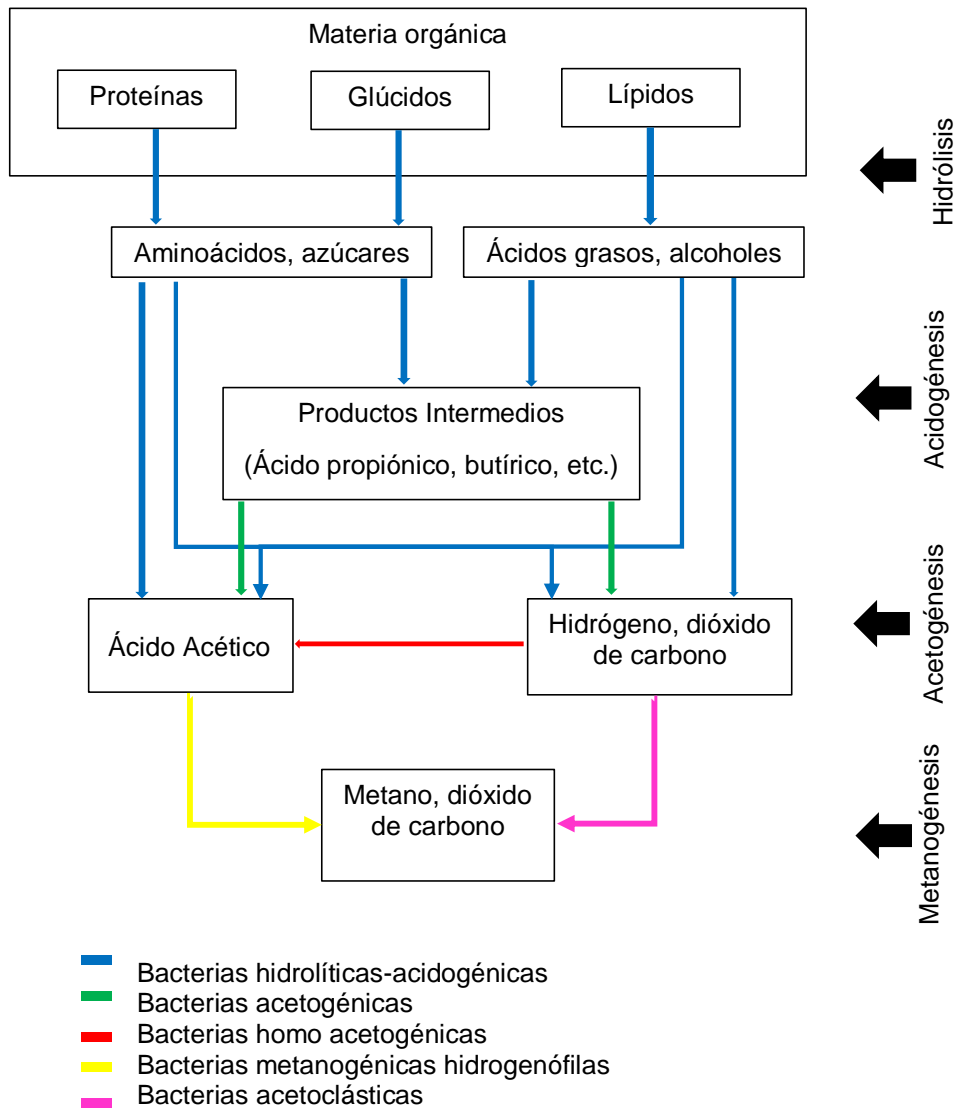


Figura 1. Fases de la digestión anaerobia y población de bacterias (Elías Castells, Flotats Ripoll, & Campos Pozuelo, 2012)

- Fase hidrolítica

Los compuestos orgánicos complejos, como proteínas, lípidos polisacáridos, son despolimerizados por la acción de enzimas hidrolíticas en moléculas solubles y fáciles de degradar. Esta fase es llevada a cabo por las bacterias hidrolíticas-acidogénicas, que son hongos y levaduras (Fernández Ganzález, y otros, 2015).

- Fase acidogénica

Las moléculas sencillas resultantes de la etapa hidrolítica son transformadas por acción de bacterias acidogénicas en ácidos orgánicos de cadena corta (ácido propiónico, butírico, etc.), hidrógeno y dióxido de carbono (Fernández Ganzález, y otros, 2015).

- Fase acetogénica

Los compuestos resultantes en la fase acidogénica son descompuestos por las bacterias acetogénicas, produciendo ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono (Fernández Ganzález, y otros, 2015).

- Fase metanogénica

En esta etapa ocurren dos procesos realizados por dos poblaciones microbianas diferentes, las bacterias metanogénicas hidrogenófilas que a partir del hidrógeno y dióxido de carbono generan agua y metano. Y las bacterias acetoclásticas, las cuales transforman el ácido acético en dióxido de carbono y metano (Fernández Ganzález, y otros, 2015).

1.1.1.2 Factores influyentes en la digestión anaerobia

Aun siendo un proceso sencillo, existen factores de los que depende el éxito de la digestión anaerobia, los más importantes son:

- Temperatura

La actividad biológica dentro del reactor depende de la temperatura, aunque la degradación anaerobia puede ocurrir en un amplio rango de temperaturas que van desde los 5°C hasta los 60°C, es necesario tratar de mantener un microclima cálido en el biodigestor para lograr una tasa de producción de biogás alta. Si bien la actividad biológica y la producción de biogás aumentan con la temperatura, debe procurarse tener cuidado de que la temperatura dentro del reactor no aminore ya que retardaría la producción de metano, permitiendo una excesiva acumulación de ácidos y una posible falla en el biodigestor (Rivas Solano, Faith Vargas, & Guillén Watson, 2010).

- Tiempo de retención hidráulica (TRH)

El tiempo de retención hidráulica es el tiempo medio en el que la mezcla de componentes que entran al digestor permanecen dentro de la cámara de digestión mientras las bacterias digieren el sustrato orgánico contenido. Este tiempo depende de la temperatura de la zona donde se vaya a instalar el biodigestor, pues a medida que la temperatura aumenta el TRH disminuye; reduciendo el volumen requerido para degradar la misma cantidad de materia orgánica. De modo que este factor depende de la concentración, tipo de residuo a degradar y la temperatura a la cual va a operar el biodigestor (Tapia Tapia, 2016).

Se exige mucho cuidado para la determinación del TRH pues un lapso de fermentación menor al necesario podría ocasionar que no se aproveche todo el potencial de la materia orgánica, mientras que, si el lapso de fermentación supera el tiempo adecuado puede causar una inhibición de la producción de

metano por la falta de alimento de las bacterias metanogénicas (Hernández-Gómez, Olvera-García, Guzmán-Tinajero, & Morillón-Gálvez, 2017).

- pH

Para una digestión anaerobia óptima el nivel de pH debe ser de 5,5-6,5, es decir, tratar de mantenerlo neutral; cualquier cambio en los niveles de pH puede afectar el proceso anaerobio, si el pH desciende ocurriría una inhibición en el crecimiento de las bacterias metanogénicas, disminuyendo la producción de metano y generando olores desagradables (Parra-Orobio, y otros, 2014). Cabe resaltar que en toda digestión anaerobia el pH disminuye conforme la población bacteriana crece a razón de que las características físico químicas del sustrato incorporado tiene su propio pH, no obstante se recupera durante la etapa metanogénica (Coss, y otros, 2015). En caso de que el pH de la materia orgánica sea bajo inhibirá la actividad de los microorganismos, por ello, para controlar el pH el reactor debe ser alimentado con óxido de carbono, hidróxido de calcio o carbonato de calcio (Pérez Martín, Armenteros Ordóñez, & Hernández Touse, 2016).

1.1.2 BIODIGESTOR

Un biodigestor es un contenedor cerrado, impermeable y hermético para impedir la entrada de oxígeno. Dentro se deposita el material orgánico a fermentar, generalmente por un tiempo aproximado de 35 a 45 días; el lapso varía según el tipo de material orgánico (Osejos-Merino, Jaramillo-Véliz, Merino-Conforme, Quimis-Gómez, & Alcívar-Cobeña, 2018).

1.1.3 CLASIFICACIÓN DE BIODIGESTORES

Los biodigestores son de varias formas, tamaños y materiales; se pueden clasificar de diferentes maneras, según el tipo de residuo orgánico, carga orgánica, modo de operación, etc. La clasificación general es de acuerdo a los sistemas de digestión anaerobia (Figura 2).

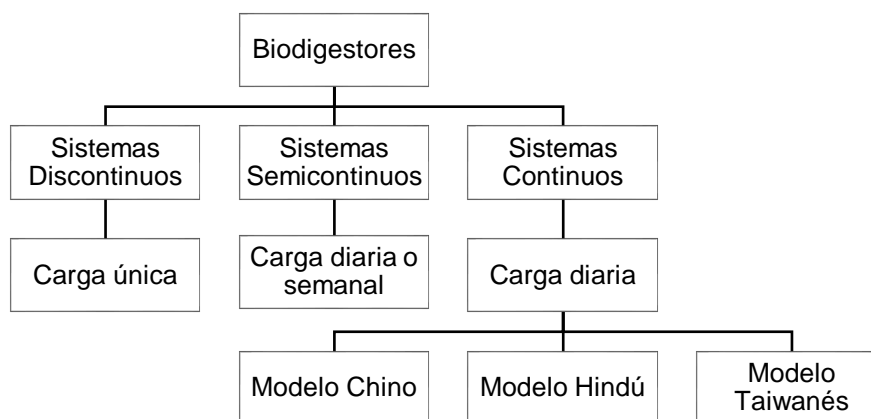


Figura 2. Clasificación de biodigestores

1.1.3.1 Sistemas Batch, discontinuos o por lotes

Son tanques herméticos en donde la materia orgánica es cargada sólo una vez, y permanecen cerrados hasta que cumpla el tiempo de retención fijado (Figura 3) y se descargan cuando haya concluido la producción de biogás (Reyes Aguilera, 2017). Este sistema es apropiado para cargar todo tipo de materiales de fermentación, a diferencia de los biodigestores de sistema continuo que no son aptos para material celuloso ya que provoca taponamiento en los conductos de entrada y salida del reactor. Una de las desventajas de los biodigestores discontinuos es que su tiempo de producción útil es relativamente bajo ya que solo cuenta con el sustrato alojado en un principio por lo que si se requiere una generación constante de biogás estos pueden conectarse en serie pues cada reactor opera en diferente etapa (Morales Sánchez, Morales Sánchez, & Holguín Quiñones, 2015).

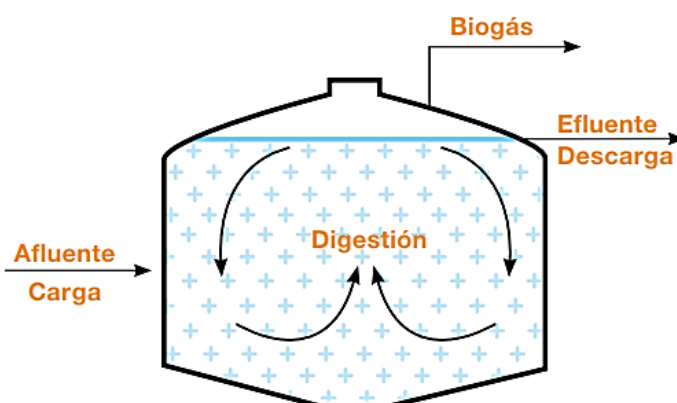


Figura 3. Sistema discontinuo o Batch (Samayoa, Bueso, & Viquez, 2012)

1.1.3.2 Sistemas Semicontinuos

Estos biodigestores se alimentan de biomasa con menos frecuencia que los de sistemas continuos, ya sea una vez al día o a la semana. Al cargar y descargar de manera periódica, su tiempo de producción útil es mayor al de los sistemas discontinuos. Generalmente el requerimiento de mano de obra para su construcción es bajo (García Luna, 2015).

1.1.3.3 Sistemas Continuos

Son aquellos biodigestores que se cargan de material orgánico de manera constante aprovechando la biomasa diariamente, y el tiempo de retención requerido es menor en comparación con el necesario para los sistemas discontinuos (Figura 4). Esta clasificación abarca diferentes tipos de biodigestor, como los biodigestores de mezcla completa, filtro anaerobio, lecho de lodos, tubulares, de cúpula fija y móvil, entre otros. Pese a la complejidad de algunos modelos el sistema continuo es el más utilizado, principalmente para el tratamiento de aguas residuales. (Samayoa, Bueso, & Víquez, 2012).

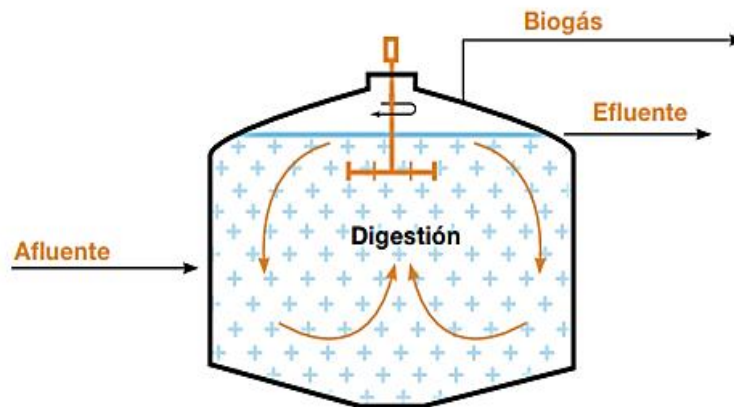


Figura 4. Sistema continuo (Samayoa, Bueso, & Víquez, 2012)

Los digestores de sistema continuo más utilizados son:

- Biodigestor Chino o de cúpula fija

Es un tanque cilíndrico con la parte superior e inferior en forma de domo; construido con concreto, ladrillos, piedra u hormigón y totalmente enterrado. Recibe la carga orgánica a través de un conducto dirigido al interior del biodigestor; al no poseer gasómetro integrado el gas producido se acumula generando presión forzando al líquido a subir de nivel hasta dirigirse a un depósito externo en la parte superior. Es de fácil manejo y funcionabilidad con una vida útil mayor a 15 años si se le brinda buen mantenimiento (Arias-Lafargue & López-Ríos, 2015).

- Biodigestor Hindú o de campaña flotante

Está compuesto por un reactor de estructura vertical, semejante a un pozo; hecho de ladrillo reforzado con hormigón, su principal componente es la campana o cúpula flotante de material anticorrosivo ubicado sobre la cámara de digestión para almacenar el biogás. Se encuentra enterrado con el fin de usar a la tierra como aislante a la pérdida de calor y como soporte para contrarrestar la presión hidrostática dentro de la cámara. Es un modelo costoso y requiere de bastante mantenimiento (Molares-Ibarra, Salazar-Valle, Miranda-Herrera, & Madrid- González, 2016).

- Biodigestor Taiwanés o tubular

Este tipo de biodigestor, también conocido como biodigestor de bolsa o balón, es un modelo de bajo costo elaborado con plástico inflable. La estructura de la cámara de digestión consiste en un cilindro de plástico impermeable a gases y líquidos, depositado en forma horizontal en una zanja excavada previamente en el suelo; a medida que la bolsa se infla lentamente, el gasómetro se va llenando. Su duración es de cinco a diez años pero fácil de reemplazar (García Zabaleta, Alamo Viera, & Aldana, 2017). Son los más difundidos por toda Latinoamérica, incluyendo Ecuador, a pequeña y mediana escala debido a que son económicos y sencillos de instalar (Ministerio del Ambiente, 2015).

1.2 OBJETIVOS

El objetivo general de esta propuesta tecnológica es diseñar un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales en la quesera Lácteos Nicole, el cual se pretende alcanzar mediante los siguientes objetivos específicos:

- Calcular la cantidad de agua residual producida en la quesera Lácteos Nicole.
- Identificar las características del agua residual resultantes de la elaboración de queso.
- Diseñar el biodigestor y determinar el costo de la implementación del biodigestor en la quesera.

2. CONTENIDO TÉCNICO

2. CONTENIDO TEÓRICO

2.1 LOCALIZACIÓN

El estudio fue llevado a cabo en la Quesera Lácteos Nicole, ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados perteneciente a la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, a una latitud de $0^{\circ}15'49.43''S$ y una longitud de $79^{\circ}9'41.96''O$. Santo Domingo es considerada la cuarta ciudad más grande del Ecuador, a una altitud de 655 msnm con una temperatura media de $22,9^{\circ}C$ y un volumen de precipitaciones de 3000 a 4000 mm anuales (GAD Municipal Santo Domingo, 2017). De acuerdo al sistema de Holdridge, Santo Domingo se encuentra en una zona de vida denominada Bosque Húmedo Tropical Premontano (Cañadas Cruz, 1983).

2.2 METODOLOGÍA

2.2.1 MEDICIÓN DEL ÁREA

Para determinar el espacio disponible para la construcción del biodigestor se midió el perímetro total de la quesera, incluyendo el ya usado por las instalaciones para diseñar un plano del lugar en el programa AUTOCAD y calcular el área con las dimensiones obtenidas.

2.2.2 MEDICIÓN DEL VOLÚMEN DE AGUA RESIDUAL

Debido a la imposibilidad de medir el caudal directamente en el desagüe, se calculó el volumen de agua usado por día y el volumen de suero residual producido diario de acuerdo a la cantidad de litros que receptan y el rendimiento de kilogramos de queso por litro y kilogramos de requesón por litro de suero.

2.2.3 CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTOR A ESCALA

Se construyó un biodigestor a escala (Figura 5) llenándolo de agua residual durante 60 días con el fin de tomar muestras del agua residual tratada a los 45 y 60 días y determinar si el proceso de digestión anaeróbica funciona para la depuración de aguas residuales de la quesera.

Los pasos realizados para su construcción fueron los siguientes:

- Reactor: el biodigestor a escala fue construido empleando un tanque plástico con capacidad de 200 L como reactor, el cual ya vino con tapa y cincho para asegurar que al cerrarlo no escape el gas.

Materiales: tanque de 200 L, tapa y cincho (anillo metálico).

- Alimentador: fue por donde ingreso el agua residual. La tapa del tanque adquirido ya contenía dos entradas, de diferente diámetro cada una, situadas en polos opuestos por lo que no hubo necesidad de cortar orificios de entrada y salida. El alimentador fue colocado en la entrada de mayor tamaño; su elaboración consistió en un neplo de 2" puesto en el acceso e ingresando un metro de tubo PVC 2" en este, fijándolo con pegamento para tubos PVC. Debido a que no encajaba en la entrada se cortó en dos partes, las cuales se unieron a través de 0,3 m de manguera de 1 ½", pues al ser flexible ajustó con facilidad; y por último se colocó una tapa sanitaria de 2" en el extremo del tubo con el fin de evitar el ingreso de oxígeno dentro del reactor luego de la alimentación. Se tomó en cuenta que el alimentador no toque la superficie del reactor ya que afectaría el proceso anaerobio.

Materiales: neplo de 2", 1 m de tubo PVC 1 de 2", tapa sanitaria de 2", 0,3 m de manguera de 1 ½", cinta teflón, sierra y pegamento para tubos PVC.

- Salida del agua: con un taladro de broca plana o de pala, se perforó un agujero de una pulgada de diámetro en la parte inferior del tanque a 15 cm del piso; se procuró mucho cuidado al momento de la perforación pues un mal movimiento podía dejar un acceso irregular y posible fuga de agua. Luego se unió una válvula PVC de 1" a la abertura mediante un adaptador de tanque de 1". Como extra para asegurar que sea hermético se añadió arcilla epoxi alrededor del neplo.

Materiales: Taladro de broca plana, adaptador de tanque de 1", válvula PVC de 1", lija y arcilla epoxi.

- Salida del gas: en el orificio pequeño de la tapa se puso un neplo de ¾" a la cual se acopló una válvula esférica de ¾" vinculada a un metro de manguera y asegurada con una abrazadera de ¾"; dirigida al interior de una botella plástica con agua hasta la mitad del envase, con el propósito de que el gas que se formó se dirigiera al agua pues uno de los objetivos de esta propuesta fue tratar el agua residual, no la producción biogás.

Materiales: neplo de ¾", válvula esférica de ¾", una abrazadera de ¾", 1 m de manguera ¾", botella plástica de 1 L, cinta teflón, pegamento para tubos PVC y 1 m de piola.

1. Tanque 200 L
2. Tapa
3. Cincho (anillo metálico)
4. Neplo 2"
5. Tubo PVC 2"
6. Tapa sanitaria 2"
7. Neplo 3/4"
8. Válvula esférica 3/4"
9. Manguera
10. Abrazadera 3/4"
11. Adaptador para tanque 1"
12. Válvula PVC 1"
13. Masilla Epoxi
14. Agua Residual
15. Botella plástica
16. Agua

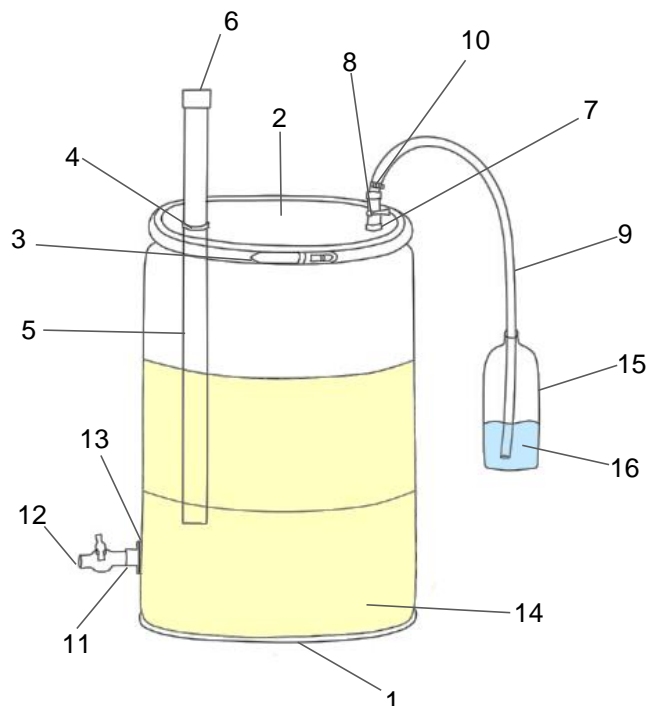


Figura 5. Esquema de biodigestor a escala

Una vez construido el digestor se cargó con 160 L de agua residual, en el mes de Agosto de 2018. El reactor no fue llenado a toda su capacidad ya que era necesario dejar espacio disponible para el gas emanado por la digestión anaerobia.

2.2.4 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Se monitoreo el funcionamiento del biodigestor a escala realizando análisis de agua a los 0, 45 y 60 días. La toma de muestras y análisis de agua fueron realizados por el Laboratorio Guijarro Lasa, que al ser acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) garantizó confianza en los resultados obtenidos. Se compararon los resultados entre sí para analizar el avance de la digestión y la disminución de la carga contaminante.

2.2.4.1 Parámetros de evaluación

A razón de verificar que los parámetros del agua residual tratada cumplieran con los límites de descarga al sistema de alcantarillado público establecidos en la Tabla 8 del Anexo 6 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; se compararon los resultados de los análisis de agua realizados con la normativa.

Como la tabla abarca una larga lista de parámetros dirigidos a diferentes actividades productivas se enfocó únicamente en los parámetros relacionados con aguas residuales de queseras artesanales, los cuales fueron grasas y

aceites, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), pH, sólidos disueltos totales, sólidos totales suspendidos y sólidos totales (Tabla 1).

Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos Totales	ST	mg/l	1 600,0

(Ministerio del Ambiente, 2015)

2.2.4.2 Estabilización de pH

Con el fin de neutralizar el pH se tomó una muestra de 1 litro del agua tratada a los 119 días para medir y estabilizar el pH en las instalaciones del laboratorio químico de la Universidad UTE. Para la estabilización se preparó 250 mL de solución de óxido de calcio (CaO) al 20 %, teniendo en cuenta que el CaO tenía una pureza del 90 %. A continuación se calculó los gramos de óxido de calcio necesarios a mezclar con el agua destilada, luego la cantidad de óxido de calcio calculado y el agua destilada fueron aforados en 250 mL, mezclando hasta obtener una homogenización.

Después se leyó el nivel de pH inicial del agua residual tratada, con el uso de un electrodo, para posteriormente agregar dosis de 10 mL de la solución preparada hasta alcanzar un pH de 7. De acuerdo al resultado obtenido se calculó la cantidad de óxido de calcio por litro necesario para neutralizar el pH.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PLANO DEL ÁREA

Mediante el uso de AUTOCAD se elaboró un plano, acotado en metros, de la quesera Lácteos Nicole donde se muestran las instalaciones que la componen y determinar el espacio disponible para la instalación de un biodigestor anaeróbico.

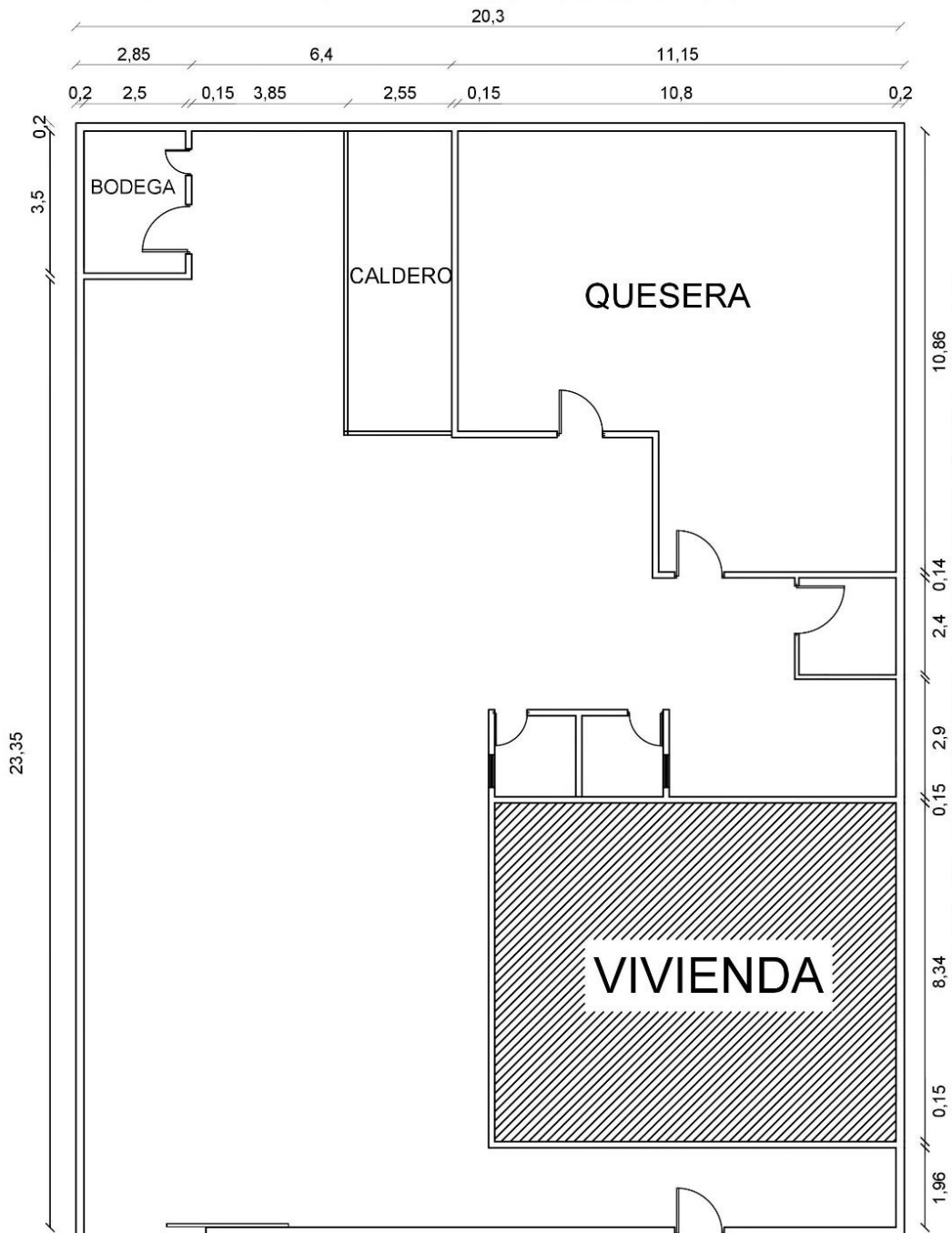


Figura 6. Plano de la quesera Lácteos Nicole

El terreno tiene forma rectangular, por lo tanto se calculó el área total y disponible usando la fórmula de área del rectángulo.

$$A = b \times h \quad [1]$$

Donde:

A= área

b= base

h= altura

Área total

$$A_T = 20,3 \text{ m} \times 26,85 \text{ m}$$

$$A_T = 545,06 \text{ m}^2$$

Área disponible

$$A_D = (23,35 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) + (26,85 \text{ m} \times 3,85 \text{ m}) + (19,61 \text{ m} \times 3,56 \text{ m})$$

$$A_D = 58,38 \text{ m}^2 + 103,37 \text{ m}^2 + 69,81 \text{ m}^2$$

$$A_D = 231,56 \text{ m}^2$$

El área total perteneciente a la quesera es de 545,06 m², de los cuales el espacio disponible para la construcción del biodigestor es de 231,56 m².

3.2 VOLÚMEN DEL AGUA RESIDUAL

La quesera Lácteos Nicole trabaja con 3000 litros diarios de leche, de los cuales se produce 1 libras de queso por cada 2,5 litros de leche.

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ lb} & & 2,5 \text{ L} \\ & \searrow & \nearrow \\ x & & 3000 \text{ L} \end{array}$$

$$x = \frac{1 \text{ lb} \times 3000 \text{ L}}{2,5 \text{ L}}$$

$$x = 1176,47 \text{ lb}$$

$$x = 533,64 \text{ kg de queso diarios}$$

Puesto que 1 kg es igual a 1 L, al restar los kg de queso diarios se obtiene la cantidad de suero producido, del cual se restan 1000 L que son regalados como alimento para animales.

$$3000 \text{ L de leche} - 533,64 \text{ kg de queso} = 2466,36 \text{ L de suero}$$

$$2466,6 \text{ L de suero} - 1000 \text{ L de suero regalado} = 1466,6 \text{ L de suero}$$

Los aceites y grasas del agua residual pasaron de 165,00 mg L⁻¹ a los 0 días a 21,50 mg L⁻¹ a los 60 días (Figura 7), reduciendo su presencia un 86,97 % y cumpliendo con los límites permisibles (Tabla 2).

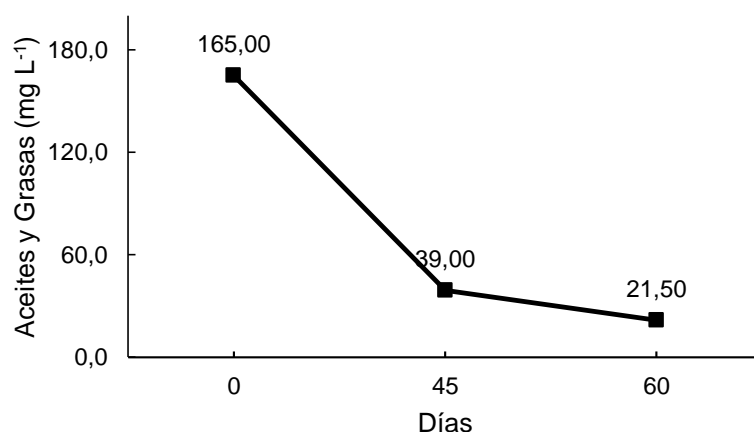


Figura 7. Aceites y grasas post tratamiento

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para oxidar de manera anaerobia la materia orgánica presente en el efluente (Nogués, Daniel, & Rezeau, 2010). La DBO₅ del agua residual de la quesera disminuyó un 89,25 %, reduciendo su carga de 27900 mg L⁻¹ a 3000 mg L⁻¹ durante 60 días dentro del biodigestor (Figura 8). Sin embargo esta concentración no cumple con los límites establecidos por la norma (Tabla 2) pues está formada en su mayoría por suero lácteo el cual contiene de 40000 a 60000 mg L⁻¹ de DBO₅, teniendo como principales componentes la lactosa, proteínas, grasas y minerales; agregando una carga orgánica alta al agua residual (Cury Regino, Arteaga Márquez, Martínez Flórez, Luján Rhenals, & Durango Villadiego, 2014). Por otra parte el fósforo presente en el lactosuero, al ser un elemento insoluble y de fácil oxidación, consumió el oxígeno impidiendo una efectiva reducción de la DBO₅ (Pais Chanfrau, y otros, 2017).

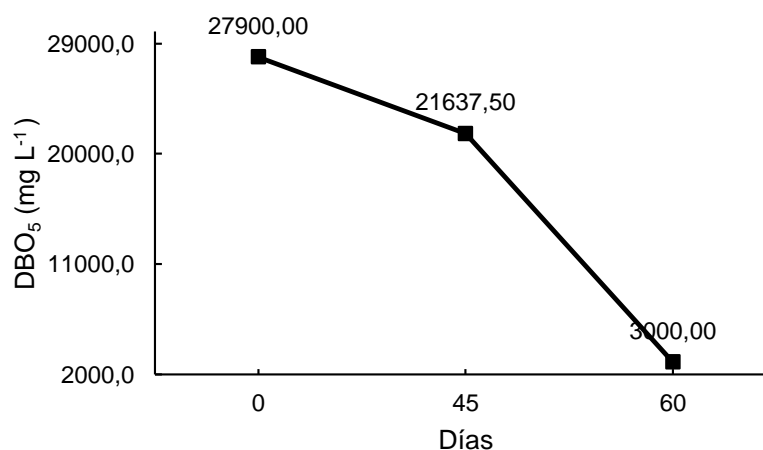


Figura 8. Demanda Bioquímica de Oxígeno post tratamiento

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica oxidable presente en el efluente. Mediante la digestión anaeróbica, la DQO del agua residual disminuyó de 57900 mg L⁻¹ a los 0 días, hasta 3494,09 mg L⁻¹ a los 60 días (Figura 9). Reduciendo la carga contaminante a 93,96 %, no obstante esta concentración no cumple con la normativa (Tabla 2) dado que uno de los componentes principales del agua residual es el suero lácteo, el cual por su alto contenido de nutrientes posee entre 50000 a 80000 mg L⁻¹ de DQO; aportando una alta carga orgánica (Cury Regino, Arteaga Márquez, Martínez Flórez, Luján Rhenals, & Durango Villadiego, 2014). Además de ello, el material inorgánico con mayor presencia en el suero de leche es el fósforo, que al ser de espontánea oxidación, no permitió una satisfactoria disminución de DQO (Hernández-Rojas & Vélez-Ruíz, 2014).

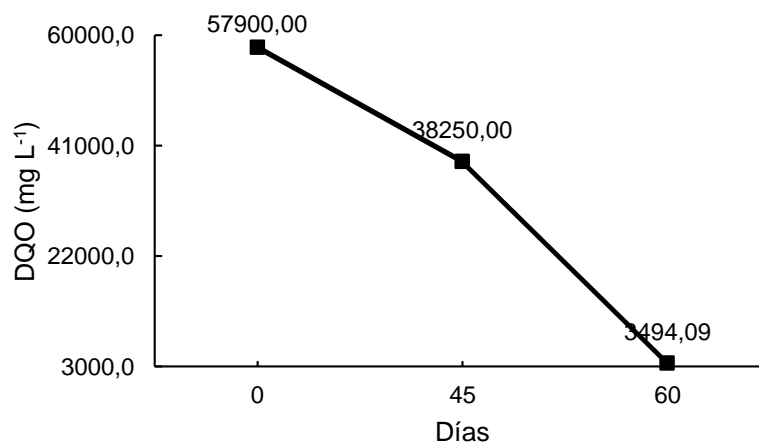


Figura 9. Demanda Química de Oxígeno post tratamiento

Antes del tratamiento el nivel de pH del agua residual fue 4,85; volviéndose aún más ácido cada vez, siendo de 3,09 a los 45 días y 3,00 a los 60 días (Figura 10); incumpliendo así con el límite permisible para descargas al alcantarillado establecido en la normativa (Tabla 2).

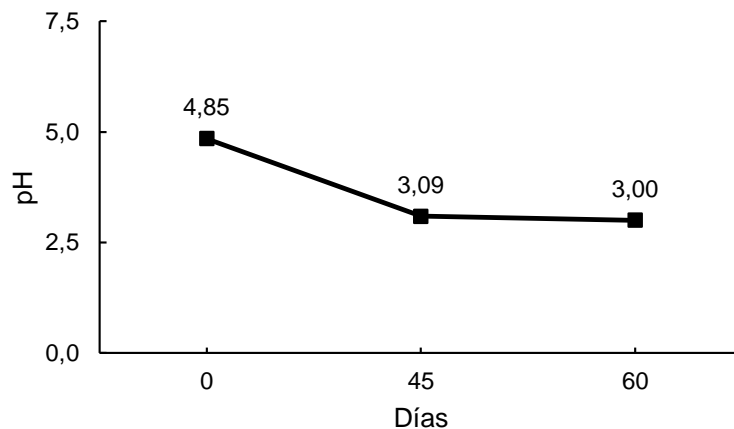


Figura 10. pH post tratamiento

Los sólidos totales en el agua residual se redujeron un 84,63 %, disminuyendo de 10036,67 mg L⁻¹ a 1543 mg L⁻¹ (Figura 12) durante 60 días de digestión anaeróbica, cumpliendo con el límite permisible establecido en la normativa (Tabla 2).

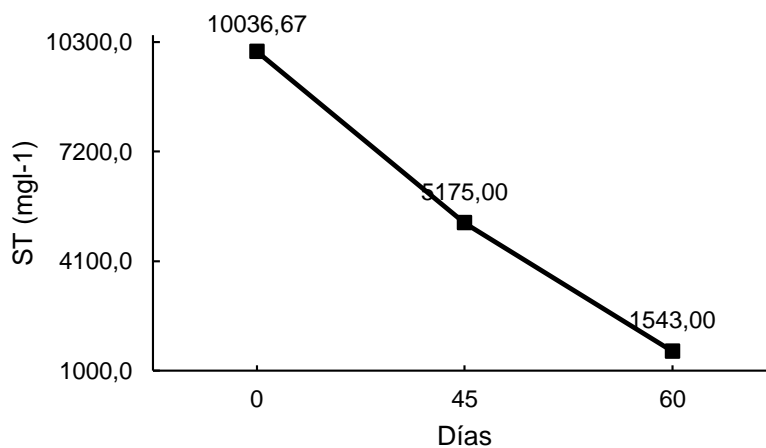


Figura 11. Sólidos Totales post tratamiento

Después de 60 días de tratamiento los sólidos suspendidos totales presentes en el agua residual pasaron de 2636,67 mg L⁻¹ a 37 mg L⁻¹ (Figura 11), disminuyendo el 98,6 % y cumpliendo con el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público (Tabla 2).

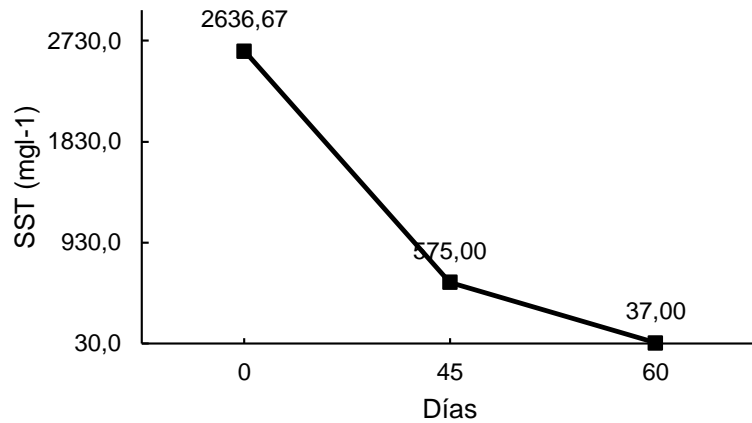


Figura 12. Sólidos Suspendidos Totales post tratamiento

Exceptuando el pH, el parámetro que más disminuyó fue los sólidos suspendidos totales en un 98,6 % durante los 60 días del agua residual dentro del biodigestor, mientras que el parámetro con menor disminución fue los sólidos totales con un 84,63 %, determinando así un 90,68 % de efectividad del biodigestor anaeróbico.

3.3.1 Neutralización del pH

Según Nogués (2010), el pH depende de su naturaleza del efluente o residuo que se esté tratando, en este caso el agua residual provino de la elaboración de queso y requesón. Desde un inicio el nivel de pH fue ácido y disminuyó aún más debido a la gran carga orgánica que poseía ya que a mayor carga orgánica, mayor es la formación de ácidos; provocando inhibición en la digestión anaeróbica.

Con la finalidad de neutralizar el pH ácido del agua residual, se realizó una prueba añadiendo CaO en una muestra de 250 ml del agua tratada, y así calcular los gramos por litro necesarios.

Cálculo de la disolución de óxido de calcio al 20 %:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{CaO} & & \text{Agua destilada} \\
 20 \text{ g} & \text{---} & 100 \text{ mL} \\
 x & \text{---} & 250 \text{ mL}
 \end{array}$$

$$x = \frac{20 \text{ g} \times 250 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$x = 50 \text{ g CaO}$$

$$50 \text{ g} \times 1,1 = 55 \text{ g CaO}$$

Entonces:

$$\frac{55 \text{ g}}{250 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 220000 \text{ mg L}^{-1} = 220 \text{ g L}^{-1}$$

Para realizar una solución de CaO al 20 % es necesario 220 g L⁻¹.

El pH del agua residual tratada fue 3,34. Al añadir dosis de 10 mL cada vez, el nivel de pH fue aumentando; llegando a un pH de 7 al aplicar un total de 40 mL (Tabla 3).

Tabla 3. Nivel de pH por dosis aplicada

Muestra	Dosis (mL)	pH
	0	3,34
Agua residual	10	3,92
tratada 119	10	4,54
días	10	5,37
	10	7,00

Cálculo de gramos de óxido de calcio para estabilizar el pH en 1 L de agua tratada:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Solución al 20\%} & & \text{Agua residual tratada} \\
 220 \text{ g L}^{-1} & \text{---} & 1 \text{ L} \\
 x & \text{---} & 0,04 \text{ L}
 \end{array}$$

$$x = \frac{220 \text{ g L}^{-1} \times 0,04 \text{ L}}{1 \text{ L}} \\
 x = 8,8 \text{ g L}^{-1}$$

De acuerdo al análisis realizado, es necesario aplicar 8,8 g de óxido de calcio por litro de agua residual para neutralizar el pH y evitar que la actividad bacteriana se reduzca o se detenga por completo.

$$\begin{array}{rcl}
 8,8 \text{ g} & \text{---} & 1 \text{ L} \\
 x & \text{---} & 3028,24 \text{ L}
 \end{array}$$

$$x = \frac{8,8 \text{ g} \times 3028,24 \text{ L}}{1 \text{ L}} \\
 x = 26648,512 \text{ g CaO} \\
 x = 26,65 \text{ kg CaO}$$

Por lo tanto se requieren 26,65 kg de CaO para agregar al agua residual tratada y así verterla al sistema de alcantarillado con un pH de 7, cumpliendo con el límite máximo permisible.

3.4.2 ZANJA DEL BIODIGESTOR

- Diámetro

El ancho de rollo seleccionado para el biodigestor fue de 14 m, por lo cual el ancho superior e inferior de la zanja son 4,2 m y 2,3 m respectivamente. Debido a la diferencia de zanjas, el diámetro promedio es:

$$D = (a + b)/2 \quad [4]$$

Donde:

a= Ancho mayor

b= Ancho menor

$$D = \frac{4,2 \text{ m} + 2,3 \text{ m}}{2}$$
$$D = \frac{6,5 \text{ m}}{2}$$
$$D = 3,25 \text{ m}$$

- Longitud

$$V_l = D \times h \times L$$
$$L = V_l / (D \times h) \quad [5]$$

Donde:

L= Longitud

V_l=Volumen líquido

D= Diámetro

h= Altura

$$L = \frac{181,68 \text{ m}^3}{3,25 \text{ m} \times 3 \text{ m}}$$
$$L = \frac{181,68 \text{ m}^3}{9,75 \text{ m}^2}$$
$$L = 19 \text{ m}$$

La relación entre la longitud y el diámetro determina si el largo del biodigestor es adecuado para la carga diaria de agua residual. Esta relación varía entre 5 y 10.

$$\frac{L}{D} = \frac{19 \text{ m}}{3,25 \text{ m}}$$
$$\frac{L}{D} = 5,9$$

Para la entrada y salida del efluente, es necesario que exista una pendiente del 30% respecto al nivel del suelo en cada una.

Tabla 4. Dimensiones de diseño del biodigestor

Símbolo	Descripción	Valor	Unidad
V _{CD}	Volumen de carga diaria	3,028	m ³
TRH	Tiempo de retención hidráulica	60	Días
V _T	Volumen total	201,87	m ³
V _l	Volumen líquido	181,68	m ³
V _g	Volumen gaseoso	20,19	m ³
a	Ancho mayor de la zanja	4,2	m
b	Ancho menor de la zanja	2,3	m
D	Diámetro de la zanja	3,25	m
h	Altura de la zanja	3	m
L	Longitud del biodigestor	19	m
n/a	Pendiente de la zanja	30	%

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

El presupuesto necesario para la construcción del biodigestor fue determinado de acuerdo al costo de materiales y mano de obra (Tabla 5).

Tabla 5. Costo Total

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Rollo de geomembrana PVC	1	324	324
Tubo PVC de 6"	3	33,5	67
Codo PVC de 6"	1	5,5	5,5
Adaptador de tanque de 1"	1	7	7
Tubo de 1"	4	5,6	22,4
Codo PVC de 1"	4	3,65	14,6
Tubo tee de 1"	1	4	4
Válvula de PVC de 1"	1	2	2
Sierra	1	5	5
Cinta teflón	2	0,60	1,20
Pegamento para PVC	1	12	12
Excavadora por día	1	280	280
Saco de cemento de 50 kg	90	8,25	742,5
Bloque	1344	0,6	806,4
Volqueta de arena	1 1/2	120	180
Volqueta de piedra bola	1/2	80	40
Fundido	1	50	50
Jornadas de trabajo (día)	10	25	250
TOTAL:			2813,6

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El volumen de agua residual por día es de 3,028 m³, el cual fue determinado de acuerdo a la producción diaria de la quesera.
- La disminución de carga contaminante dentro del biodigestor a escala fue más efectiva a los 60 días que solamente a 45 días. Reduciendo su contaminación un 90,86%.
- Aunque el DBO₅, DQO y pH no lograron cumplir con el límite permisible establecido por la norma debido a la gran cantidad de materia orgánica e inorgánica del agua residual, se demostró que la digestión anaeróbica es efectiva para tratar este tipo de agua residual.
- La acidez del pH es una de las posibles por la cual se ralentizó el proceso anaerobio pues el rango óptimo de pH se encuentra entre 6,5 – 7. Sin embargo se encontró el método para corregir la acidez, el cual es aplicar 8,8 gramos de óxido de calcio por litro de agua residual.
- De acuerdo al área disponible, volumen diario y el tiempo de retención; el biodigestor tubular de sistema continuo es el adecuado para el tratamiento de las aguas residuales de la quesera Lácteos Nicole.
- Aunque las dimensiones del biodigestor caben dentro del área disponible, al no cumplir con la normativa no es factible su construcción por lo que se debe investigar la manera de reducir aún más la carga contaminante o investigar otra forma de tratar las aguas residuales de la quesera Lácteos Nicole.

4.2 RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta la temperatura ambiente y mantener una temperatura constante dentro del biodigestor pues las variaciones afectan al proceso anaerobio.
- En caso de que el agua residual tenga un pH ácido, aplicar óxido de calcio pues no contamina y es económico. Sin embargo su aplicación puede aumentar la turbidez del agua para lo cual se recomienda la instalación de un filtro a la salida del agua tratada.
- Otra solución para subir el pH del agua residual a verter es aplicar cloro ya que este además de aumentar el pH, clarifica el agua y actúa como bactericida.
- El biodigestor a escala de este estudio tuvo como sustrato orgánico únicamente el agua residual producida, por lo cual es recomendable la utilización de microorganismos que ayuden a acelerar la digestión anaeróbica.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Arias-Lafargue, T., & López-Ríos, L. (2015). Propuesta tecnológica para el aprovechamiento energético del bagazo de cebada malteada de la cervecería Hatuey. *Tecnología Química*, 35(3), 356-374.
- Cañadas Cruz, L. (1983). *Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Quito: Banco Central del Ecuador.
- CEPAL. (2012). *Diagnóstico de la Estadística del Agua en Ecuador*. Quito: ECUADOR-CEPAL.
- CEPAL. (2018). *Informe Nacional sobre la gestión del agua en el Ecuador*. Quito: CEPAL.
- Conde-Báez, L., Castro-Rosas, J., Villagómez-Ibarra, J. R., Páez-Lerma, J. B., & Gómez-Aldapa, C. (2017). Evaluación de desechos de la industria quesera para la producción de 2-fenil etanol. *Acta Universitaria*, 27(3), 57-64.
- Coss, H. J., Monterde, L., Martín del Campo, C. I., Loza Llamas, J. A., Durand Moreno, L. C., Montero Curiel, E., & Lopez Alcoser, E. (2015). Tratamiento de sustrato de bovino y producción de biogás en un biodigestor continuo con lombricultura. *E-Gnosis*, 13(4), 1-16.
- Cury Regino, K., Arteaga Márquez, M., Martínez Flórez, G., Luján Rhenals, D., & Durango Villadiego, A. (2014). Evaluación de la fermentación del lactosuero ácido (entero y desproteinizado) utilizando *Lactobacillus casei*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 137-145.
- De Anda Sánchez, J. (2017). Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y Ambiente*, 5(14), 119-143.
- Elías Castells, X., Flotats Ripoll, X., & Campos Pozuelo, E. (2012). *Procesos biológicos: La digestión anaerobia y el compostaje*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Fernández Ganzález, J., Gutiérrez Matín, F., del Río González, P., San Miguel Alfaro, G., Bahillo Ruiz, A., Sánchez Hervas, J. M., . . . Aracil Mira, J. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- GAD Municipal Santo Domingo. (2017). Obtenido de GAD Municipal Santo Domingo: <http://www.santodomingo.gob.ec/situacion/>
- García Luna, A. (2015). *UF0383 - Infraestructuras para establecer la implantación de cultivos*. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.
- García Zabaleta, R. S., Alamo Viera, M. V., & Aldana, M. D. (2017). DISEÑO DE UN BIODIGESTOR TUBULAR PARA ZONAS RURALES DE LA REGIÓN PIURA. *XXIV Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXIV- SPES)*, 1-22.

- Hernández-Gómez, V., Olvera-García, O., Guzmán-Tinajero, P., & Morillón-Gálvez, D. (2017). Dimensionamiento de dos biodigestores para la producción de metano en la FES Cuautitlán, empleando la materia fecal de conejos y vacas. *Revista del Desarrollo Tecnológico*, 1(3), 44-53.
- Hernández-Rojas, M., & Vélez-Ruíz, J. F. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(2), 13-22.
- Hurtado-Rivera, J., Hernández-Carbajal, R., Díaz-Martínez, J., & García-Vargas, M. R. (2016). Biodigestor para el uso de desechos orgánicos de sector ganadero rural. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, 2(5), 1-5.
- Lagunes-Paredes, Y., Montes-Carmona, M. E., Vásquez-Márquez, A., & Cárdenas-Guevara, G. E. (2016). Evaluación de la generación de metano y la estabilidad del proceso de codigestión de lodos residuales y fracción orgánica provenientes de un centro comercial. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 26-35.
- Lopez-Vazquez, C. M., Buitrón-Méndez, G., García, H. A., & Cervanes-Carrillo, F. J. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño*. Londres: IWA Publishing.
- Martí Herrero, J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. La Paz, Bolivia: GTZ.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 097-A*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Introducción de Biodigestores en Sistemas Agropecuarios en el Ecuador: Un aporte a la mitigación y adaptación al cambio*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Molares-Ibarra, V., Salazar-Valle, E., Miranda-Herrera, M. G., & Madrid-González, V. (2016). Semi-automatización de Biodigestor Cerdo vs Vaca. *Revista de Sistemas Experimentales*, 3(8), 58-64.
- Montalván-Estrada, A., Aguilera-Corrales, Y., Veitia-Rodríguez, E., & Brígido-Flores, O. (2016). Análisis multicriterio para la gestión integrada de aguas residuales industriales. *Ingeniería Industrial*, 38(1), 56-67.
- Montesdeoca, R., Benítez, I., Guevara, R., & Guevara, G. (2017). Procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(1), 39-44.
- Morales Sánchez, L. A., Morales Sánchez, V., & Holguín Quiñones, S. (2015). SELECCIÓN DE UN BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO A LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. *Humanidades, tecnología y ciencia del Instituto Politécnico Nacional*, 7(13), 1-7.
- Neumann, P., & Jeison, D. (2015). Contribución energética de la digestión anaerobia al proceso de producción de biodiesel a partir de microalgas. *Ingeniare: Revista chilena de ingeniería*, 23(2), 276-284.

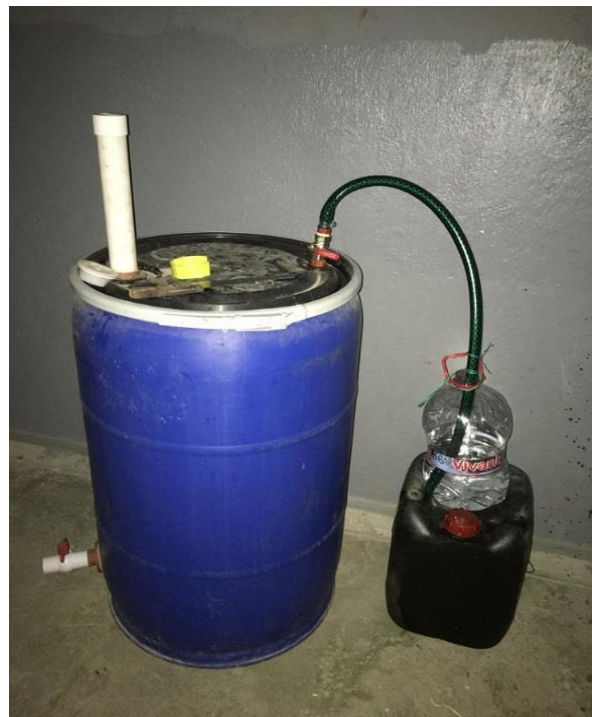
- Nogués, F. S., Daniel, G. G., & Rezeau, A. (2010). *Energía de la biomasa (vol. II): energías renovables*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- OMS. (7 de febrero de 2018). *Agua*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Osejos-Merino, M. A., Jaramillo-Véliz, J. J., Merino-Conforme, M. V., Quimis-Gómez, A. J., & Alcívar-Cobeña, J. L. (2018). Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa – Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 4(1), 709-733.
- Pais Chanfrau, J. M., Núñez Pérez, J., Lara Fiallos, M. V., Rivera Intriago, L. M., Trujillo Toledo, L. E., & Cuaran Guerrero, M. J. (2017). Valorización del suero de leche: Una visión desde labiotecnología. *Revista bionatura*, 2(4), 1-16.
- Parra Huertas, R. A. (2015). Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. *Producción + Limpia*, 10(2), 142-159.
- Parra-Orobio, B. A., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellón, L. F., Cárdenas-Cleves, L. M., Vásquez-Franco, C., Torres-López, W. A., & Ordóñez-Andrade, J. A. (2014). INFLUENCIA DEL pH SOBRE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE BIORRESIDUOS DE ORIGEN MUNICIPAL. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 553-562.
- Pazmiño-Rodríguez, J., Zambrano-Ganchozo, G., & Coello-Burgos, H. (2018). Modelización de la calidad del agua del estero aguas Claras, cantón Quevedo, Ecuador. *Dyna*, 85(204), 204-2014.
- Pérez Martín, F., Armenteros Ordóñez, T. d., & Hernández Touse, J. P. (2016). Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Villa Clara. *Centro Azúcar*, 43(2), 68-75.
- Reyes Aguilera, E. A. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Revista Científica de la FAREM-Estelí: medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*, 6(24), 60-81.
- Rivas Solano, O., Faith Vargas, M., & Guillén Watson, R. (2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología en Marcha*, 23(1), 39-46.
- Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Tecnura*, 19(46), 149-164.
- Rodríguez Reyes, L. E., & Cuevas Rodríguez, G. (2016). EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE BIODIGESTIÓN ANAEROBIA UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN CICABA Y PESABA. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 2(1), 1942-1945.

- Rodríguez, G., & Vargas Chaves, I. (2017). *Principio de precaución: desafíos y escenarios de debate*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Román-Calero, F. B. (2015). CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS Y EFECTOS EN LA SALUD EN UNA REGIÓN LLAMADA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR. *Mikarimin: Revista Científica Multidisciplinaria*, 1(2), 33-44.
- Samayoa, S., Bueso, C., & Víquez, J. (2012). *GUÍA Implementación de sistemas de biodigestión en ecoempresas*. Tegucigalpa: SNV.
- Sánchez-Góngora, M. A., Peón-Escalante, I. E., Cardona-Juárez, T., Ortega-Arroyo, L., & Urriolagoitia-Calderón, G. (2016). Evaluación inicial de parámetros de campo en un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 173-184.
- Tapia Tapia, V. (2016). *Instalación y uso de biogás. Ganadería Puneña, generando energía limpia "biogás" para calefacción y cocina familiar*. Lima: CARE Perú.
- WWAP. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. *Aguas residuales: El recurso desaprovechado*.

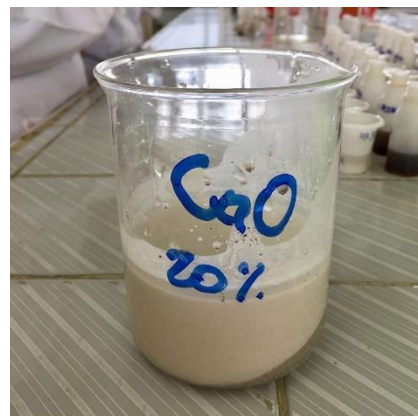
ANEXOS

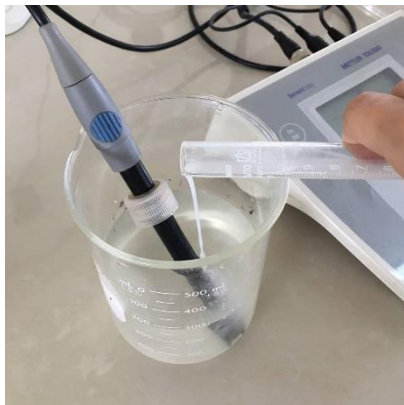
ANEXOS

ANEXO 1. BIODIGESTOR A ESCALA



ANEXO 2. NEUTRALIZACIÓN DE pH





ANEXO 3. ANÁLISIS DE LABORATORIO 1



LABORATORIO DE
ENSAYO ACREDITADO
POR EL SAE CON
ACREDITACIÓN
N° OAE LE 1C 06-002

INFORME DE RESULTADOS

INF LASA-29-08-18-2995
ORDEN DE TRABAJO No. 07331-18

SOLICITADO POR : NANCY NICOLE MOLINA ARMUJOS
DIRECCIÓN : SANTO DOMINGO
TELÉFONO/FAX : 0986822520
TIPO DE MUESTRA : AGUA
PROCEDENCIA : DESCARGA FINAL - LIMPIEZA PROCESO
IDENTIFICACIÓN : AGUA RESIDUAL - 09H00 - 10H10
CÓDIGO INICIAL : M1
COORDENADAS : X.704588-Y.9970839

MUESTREO POR LASA
FECHA DE MUESTREO : 15/08/2018
INGRESO AL LABORATORIO : 15/08/2018
FECHA DE ANÁLISIS : 15/08-29/08/2018
FECHA DE ENTREGA : 29/08/2018
NÚMERO DE MUESTRAS : UNA (1)
CÓDIGO DE MUESTRA : 19885-18

PLAN DE MUESTREO	MÉTODO DE MUESTREO
714	PEE-LASA-CP-02 ISO 5667-10:1992, ISO 5667-3:2012 (Acreditado para pH y conductividad)

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA**	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	ACEITES Y GRASAS	mg/l	165,00	70	± 24,75	PEE-LASA-FQ-15 APHA 5520 B
2	D.B.O5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	mg/l	27900,00	250	N.A.	PEE-LASA-FQ-07 APHA 5210 B *
3	D.Q.O DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mg/l	57900	500	N.A.	PEE-LASA-FQ-04B APHA 5220 C *
4	pH	Unidades de pH	4,85	6 - 9	± 0,17 (2)	PEE-LASA-CP-01 APHA 4500 H+ B
5	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	7400,00	-	N.A.	APHA 2540 C *
6	SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/l	2636,67	220	± 395,50	PEE-LASA-FQ-05 APHA 2540 D
7	SÓLIDOS TOTALES	mg/l	10036,67	1600	N.A.	APHA 2540 B *

LOS ENSAYOS MARCADOS CON * ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE
(1) OPINIONES E INTERPRETACIONES ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN SAE
(2) El valor de incertidumbre reportado incluye la incertidumbre del análisis y la incertidumbre del muestreo.
N.A.: No Aplica


Dr. Marco Gualtero Ruelas
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente con los resultados obtenidos para la muestra tomada por el laboratorio.
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA.
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio.
** Valores de referencia tomado Acuerdo Ministerial 057, Libro VI de la Calidad Ambiental, Tabla B: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815
Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com
web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

Pág. 1 de 1

ANEXO 4. ANÁLISIS DE LABORATORIO 2



LABORATORIO DE
ENSAYO ACREDITADO
POR EL SAE CON
ACREDITACIÓN
N° OAE LE 1C 06-002

INFORME DE RESULTADOS

INF LASA-16-10-18-2996
ORDEN DE TRABAJO No. 07331-18

SOLICITADO POR : NANCY NICOLE MOLINA ARMUJOS
DIRECCIÓN : SANTO DOMINGO
TELÉFONO/FAX : 0996822520
TIPO DE MUESTRA : AGUA
PROCEDENCIA: TANQUE BIOGESTOR A ESCALA
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - 10H20 - 10H58
CÓDIGO INICIAL: M2
COORDENADAS: X 704586-Y 9970640

MUESTREO POR LASA
FECHA DE MUESTREO: 01/10/2018
INGRESO AL LABORATORIO : 01/10/2018
FECHA DE ANÁLISIS: 01/10-16/10/2018
FECHA DE ENTREGA: 16/10/2018
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
CÓDIGO DE MUESTRA : 19896-18

PLAN DE MUESTREO	MÉTODO DE MUESTREO
714	PEE-LASA-CP-02 ISO 5667-10 1992; ISO 5667-3 2012 (Acreditado para pH y conductividad)

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA**	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	ACEITES Y GRASAS	mg/l	39,00	70	± 5,85	PEE-LASA-FQ-15 APHA 5520 B
2	D B O 5 DEMANDA BIQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	21637,50	250	N.A.	PEE-LASA-FQ-07 APHA 5210 B *
3	D Q O DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	38250,00	500	N.A.	PEE-LASA-FQ-04B APHA 5220 C *
4	pH	Unidades de pH	3,09	6 - 9	N.A.	PEE-LASA-CP-01 APHA 4500 H+ B *
5	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	4600,00	-	N.A.	APHA 2540 C *
6	SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/l	575,00	220	± 86,25	PEE-LASA-FQ-05 APHA 2540 D
7	SÓLIDOS TOTALES	mg/l	5175,00	1600	N.A.	APHA 2540 B *

LOS ENSAYOS MARCADOS CON * ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE
(*) OPINIONES E INTERPRETACIONES ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN SAE
N.A.: No Aplica


Dr. Marco Gaviano Baales
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente con los resultados obtenidos para la muestra tomada por el laboratorio.
Los incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA.
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio.
(**) Valores de referencia tomado Acuerdo Ministerial 097, Libro VI de la Calidad Ambiental, Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815
Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com
web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

ANEXO 5. ANÁLISIS DE LABORATORIO 3



LABORATORIO DE
ENSAYO ACREDITADO
POR EL SAE CON
ACREDITACIÓN
N° OAE LE 1C 06-002

INFORME DE RESULTADOS

RIF LASA 06-11-18-3382
ORDEN DE TRABAJO No. 09915-18

DATOS DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR:	DIRECCIÓN: SANTO DOMINGO		
TELÉFONO/FAX: 2749098	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: TANQUE BIODIGESTOR	
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - 17H20 - 17H50	CODIGO INICIAL: M8		

DATOS DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR: LASA	FECHA DE MUESTREO: 23/10/2018	INGRESO AL LABORATORIO: 23/10/2018	
FECHA DE ANÁLISIS: 23/10/06/11/2018	FECHA DE ENTREGA: 06/11/2018	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)	
CÓDIGO DE MUESTRA: 23760-18	COORDENADAS: X:704568-Y:9970840	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: INSTALACIONES DEL CLIENTE Y LABORATORIO	

PLAN DE MUESTREO	MÉTODO DE MUESTREO
21	PEE-LASA-CP-02 ISO 5667-10:1992, ISO 5667-3:2012 (No Acreditado)

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	ACEITES Y GRASAS	mg/l	21,50	70	± 3,23	PEE-LASA-FQ-15 APHA 5520 B
2	D.B.O.S DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	3000,00	250	± 300,00	PEE-LASA-FQ-07 APHA 5210 B
3	D.Q.O DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	3494,09	500	N.A.	PEE-LASA-FQ-04 APHA 5220 C *
4	pH	Unidades de pH	3,00	6 - 9	N.A.	PEE-LASA-CP-01 APHA 4500 H+ B *
5	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	1506,00	-	N.A.	APHA 2540 C *
6	SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/l	37,00	220	± 5,55	PEE-LASA-FQ-05 APHA 2540 D
7	SÓLIDOS TOTALES	mg/l	1543,00	1600	N.A.	APHA 2540 B *

LOS ENSAYOS MARCADOS CON * ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE
OPINIONES E INTERPRETACIONES ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN SAE
N.A.: No Aplica


Dr. Marco Antonio Ruales
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y dictada en www.laboratoriolasa.com)

** Valores de referencia tomado Acuerdo Ministerial 097, Libro VI de la Calidad Ambiental, Tabla 8, Límite de descarga al sistema de alcantarillado público

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012

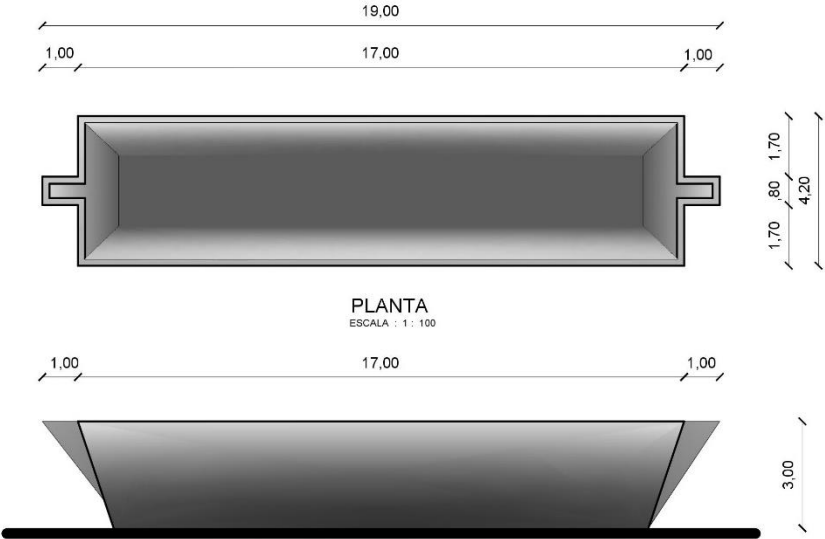
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815

Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com

web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

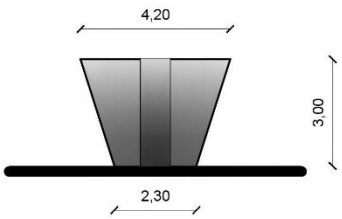
Pág. 1 de 1

ANEXO 6. DIMENSIONAMIENTO DE LA FOSA

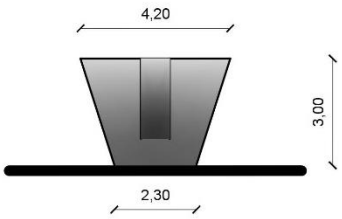


PLANTA
ESCALA : 1 : 100

VISTA FRONTAL
ESCALA : 1 : 100



VISTA LATERAL DERECHA
ESCALA : 1 : 100



VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA : 1 : 100

ANEXO 7. DISEÑO DE BIODIGESTOR



ANEXO 8. UBICACIÓN DEL BIODIGESTOR

