

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DEL SISTEMA TOHÁ EN LA DEPURACIÓN  
DE EFLUENTES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA  
CIUDAD DE BAGUA, AMAZONAS 2021**

**Autor: Bach. Roly Romero Rojas**

**Asesor: Ph. D. Ricardo Edmundo Campos Ramos**

Registro(.....)

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

## **DATOS DEL ASESOR**

**Dr: Ricardo Edmundo Campos Ramos**

**DNI N°: 17801879**

**REGISTRO ORCID 0000-0002-6085-3123**

**<https://orcid.org/0000-0002-6085-3123>**

**Campo de Investigación y el Desarrollo OCDE según la organización  
para la Corporación y Desarrollo Económico**

**1.04.00 --Química**

**1.04.07 --Química Analítica**

## **DEDICATORIA**

Al altísimo creador por brindarme, la fuerza dada para vencer las dificultades de cada día, la salud, la perseverancia, sobre todo su infinita misericordia y su amor que me ha permitido terminar mi carrera profesional.

A mis padres Alfonso Romero Ventura, Elizabeth Rojas Cueva y a mi hermano Willy Anderson Romero Rojas, por brindarme su amor y de haber realizados grandes sacrificios en la agricultura para poder llevar a cabo mis estudios profesionales.

A mis amigos y maestros, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, supieron encaminarme con sabios consejos y por el conocimiento recibido durante todo el tiempo que fui un estudiante universitario.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro Dios de Jacob por darme la capacidad necesaria para terminar mi carrera profesional y a mis padres, quienes me apoyaron en cada momento.

A mi asesor Ph. D. Ricardo Edmundo Campos Ramos, por su tiempo dedicado a la revisión de este proyecto.

A los miembros del jurado M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina, M.Sc.. Juan Alberto Romero Moncada, Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje por sus aportes y recomendaciones a fin de visualizar mejor los errores y presentar un adecuado trabajo.

A todos mis amigos, quienes me brindaron su apoyo en los momentos más oportunos en el presente trabajo de Investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui  
**Rector**

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón  
**Vicerrector académico**

Dra. Flor Teresa García Huamán  
**Vicerrector de Investigación**

M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López  
**Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAÉSTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-K

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EFICIENCIA DEL SISTEMA TOHÁ EN LA DEPURACIÓN DE EFLUENTES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE BAGUA, AMAZONAS 2021; del egresado ROLY ROMERO ROJAS de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 04 de MARZO de 2022

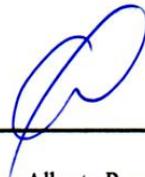
Firma y nombre completo del Asesor  
Ph.D RICARDO EDMUNDO CAMPOS RAMOS

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina  
**Presidente**



---

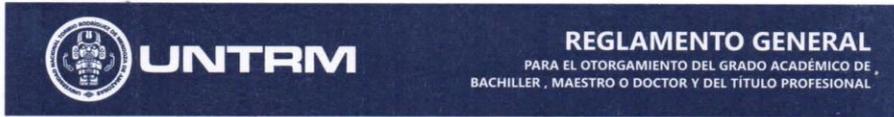
Mg. Juan Alberto Romero Moncada  
**Secretario**



---

Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje  
**Vocal**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-O

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Eficiencia del sistema TOHA en la depuración de efluentes del canal municipal de la ciudad de Bagua, Amazonas 2021

presentada por el estudiante ( )/egresado (x) Roly Romero Rojas

de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

con correo electrónico institucional 7464921142@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene ..... % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 28 de Junio del 2022



  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 12 de Julio del año 2022, siendo las 11:30 horas, el aspirante: Romero Rojas Roly, defiende en sesión pública presencial () / a distancia ( ) la Tesis titulada: Eficiencia del sistema TOHA en la depuración de efluentes del camal municipal de la ciudad de Bagua, Amazonas, 2021, teniendo como asesor a Ph.D. Ricardo Edmundo Campos Ramos, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Secretario: Mg. Juan Alberto Romero Mancada

Vocal: Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 13:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

DATOS DEL ASESOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE DEL CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>II. MATERIAL Y METODOS.....</b>	<b>17</b>
2.1. Área de estudio.....	17
2.2. Diseño de investigación.....	18
2.3. Población.....	18
2.4. Muestreo y muestra.....	18
2.5. Materiales equipos y programas.....	18
2.6. Métodos.....	21
2.6.1. Sistema de depuración tohá.....	21
2.7. Técnicas e instrumentos.....	21
2.8. Procedimiento.....	22
2.8.1. Acondicionamiento del área del proyecto.....	22
2.8.2. Recolección y adaptación de las especies <i>Eisenia Foetida</i> y <i>Lumbricus Terrestris</i> al agua residual del camal municipal de Bagua.....	23
2.8.3. Dimensionamiento, Construcción y Relleno del estanque del lombrifiltro con las diferentes capas de filtración.....	26
2.8.4. Medición de entrada del caudal al estanque del lombrifiltro.....	27
2.8.5. Instalación de los sistema lombrifiltros.....	27

2.8.6. Recolección del efluente para la toma de muestras y análisis de las muestras.....	27
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
3.1. Resultados promedios de los parámetros analizados antes y después de la depuración.....	29
3.2. Observación de remoción de los contaminantes.....	32
3.2.1. Sólidos sedimentables.....	33
3.2.2. Sólidos suspendidos.....	33
3.2.3. Demanda química de oxígeno (DQO).....	34
3.2.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	35
3.2.5. Nitratos.....	36
3.2.6. pH.....	37
3.2.7. Aceites y Grasas.....	37
3.3. Resultados de los parámetros evaluados y comparados con el Decreto supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el reglamento de valores máximos admisibles.....	38
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Materiales equipos y programas	19
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos aplicados en el proceso de depuración a los efluentes del camal municipal	21
<b>Tabla 3.</b> Adaptación de la E. Foetida	24
<b>Tabla 4.</b> Adaptación de la Lumbricus Terrestris	25
<b>Tabla 5.</b> Parámetros fisicoquímicos antes de la depuración	29
<b>Tabla 6.</b> Parámetros físico-químicos después de la depuración por medio del lombrifiltro con la especie roja californiana	30
<b>Tabla 7.</b> Parámetros físico-químicos después de la depuración por medio del lombrifiltro con la especie lombriz de tierra	31
<b>Tabla 8.</b> Remoción en los parámetros fisicoquímicos	32
<b>Tabla 9.</b> Comparación con el decreto supremo 010-2019- vivienda	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación donde se instaló los lombrifiltros y se depuro las aguas residuales	17
<b>Figura 2.</b> Ejemplo del diseño pre-experimental del sistema	18
<b>Figuras 3.</b> Ejemplo de diseño para el balance de masas	26
<b>Figuras 4.</b> Variación de los sólidos sedimentables en porcentajes	33
<b>Figuras 5.</b> Variación en la remoción de los Solidos Suspendidos en porcentajes	34
<b>Figuras 6.</b> Variación en la remoción de los DQO en porcentajes	35
<b>Figuras 7.</b> Porcentaje de remoción en los DBO	36
<b>Figuras 8.</b> Variación en la remoción de nitratos en porcentajes	37
<b>Figuras 9.</b> Porcentajes de los Aceites y grasas	38

## RESUMEN

El trabajo de investigación concluyó determinar la eficiencia del sistema Tohá en depurar las aguas residuales del camal municipal de la ciudad de Bagua a través de Lombrifiltros constituidos por las lombrices la roja californiana (*Eisenia foetida*) y la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*). Se realizó la compra de la lombriz roja californiana en el distrito de Chachapoyas y se obtuvo la lombriz de tierra con excavaciones, seguidamente fueron colocados individualmente para su adaptación por 7 días, luego se inocularon al sistema del Lombrifiltro. Para completar el diseño pre-experimental se dispuso de un tanque de 281L y tuberías de ½ PVC, Se evaluó los parámetros físico - químicos del agua residual del camal municipal, para determinar la eficiencia de remoción con las especies de lombrices, la especie Roja californiana redujo en un 24,31% los Sólidos sedimentables, un 26,73% en Sólidos suspendidos, un 40,12% en Demanda química de oxígeno, un 42,56% en Demanda bioquímica de oxígeno, un 25,49% en Nitratos, un 2,41% en Ph y un 27,89% en Grasas y Aceites, en cuanto a la especie de lombriz de tierra la reducción fue un 16,23% en Sólidos sedimentables, un 17,03% en Sólidos suspendidos, un 13,55% en Demanda química de oxígeno, un 22,30% en Demanda bioquímica de oxígeno, un 12,62% en Nitratos, un 2,28% en pH y un 5,89% en Grasas y Aceites. Finalmente, la especie Roja californiana redujo mayor remoción de contaminantes, con un promedio de 27% en comparación con la lombriz de tierra que redujo un 13%.

**Palabras claves:** lombrifiltros, Sistema Tohá, *Eisenia Foetida*, *Lumbricus Terrestris*, depuración de aguas residuales.

## ABSTRACT

The research work concluded to determine the efficiency of the Tohá system in purifying the residual waters of the municipal slaughterhouse of the city of Bagua through Worm filters constituted by the Californian red worms (*Eisenia foetida*) and the earthworm (*Lumbricus terrestris*). The purchase of the Californian red worm was made in the district of Chachapoyas, and the earthworm was obtained with excavations, then they were placed individually for adaptation for 7 days, then they were inoculated into the Wormfilter system. To complete the pre-experimental design, a 281L tank and ½ PVC pipes were used, The physical - chemical parameters of the residual water of the municipal slaughterhouse were evaluated to determine the efficiency of removal with the earthworm species, the Californian Red species reduced Sedimentable Solids by 24.31%, 26.73% in Suspended Solids, 40.12% in Chemical Oxygen Demand, 42.56% in Biochemical Oxygen Demand, 25.49% in Nitrates, 2.41% in Ph and 27.89% in Fats and Oils, in terms of For the earthworm species, the reduction was 16.23% in Settleable Solids, 17.03% in Suspended Solids, 13.55% in Chemical Oxygen Demand, 22.30% in Biochemical Oxygen Demand, 12.62% in Nitrates, 2.28% in pH and 5.89% in Fats and Oils. Finally, the California Red species reduced the greatest amount of pollutant removal, with an average of 27% compared to the earthworm, which reduced 13%.

**Keywords:** earthworms, Tohá System, *Eisenia Foetida*, *Lumbricus Terrestris*, wastewater treatment.

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, debido a la insuficiente infraestructura, los altos costos, la falta de mantenimiento y de personal capacitado, sólo el 29% de las aguas residuales domésticas generadas reciben tratamiento, lo cual crea la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para su depuración (Mejía y Pérez, 2016). La contaminación ambiental es uno de los problemas más grandes que existen en el planeta y el más peligroso ya que, al destruir su naturaleza original, termina por destruirnos a nosotros mismos. El desinterés de la sociedad y el gobierno con sus autoridades locales de preocuparse por la contaminación de los ríos que diariamente son producidas. Uno de los factores vistos en Amazonas principalmente en sus distritos, son las descargas de las aguas residuales como domésticas e industriales sin ser tratadas, hacia fuentes de aguas abiertas como lagos, ríos arroyos, ocasionando el proceso de contaminación más importante la Eutrofización que esta provocado por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fosforo, afectando la calidad de las aguas ya que al aumentar los nutrientes hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia. Durante su crecimiento y putrefacción, consumen gran cantidad del oxígeno disuelto y aportan materia orgánica (fango) en abundancia. Sin embargo, en la ciudad de Bagua se percibe descargas directas de las aguas residuales del camal municipal sin ningún previo tratamiento, ante la preocupación de mitigar la contaminación hacia la cuenca del río Utcubamba se ha propuesto el estudio de determinar la eficiencia del Sistema Toha en la depuración de efluentes del Camal Municipal de la ciudad de Bagua, procediendo a diseñar el sistema Tohá, empleando las especies *Eisenia Foetida* y *Lumbricus Terrestris* de forma independiente, evaluando los principales parámetros físico-químicos, de los efluentes del Camal Municipal y finalmente evaluar la eficiencia de la remoción de los contaminantes. Esta investigación estuvo constituida por un diseño pre-experimental donde la muestra (efluente líquido) serán sometidos a dos lombrifiltros individuales con un mismo estímulo y 2 mediciones diferentes, y la evaluación de los principales parámetros.

## II. MATERIAL Y METODOS

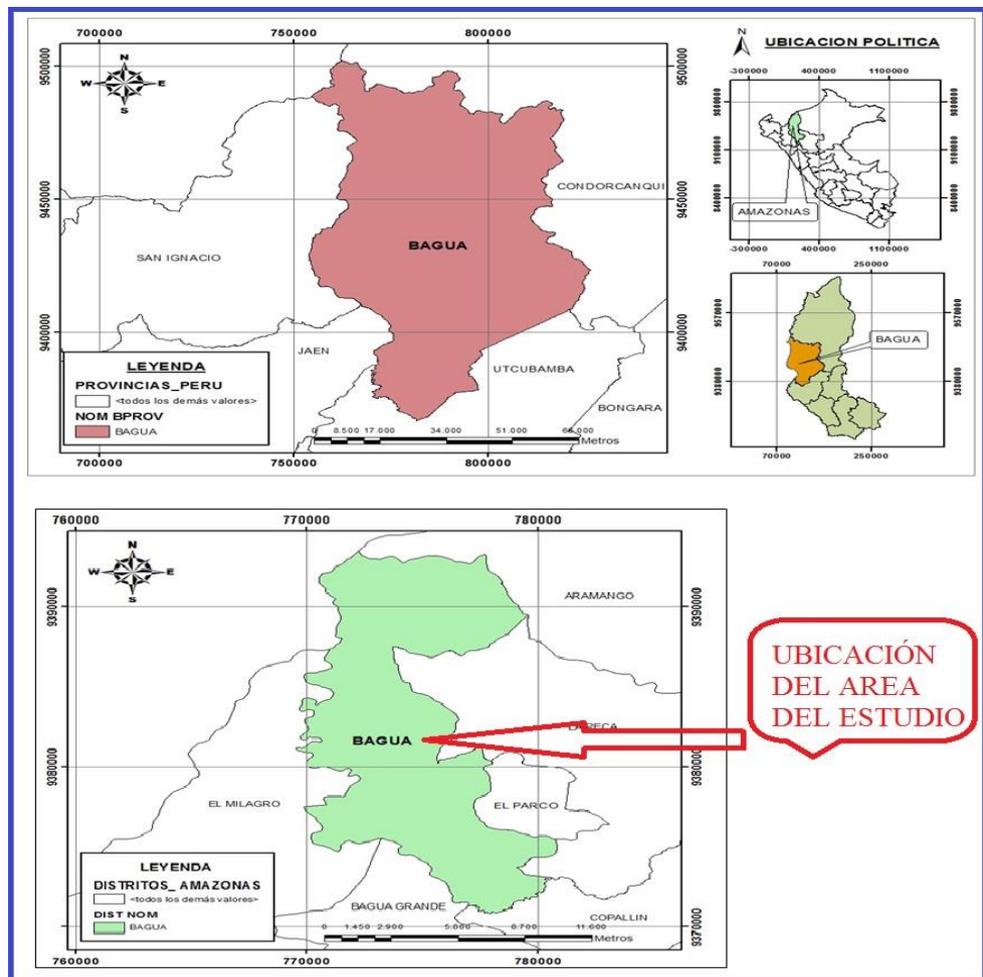
### 2.1. Área de estudio

El presente estudio de investigación se desarrolló en la Jr. Cusco N° 195 de la ciudad de Bagua, distrito Bagua, provincia de Bagua, región Amazonas, ubicado entre las coordenadas UTM: 0773643 Este, 9376360 Norte, Zona 17 M, correspondiente a un gradiente altitudinal de 428 msnm.

El punto crítico de los afluentes de las aguas residuales del camal municipal de Bagua está ubicado exactamente en las coordenadas UTM: 0772989-E, 9375675-N, Zona 17 M.

**Figura 1**

*Ubicación del área de estudio*

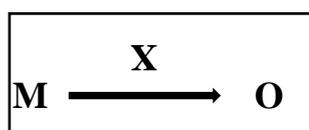


## 2.2. Diseño de investigación

Esta investigación estuvo constituida por un diseño pre-experimental: la muestra (efluente líquido) fueron sometidos a dos lombrifiltros individuales con un mismo estímulo y 2 mediciones diferentes, y la evaluación de los principales parámetros físico-químicos.

### Figura 2

*Diseño pre-experimental del sistema*



## 2.3. Población

En esta investigación la población está representada por 32.4 m<sup>3</sup>/día de los efluentes del Camal Municipal de la ciudad de Bagua, de donde se tomaron la muestra y fueron llevadas al área experimental.

## 2.4. Muestra y muestreo

### Muestra

La muestra está representada por 281 L. de los efluentes del Camal Municipal de la ciudad de Bagua, la cual han sido recolectadas exactamente en las coordenadas UTM: 0772989 Este, 9375675 Norte, Zona 17 M.

### Muestreo

La recopilación de muestras de los efluentes es de 281 L y se realizó de: afluente y efluente, en dos puntos de muestreo, con la finalidad de determinar el grado de depuración de polución de los lombrifiltros.

## 2.5. Materiales, equipos y programas

Los equipos, materiales y programas utilizados para el presente trabajo están indicados en la tabla 1.

**Tabla 1***Materiales, equipos y programas*

<b>Nivel</b>	<b>Descripción</b>
<p data-bbox="448 748 783 1003"><b>Materiales para la Adaptación de la <i>E. Foetida</i> y <i>L. Terrestris</i> al agua residual del camal municipal</b></p>	<ul data-bbox="874 472 1382 1335" style="list-style-type: none"><li> Malla plástica Raschell</li><li> Tijera</li><li> Cajón de madera</li><li> Retaso de madera</li><li> Taladro para madera</li><li> Sierra para cortar madera</li><li> Tierra fértil del sector las juntas</li><li> Aserrín</li><li> Compostaje</li><li> Palana tipo cuchara para realizar la mezcla del sustrato</li><li> Balanza electrónica</li><li> 2 kg de <i>L. Terrestris</i> y <i>E. Foetida</i></li><li> Balde de 8 litros</li><li> Vaso de vidrio</li><li> Agua destilada</li></ul>

<p style="text-align: center;"><b>Materiales para la Construcción del sistema y Relleno del estanque de Lombrifiltro</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Dos Estanques de vidrio con espesor de 6mm, con medidas de 76cm de largo, 55cm de ancho y 77cm de alto</li> <li> Tanque de plástico de 281 lts</li> <li> 5 Tubo de ½ clase 10 de 5 metros</li> <li> Pegamento</li> <li> Sierra</li> <li> Taladro para agujerear los tubos</li> <li> Malla raschell</li> <li> 15cm de bolones</li> <li> 10cm de grava</li> <li> 10cm de grava más pequeña</li> <li> 5cm de arena</li> <li> 10cm de aserrín</li> <li> 15cm de tierra fértil</li> <li> Lombriz E. foétida</li> <li> Lombriz L. terrestris</li> <li> 5 llaves de ½</li> <li> 10 codos de ½</li> <li> 3 Tee PVC de ½</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>equipos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> GPS</li> <li> Termómetro</li> <li> Cámara digital</li> <li> Laptop Core i3 – 4,00 GB RAM</li> <li> USB de 16 GB de capacidad de almacenamiento</li> <li> Analytical Instruments pH-618</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Programas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Windows de Microsoft Office: word 2013, excel 2013</li> <li> Google Earth Pro</li> </ul>

## 2.6. Métodos

La Metodología de esta investigación estuvo desarrollada por una serie de procedimientos que engloba los siguientes aspectos.

### 2.6.1. Sistema de Depuración Tohá

Se utilizó 2 sistemas gemelos de depuración de flujo continuo con capacidad de almacenamiento de 0.28 m<sup>3</sup> c/u.; que son alimentados por un tanque de 281 L. para cada sistema, el cual simula a una planta de depuración biológica pequeña.

Los cuales están conformados por diferentes capas de filtración: 15 cm de bolones en la base, 10 cm de grava, 10 cm de grava más pequeña, los bolones y las gravas colocadas serán bien lavadas con agua previamente, seguido se colocará 5 cm de arena, 10 cm de aserrín y 15 cm de tierra en la parte superior de cada lombrifiltro, de manera independiente.

**Tabla 2**

*Tratamientos aplicados en el proceso de depuración en los efluentes del Camal Municipal*

N° DE TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS(Especies)
T1	<i>Lumbricus Terrestris</i>
T2	<i>Eisenia Foetida</i>

## 2.7. Técnicas e instrumentos

**Técnica:** Se empleó la técnica de observación.

➤ **Observación:**

- Es un proceso cuya función primera e inmediata es recoger información sobre el comportamiento de la eficiencia de remoción de contaminantes. Esta recogida implica una actividad de monitorear y anotar información a través del cuaderno de campo, memorias de máquinas fotográficas y otros, de tal manera

se utilizó para realizar comparaciones entre la lombriz roja californiana y la lombriz de tierra.

- La técnica del puño de llevo a cabo para determinar la humedad en el proceso de adaptación de las lombrices.

### **Instrumentos:**

#### ➤ **Formato de registro de la adaptación de las lombrices**

Se utilizaron Formatos para el registro y organización de los parámetros tomados en campo con la finalidad de una adecuada adaptación de la lombriz roja californiana y la de tierra, registrando su temperatura, pH, humedad del sustrato.

#### ➤ **Formato de registro de los parámetros tomados en campo**

En este formato para registrar los parámetros de pH y temperatura se utilizó el instrumento Analytical Instruments pH-618, para muestra sin tratamiento y en los sistemas **T1** y **T2**.

## **2.8. Procedimiento**

### **2.8.1. Acondicionamiento del área del proyecto**

El acondicionamiento del área es uno de puntos más importantes del inicio de este proyecto, porque es donde se tendría que tomar en consideración el área que ocuparía.

Se consideró un área de 14m<sup>2</sup>, se instaló una carpa de color negro como techo de sombra para evitar las precipitaciones y las fuertes radiaciones solares, y para obtener una gravedad con una pendiente adecuada se trabajó el terreno y se colocó un cilindro de cemento para que sobre ella recaiga el cilindro de plástico donde iría el agua residual del camal municipal haciendo que sea un tratamiento continuo.

### **2.8.2. Recolección y adaptación de las especies *Eisenia Foetida* y *Lumbricus Terrestris* al agua residual del camal municipal de Bagua**

Se compró 2 kilos de la especie *E. Foetida* y fueron traídos de la ciudad de Chachapoyas.

Se obtuvo los 2 kilos de lombrices de la especie *lumbricus terrestris* en los sectores las juntas y en el valle de Huarangopampa donde se realizaron excavaciones de 50 a 70 cm de profundidad hasta llegar a conseguir la cantidad deseada.

En el proceso de adaptación de las lombrices se estructuró un cajón de madera de 75 cm de largo por 31 cm de ancho con división para ambas especies, se realizaron perforaciones en el fondo para su climatización y se cubrió con malla Raschell la superficie y lo superior.

Se preparó para ambos cajones sustratos con tierra fértil, para luego ser aspergeado 1700 ml de agua residual del camal municipal.

Seguidamente se procedió a realizar la prueba del puño para verificar el porcentaje de humedad y además se realizaron registros de pH y temperatura.

Posteriormente fueron inoculadas en los cajones ambas especies entre adultas, juveniles, cuyo proceso de adaptación fue 7 días, teniendo en consideración los registros de cada día (tabla 3 y 4).

**Tabla 3***Adaptación de Eisenia Foetida*

# DE DÍAS	FECHA	HORA	TEMPERATURA °C	HUMEDAD %	PH	PROCESO
1	17/08/2021	9:00	25,50	70	7,00	
1	17/08/2021	14:00	28,60	70	7,80	
1	17/08/2021	18:00	29,20	70	7,40	
2	18/08/2021	9:00	28,02	80	8,40	Aspergeo de A.R.C.M
2	18/08/2021	14:00	35,00	75	7,00	
2	18/08/2021	18:00	26,70	80	7,60	
3	19/08/2021	9:00	28,00	80	7,75	Aspergeo de A.R.C.M
3	19/08/2021	14:00	29,10	80	8,02	
3	19/08/2021	18:00	26,65	70	8,10	
4	20/08/2021	9:00	37,20	75	7,55	Aspergeo de A.R.C.M
4	20/08/2021	14:00	33,00	80	6,42	
4	20/08/2021	18:00	29,10	80	6,99	
5	21/08/2021	9:00	28,00	80	7,75	Aspergeo de A.R.C.M
5	21/08/2021	14:00	30,90	80	6,30	
5	21/08/2021	18:00	29,70	80	6,52	
6	22/08/2021	9:00	30,10	80	7,60	Aspergeo de A.R.C.M
6	22/08/2021	14:00	31,47	80	7,00	
6	22/08/2021	18:00	27,20	80	6,73	
7	23/08/2021	9:00	27,35	75	7,68	Aspergeo de A.R.C.M
7	23/08/2021	14:00	28,00	75	7,00	
7	23/08/2021	18:00	35,68	80	7,00	
<b>TOTAL</b>			<b>29,74</b>	<b>77,14</b>	<b>7,31</b>	

**Tabla 4***Adaptación de Lumbricus Terrestris*

# DE DÍAS	FECHA	HORA	TEMPERATURA °C	HUMEDAD %	PH	PROCESO
1	17/08/2021	9:00	26,00	70	7,50	
1	17/08/2021	14:00	28,60	70	6,66	
1	17/08/2021	18:00	28,01	80	6,92	
2	18/08/2021	9:00	34,00	80	7,77	Aspergeo de A.R.C.M
2	18/08/2021	14:00	36,20	80	7,78	
2	18/08/2021	18:00	35,00	80	7,90	
3	19/08/2021	9:00	29,33	80	8,62	Aspergeo de A.R.C.M
3	19/08/2021	14:00	27,80	80	8,40	
3	19/08/2021	18:00	28,50	80	8,35	
4	20/08/2021	9:00	28,02	80	8,60	Aspergeo de A.R.C.M
4	20/08/2021	14:00	33,40	80	6,50	
4	20/08/2021	18:00	29,40	80	6,61	
5	21/08/2021	9:00	27,70	80	8,40	Aspergeo de A.R.C.M
5	21/08/2021	14:00	31,40	80	6,23	
5	21/08/2021	18:00	29,50	80	6,50	
6	22/08/2021	9:00	28,20	80	7,49	Aspergeo de A.R.C.M
6	22/08/2021	14:00	27,30	80	7,69	
6	22/08/2021	18:00	28,00	80	6,28	
7	23/08/2021	9:00	27,35	80	7,64	Aspergeo de A.R.C.M
7	23/08/2021	14:00	30,80	80	6,60	
7	23/08/2021	18:00	29,30	80	7,45	
<b>TOTAL</b>			<b>29,71</b>	<b>79,05</b>	<b>7,42</b>	

### 2.8.3. Dimensionamiento, Construcción y Relleno del estanque del Lombrifiltro con las diferentes capas de filtración

- ✓ El diseño se basó en un balance de masas que se consideró: la cantidad de lombrices que pueda coexistir por unidad de área, la cantidad de materia orgánica que éstas son capaces de digerir y la tasa máxima de riego que puede soportar el echo para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ , Acuña & Reyes (2017).

De esta manera se consideró en el diseño:

#### Figura 3

*Diseño para el balance de masas*

$$\text{TRiego} = Q/A \leq 1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

- ✓ El procedimiento de la construcción del lombrifiltro se llevó a cabo con el inicio de la construcción de 2 estanques de material de vidrio con un espesor de 6 mm para el soporte de las capas de filtración, y sus dimensiones fueron de 76 cm de largo, 55 cm de ancho y 77 cm de profundidad, con una capacidad de volumen de  $0.32186 \text{ m}^3/\text{u}$ .  
Seguidamente a los dos estanques se les colocó en una de sus esquinas a nivel de la base llaves de media con la finalidad de dar salida al agua residual depurada.  
Para el almacenamiento del agua residual a depurar se compró un tanque de plástico con una capacidad de volumen de 281 L. y se le apertura una salida para tubería de  $\frac{1}{2}$  con su respectiva llave de control.
- ✓ Se rellenó los estanques de vidrio con las capas de filtración y paralelamente se le acondicionó 4 tuberías por estanque de 77 cm de largo verticales agujeradas para cumplir la función de oxigenación, agregando en la primera capa de filtración 15 cm de

bolones obteniéndolo el material en la ribera del río Utcubamba, se agregó 10 cm de grava de tamaño grande, luego 10 cm de grava más pequeña y 5 cm de arena procedente de las riberas del río Utcubamba, todos los materiales anteriormente mencionados fueron previamente lavados, finalmente se colocó 10 cm de aserrín y 15 cm de tierra fértil mezclado con las lombrices en estanques diferentes y por cada capa de filtración se le fue adhiriendo malla Rachell.

#### **2.8.4. Medición de entrada del caudal al estanque de lombrifiltro**

La medición del caudal de entrada al estanque se determinó a través del método volumétrico con la ayuda de un cronómetro y un balde de 8 litros obteniendo los siguientes resultados.

$$Q = V/T$$

$$Q = 8 \text{ L}/54 \text{ S.}$$

$$Q = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### **2.8.5. Instalación de los sistemas**

La instalación final de los sistemas se concluyó con la colocación, el agujeramiento y pegado de las tuberías y codos de ½ de PVC que sirvieron de distribución y aspergeo de las aguas residuales del tanque de almacenamiento a los lombrifiltros.

#### **2.8.6. Toma de muestras y análisis**

Se recolectó el efluente líquido del camal municipal de la ciudad de Bagua, en el horario de funcionamiento de sus actividades que son desde las 2:00 am hasta las 6:00 am y de las 2pm hasta las 3pm.

De acuerdo con la técnica elegida el efluente fue cambiado diariamente por 6 días, pero con la finalidad de obtener un mejor resultado en el estudio el agua residual se cambió por 10 días; el periodo de muestreo se realizó cada día que se alimente con efluente líquido a los estanques (una muestra del efluente), posteriormente se tomaron muestras simples diferentes para cada tratamiento. Las

muestras se recogieron en envases de vidrio color ámbar debidamente esterilizadas y rotuladas y enviados al laboratorio, los análisis de las muestras hechas en campo son para los parámetros de pH y temperatura utilizando el instrumento Analytical Instruments Ph-618.

Los resultados de los parámetros que se evaluaron serán comparados de acuerdo con el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el reglamento de valores máximos admisibles (VMA).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados promedios de los parámetros analizados antes y después de la depuración

Los parámetros fisicoquímicos (sólidos-sedimentables, sólidos-suspendidos, DQO, DBO, nitratos, pH, temperatura, grasas y aceites), analizados antes y después de la depuración en el lombrifiltro, se obtuvieron los siguientes resultados promedios.

Los análisis realizados a los parámetros fisicoquímicos se dieron en el laboratorio de la EMPRESA ANSA SAC.

**Tabla 5**

*Parámetros físico-químicos antes de la depuración*

<b>Resultados análisis físicos – químico practicado a las muestras de aguas residuales del camal Municipal de Bagua</b>							
<b>Sólidos sedimentables (mg/L)</b>	<b>Sólidos suspendidos (mg/L)</b>	<b>DQO (mg 02/L)</b>	<b>DBO (mg 02/L)</b>	<b>Nitratos (N03)-1 (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Grasas y aceites (mg 02/L)</b>
62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00

**Tabla 6**

*Parámetros fisicoquímicos después de la depuración por medio del lombrifiltro con la especie roja californiana*

<b>Resultados promedios tratados con lombriz roja californiana (<i>Eisenia Foetida</i>)</b>							
<b>Solidos sedimentables (mg/L)</b>	<b>Solidos suspendidos (mg/L)</b>	<b>DQO (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	<b>DBO (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	<b>Nitratos (NO<sub>3</sub>)-1 (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Grasas y aceites (mg O<sub>2</sub>/L)</b>
58,00	36,00	300,00	200,00	8,00	7,80	27,00	26,00
56,00	35,00	289,00	190,00	7,87	7,70	26,80	25,10
55,00	33,16	260,00	176,00	7,50	7,68	26,87	24,86
52,12	31,17	240,00	155,00	7,03	7,70	26,00	22,00
50,00	30,00	200,00	143,00	6,45	7,70	26,68	18,39
48,00	27,15	160,00	122,89	6,00	7,68	27,12	17,35
45,13	25,89	143,20	115,00	5,12	7,69	28,00	15,44
40,00	23,90	135,00	100,00	4,98	7,70	27,59	15,41
35,00	21,00	100,00	85,00	4,32	7,71	26,38	15,12
30,00	15,00	95,00	63,00	4,08	7,69	26,90	15,00
<b>46,93</b>	<b>27,83</b>	<b>192,22</b>	<b>134,99</b>	<b>6,14</b>	<b>7,71</b>	<b>26,93</b>	<b>19,47</b>

**Tabla 7**

*Parámetros físico-químicos después de la depuración por medio del lombrifiltro con la especie lombriz de tierra*

<b>Resultados promedios tratados con lombriz de tierra (Lumbricus Terrestris)</b>							
<b>Solidos sedimentables (mg/L)</b>	<b>Solidos suspendidos (mg/L)</b>	<b>DQO (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	<b>DBO (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	<b>Nitratos (NO<sub>3</sub>)-1 (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Grasas y aceites (mg O<sub>2</sub>/L)</b>
61,00	37,00	320,00	230,00	8,10	7,80	27,00	27,00
58,00	36,00	310,00	220,00	7,90	7,70	26,90	26,00
57,00	35,20	300,00	205,00	7,88	7,69	26,88	25,70
56,20	34,30	295,00	195,00	7,87	7,71	26,24	25,45
55,00	33,00	290,00	190,00	7,23	7,71	26,70	25,40
52,00	30,00	280,00	176,89	7,00	7,69	27,00	25,35
50,15	29,80	265,20	160,00	6,87	7,70	28,00	25,13
48,00	28,00	250,00	156,00	6,70	7,71	27,80	25,10
42,00	27,00	245,00	150,00	6,40	7,71	26,80	25,00
40,00	25,00	220,00	143,00	6,00	7,70	27,00	24,00
<b>51,94</b>	<b>31,53</b>	<b>277,52</b>	<b>182,59</b>	<b>7,20</b>	<b>7,72</b>	<b>27,03</b>	<b>25,41</b>

3.2. Observación de remoción de contaminantes

**Tabla 8**

*Remoción en los parámetros fisicoquímicos.*

TRATAMIENTOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS	PARÁMETROS							
	Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg 02/L)	DBO (mg 02/L)	Nitratos (N03)-1 (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg 02/L)
SIN TRATAMIENTO	62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00
EISENIA FOETIDA	46,93	27,83	192,22	134,99	6,14	7,71	26,93	19,47
<b>EFECTO</b>	<b>15,07</b>	<b>10,17</b>	<b>128,78</b>	<b>100,01</b>	<b>2,10</b>	<b>0,19</b>	<b>27,01</b>	<b>7,53</b>
SIN TRATAMIENTO	62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00
LUMBRICUS TERRESTRIS	51,94	31,53	277,52	182,59	7,20	7,72	27,03	25,41
<b>EFECTO</b>	<b>10,06</b>	<b>6,47</b>	<b>43,48</b>	<b>52,41</b>	<b>1,04</b>	<b>0,18</b>	<b>27,06</b>	<b>1,59</b>

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 8 de los parámetros fisicoquímicos, observamos las concentraciones y las reducciones después de las depuraciones.

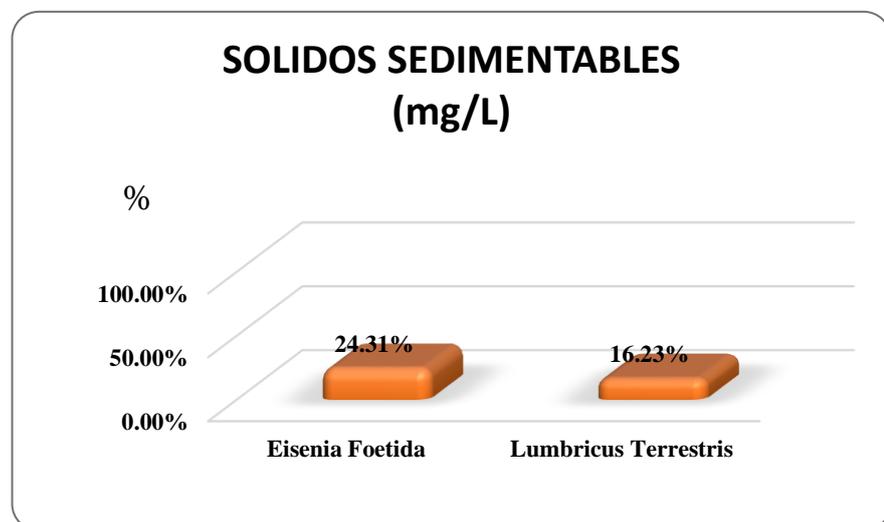
### 3.2.1. Sólidos Sedimentables

Los sólidos sedimentables del agua residual del camal sin depurar fueron de 62,00 mg/L sin embargo, por el lombrifiltro de la *Eisenia Foetida* mostro una reducción de 46,93 mg/L con un efecto de 15,07 mg/L y el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* mostro una reducción de 51,94 mg/L con un efecto de 10,06 mg/L.

De acuerdo con la Figura 13, muestra la eficiencia del lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* reduciendo los Sólidos Sedimentables un 24,31%, mientras tanto el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* dio un 16,23% referido al agua residual depurada.

**Figura 4**

*Variación de los sólidos sedimentables en porcentajes*



### 3.2.2. Sólidos Suspendidos

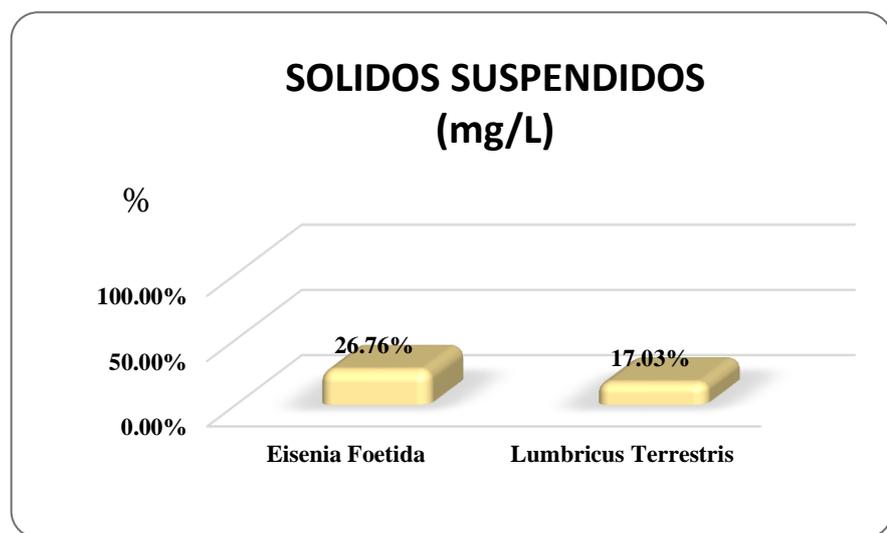
En cuanto a los sólidos suspendidos del agua residual del camal sin depurar fue de 38,00 mg/L y sin embargo con la depuración del lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* fue de 27,83 mg/L con un efecto

de remoción de 10,17 mg/L y la reducción del lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de 31,53 mg/L con un efecto de 6,47 mg/L.

De acuerdo con la Figura 14 muestra al lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* ser el mejor removedor de los sólidos suspendidos con un 26,76%, mientras el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de un 17,03%.

**Figura 5**

*Variación en la remoción de los Sólidos Suspendidos en porcentaje.*



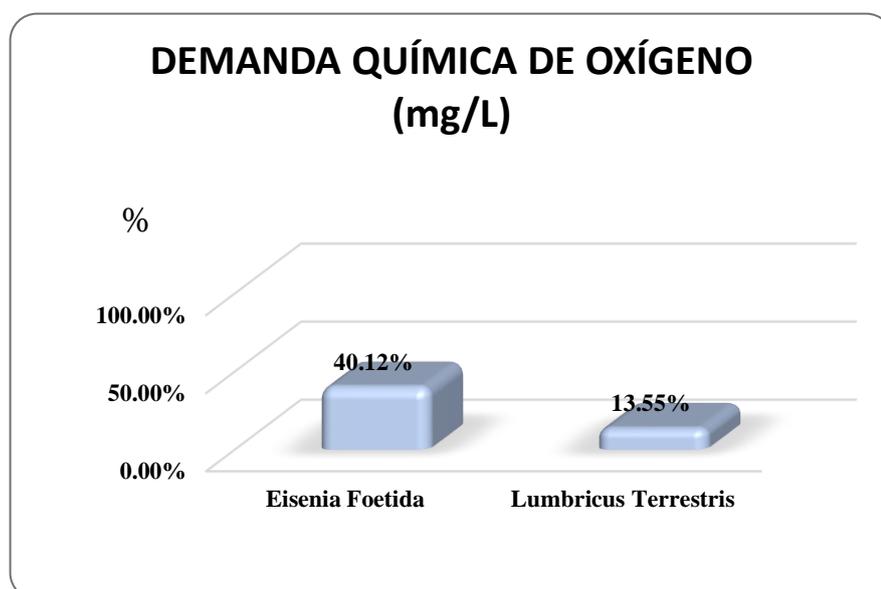
### 3.2.3. Demanda Química de Oxígeno

El análisis al agua residual del camal sin depurar arrojó como resultado en los DQO un 321,00 mg/L, y depurada a través del lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* fue de 192,22 mg/L generando un efecto de 128,78 mg/L y el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de 277,52 mg<sub>02</sub>/L generando un efecto de 43,48 mg<sub>02</sub>/L.

De acuerdo con la Figura 15 el lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* removió un 40,12% de los DQO, mientras el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* removió un 13,55%.

**Figura 6**

Variación en la remoción de los DQO en porcentajes



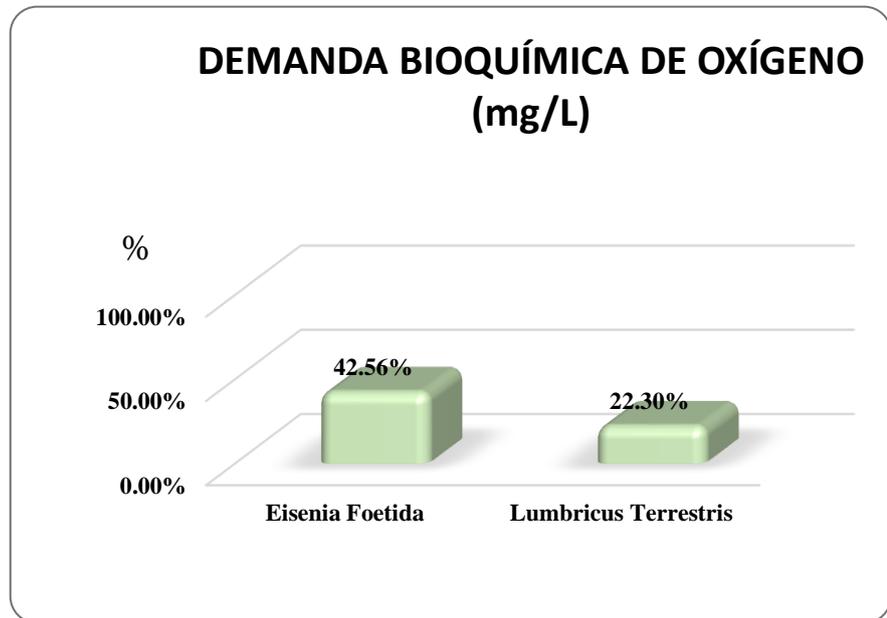
#### 3.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno

En cuanto al DBO del agua residual del camal sin depurar fue de 235,00 mg/L y sin embargo con la depuración del lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* fue de 134,99 mg/L con un efecto de remoción de 100,01 mg/L y la reducción del lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de 182,59 mg02/L con un efecto de 52,41mg/L.

El Gráfico 4 muestra al lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* ser el mejor removedor de los sólidos suspendidos con un 42,56%, mientras el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de un 22,30%.

**Figura 7**

*Porcentaje de remoción en los DBO*



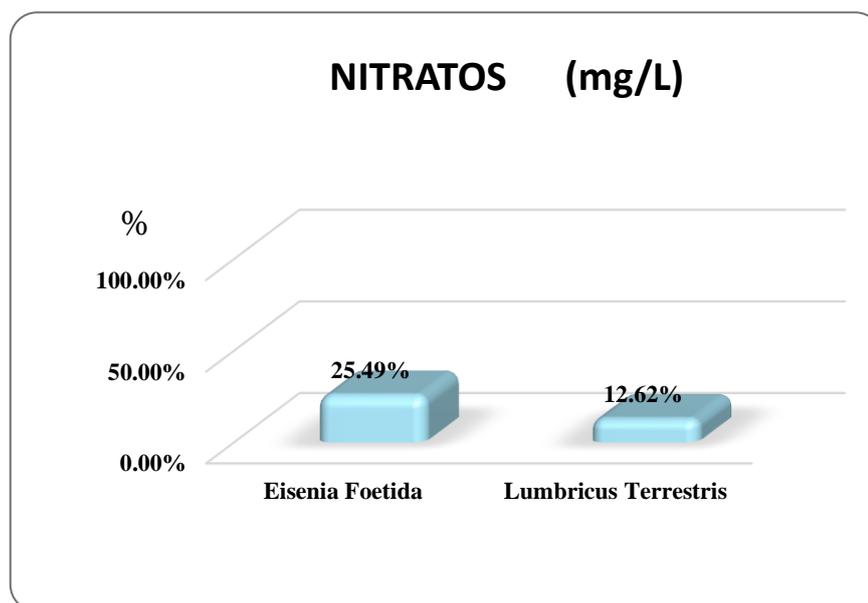
### 3.2.5. Nitratos

Los Nitratos del agua residual del camal sin depurar fue de 8,24 (mg/L) sin embargo, por el lombrifiltro de la *Eisenia Foetida* mostró una reducción de 6,14 (mg/L) con un efecto de 2,10 (mg/L) y el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* mostró una reducción de 7,20 (mg/L) con un efecto de 1,04 (mg/L).

De acuerdo con la Figura 17 muestra la eficiencia del lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* reduciendo los nitratos un 25,49%, mientras tanto el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* dio un 12,62 % referido al agua residual depurada.

**Figura 8**

*Variación en la remoción de nitratos en porcentajes*



### 3.2.6. Potencial de Hidrógeno (pH)

El análisis al parámetro pH en la Tabla 8 muestra los rangos obtenidos, en la muestra sin depurar fue de 7,90 promediando un valor básico, en cambio después de depurar el agua residual por medio del lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* fue de 7,71 promediando un valor medianamente básico y en cuanto al lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de 7,72 se promedia un valor aproximándose a la neutralidad.

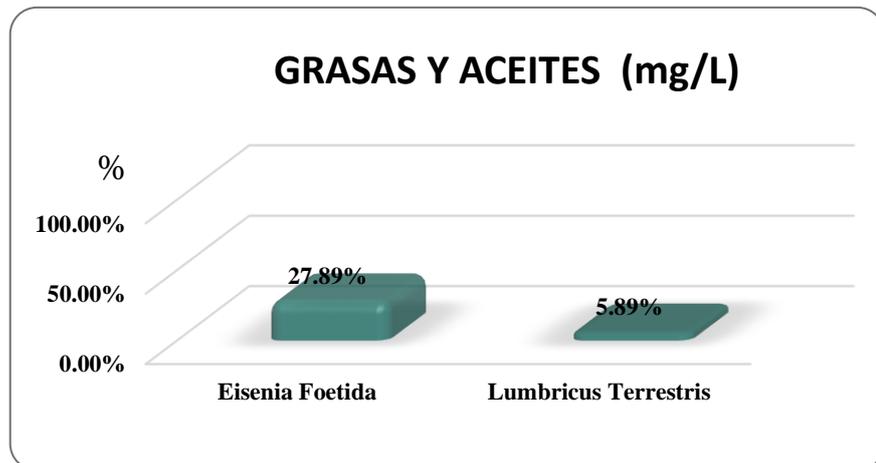
### 3.2.7. Aceites y Grasas

En cuanto al parámetro de Grasas y Aceites del agua residual del camal sin depurar fue de 27,00 mg/L y sin embargo con la depuración del lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* fue de 19,47 mg/L con un efecto de remoción de 7,53 mg/L y la reducción del lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de 25,41 mg/L con un efecto de 1,59 mg/L.

Figura 18 muestra al lombrifiltro con la *Eisenia Foetida* un porcentaje de remoción de 27,89%, mientras el lombrifiltro con la *Lumbricus Terrestris* fue de un 5,89%.

**Figura 9**

*Porcentajes de los Aceites y grasas*



### **3.3. Resultados de los parámetros evaluados comparados con el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el reglamento de valores máximos admisibles (VMA)**

Los parámetros fisicoquímicos que se analizaron y fueron tratados por ambos lombrifiltros fueron Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos, DQO, DBO, Nitratos, pH, Temperatura, Grasas y aceites, luego se compararon de acuerdo con el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el reglamento de valores máximos admisibles (VMA).

De acuerdo con ambas depuraciones realizadas y la comparación con los valores máximos admisibles, se ha determinado en los sólidos sedimentables no cumple con la norma por estar sobre los valores máximos admisibles, sin embargo, en los siguientes parámetros, en Sólidos Suspendedos, DQO, DBO, Nitratos, pH, Temperatura, Grasas y aceites si cumplieron con la norma por presentar valores por debajo de los valores máximos admisibles.

Las depuraciones realizadas por el lombrifiltro con el *E. Foetida* fue más eficiente por presentar una mayor reducción en remoción de los contaminantes, en cambio a la depuración del lombrifiltro con la *L. Terrestris* presento una baja reducción en la remoción de las contaminantes. Sin embargo, ambas depuraciones fueron efectivas por presentar valores por debajo de los valores máximo admisible a excepción de los sólidos sedimentables que no redujo por debajo del valor permitidos.

**Tabla 9***Comparación con el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA*

<b>Identificación de la muestra</b>						<b>Usuario no doméstico (UND)</b>		
<b>Descripción del punto de Muestreo</b>						<b>Descarga final del alcantarillado</b>		
<b>Fecha y hora de muestreo</b>						<b>10/09/2021</b>		
<b>Ubicación Geográfica</b>						<b>0772989-E, 9375675-N, Zona 17 M</b>		
<b>Tipo de Matriz y/o producto</b>						<b>Agua residual industrial</b>		
<b>Tipo de Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sin depurar</b>	<b>R. Californiana depurado</b>	<b>Valor Máximo Admisible (VMA)</b>	<b>Declaración de Conformidad</b>	<b>L. Terrestres depurado</b>	<b>Valor Máximo Admisible (VMA)</b>	<b>Declaración de Conformidad</b>
Solidos sedimentables	(mg/L)	62,00	46,93	8.5	<b>No cumple</b>	51,94	8.5	<b>No cumple</b>
Solidos suspendidos	(mg/L)	38,00	27,83	500	<b>Cumple</b>	31,53	500	<b>Cumple</b>
DQO	(mg O <sub>2</sub> /L)	321,00	192,22	1000	<b>Cumple</b>	277,52	1000	<b>Cumple</b>
DBO	(mg O <sub>2</sub> /L)	235,00	134,99	500	<b>Cumple</b>	182,59	500	<b>Cumple</b>
Nitratos	(NO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup> (mg/L)	8,24	6,14	80	<b>Cumple</b>	7,20	80	<b>Cumple</b>
Potencial de hidrogeno	pH	7,90	7,71	6-9	<b>Cumple</b>	7,72	6-9	<b>Cumple</b>
Temperatura	(°C)	27,10	26,93	<35	<b>cumple</b>	27,03	<35	<b>Cumple</b>
Grasas y aceites	(mg O <sub>2</sub> /L)	27,00	19,47	100	<b>Cumple</b>	25,41	100	<b>Cumple</b>

#### IV. DISCUSIÓN

El sistema de (Toha), nos permite mitigar el grado de contaminantes que se encuentra en los efluentes residuales ocasionadas por las actividades antropogénicas, por cuanto las investigaciones realizadas nacional e internacional a las aguas residuales tanto domesticas como industriales con el sistema toha, se ha determinado que el uso de la especie de lombriz *E. Foetida* ha generado una mejor eficiencia en la remoción de los contaminantes.

En las investigaciones realizadas por Díaz & Zafra (2018), en la ciudad de Cajamarca, optaron por desarrollar un sistema piloto de lombrifiltro para tratar las aguas residuales del camal municipal, utilizando la lombriz *Eisenia foetida*, conformándolo con diversas capas de aserrín, arena fina de 0,5mm, el uso del carbón mineral, piedra, fina capa de gravilla y una capa de piedra de rio. Conforme iban realizando las pruebas repetidas veces y las muestras analizadas del afluente y efluente fueron cada vez siendo más favorable, reduciendo los DBO de una primera repetición de 7004,00 mg/L a 280,16 mg/L y segundando se redujeron aún más de 6906,60mg/L a 210,12mg/L; y en los parámetros DQO también lograron reducir de valores muy elevados en la primera repetición de 8109,00 mg/L a 810,9 mg/L y segundando tuvieron como valores de 8025,5mg/L a 486,54mg/L. Estando dentro de los límites máximos permisibles.

De acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2019-Vivienda se ha constatado las depuraciones realizadas al agua residual obteniendo resultados favorables que comprueba la eficiencia de la *E. Foetida*, de los 8 parámetros evaluados, los sólidos sedimentables que obtuvieron resultados que no cumplió los parámetros del decreto de vivienda reduciendo en un porcentaje de 24,31% y en la *Lumbricus Terrestris* fue de 16,23%, en cuanto a los demás parámetros cumplieron de acuerdo al decreto de vivienda y coincidieron en los hallazgos que fueron realizados en otras investigaciones.

Así mismo en Ibarra, sede de la Universidad Católica del Ecuador se realizó estudios en Evaluación de Efectividad del Sistema de Vermifiltros en la depuración de efluentes líquidos del camal de Ibarra, a través de múltiples tratamientos. En los dos primeros tratamientos realizados por el sistema vermifiltros se determinó a nivel de laboratorio la efectividad de remoción de los efluentes líquidos, teniendo

un mejor resultado de remoción en el Vermifiltro 1, de los siguientes parámetros: en DQO a un promedio de 96,27% y en sólidos totales un promedio de 64,01% , cumpliendo con los límites máximos permisibles para las descargas al alcantarillado público, y a su vez un incremento de 0,44% de materia orgánica en el sustrato de las lombrices. (Landeta, 2019).

De acuerdo a las investigaciones de Ramón, León & Castillo (2015), desarrollaron un sistema de lombrifiltro con el fin de mitigar la contaminación generada por los efluentes líquidos de la ciudad de Pamplona (Colombia), luego de ser diseñado y construido dicho sistema, las aguas servidas se inyectaron dentro del lombrifiltro para posteriormente sacar las muestras del afluente y efluente, y llevarlas al laboratorio donde dieron como resultado el 89.5% de eficiencia del sistema lombrifiltro y una reducción de remoción de materia orgánica de 92.1% y entre los parámetros DQO, Coliformes totales y fecales de un 92%. Los resultados obtenidos de los análisis sostuvieron que los efluentes tratados estarían aptos para ser reutilizados para otros fines.

En los estudios realizados por Llumiquinga y Parra (2018), en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, diseñaron un sistema de vermicompostaje a un nivel de estudio piloto, para la depuración de sus aguas residuales, entre los factores a reducir fueron los lodos provenientes del Camal Metropolitano de Quito, dentro de los cuatro tratamientos, logrando obtener resultados satisfactorios en el tratamiento 2 con una eficacia de 85,41% y una remoción de los patógenos a un 99,18%, así mismo la relación de los Sólidos Volátiles (SV) y Sólidos Totales (ST) alcanzando un valor de 14,37%. Así mismo al finalizar el bioproceso, consideraron que era factible como abono o fertilizante para el suelo.

## V. CONCLUSIONES

Las depuraciones realizadas a los efluentes del camal municipal de Bagua por medio del uso de lombrifiltros, fue comparada entre las especies utilizadas la *E. Foetida* y la *Lumbricus Terrestris*, en el lombrifiltro que fue introducida la especie *E. Foetida* sostuvo un resultado promedio de 27% y en el lombrifiltro con la *lumbricus Terrestris* sostuvo un resultado de 13%, demostrándose en esta investigación que la especie *E. Foetida* es la más eficiente para reducir los contaminantes en las aguas residuales de los camales

El sistema de lombrifiltro fue aplicado para analizar los 8 parámetros fisicoquímicos siendo Sólidos sedimentables (mg/L), Sólidos suspendidos (mg/L), DQO (mg/L), DBO (mg/L), Nitratos (mg/L), pH, Temperatura, Grasas y aceites (mg/L) que fueron establecidos en la investigación y fue empleado por los bajos costos para su construcción, su facilidad de construcción y por su eficiencia en depurar las aguas residuales.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ De acuerdo con los resultados favorables de la depuración de las aguas residuales del camal a través del uso de los lombrifiltros, se recomienda a la Municipalidad Provincial de Bagua a desarrollarlo a gran escala.
- ✓ Para una mejor eficiencia en la depuración del agua residual se debería incorporar al lombrifiltro mayor cantidad de espesor en las capas filtrantes y colocar como capa filtrante carbón activo para un mejor resultado.
- ✓ Para poder obtener un mejor resultado en la depuración del agua residual del camal se recomienda el uso del carbón activado, este material interactúa y atrapa toxinas, bacterias, químicos, hongos e impurezas contenidas en el agua.
- ✓ Utilizar la mayor cantidad de lombrices para obtener mejor resultados en la remoción de la materia orgánica por ser las consumidoras.
- ✓ Mejorar el diseño del lombrifiltro en el vaciado del agua residual a los estanques, haciendo que sea caída directa y de tal manera evitando las obstrucciones de los agujeros de las tuberías.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

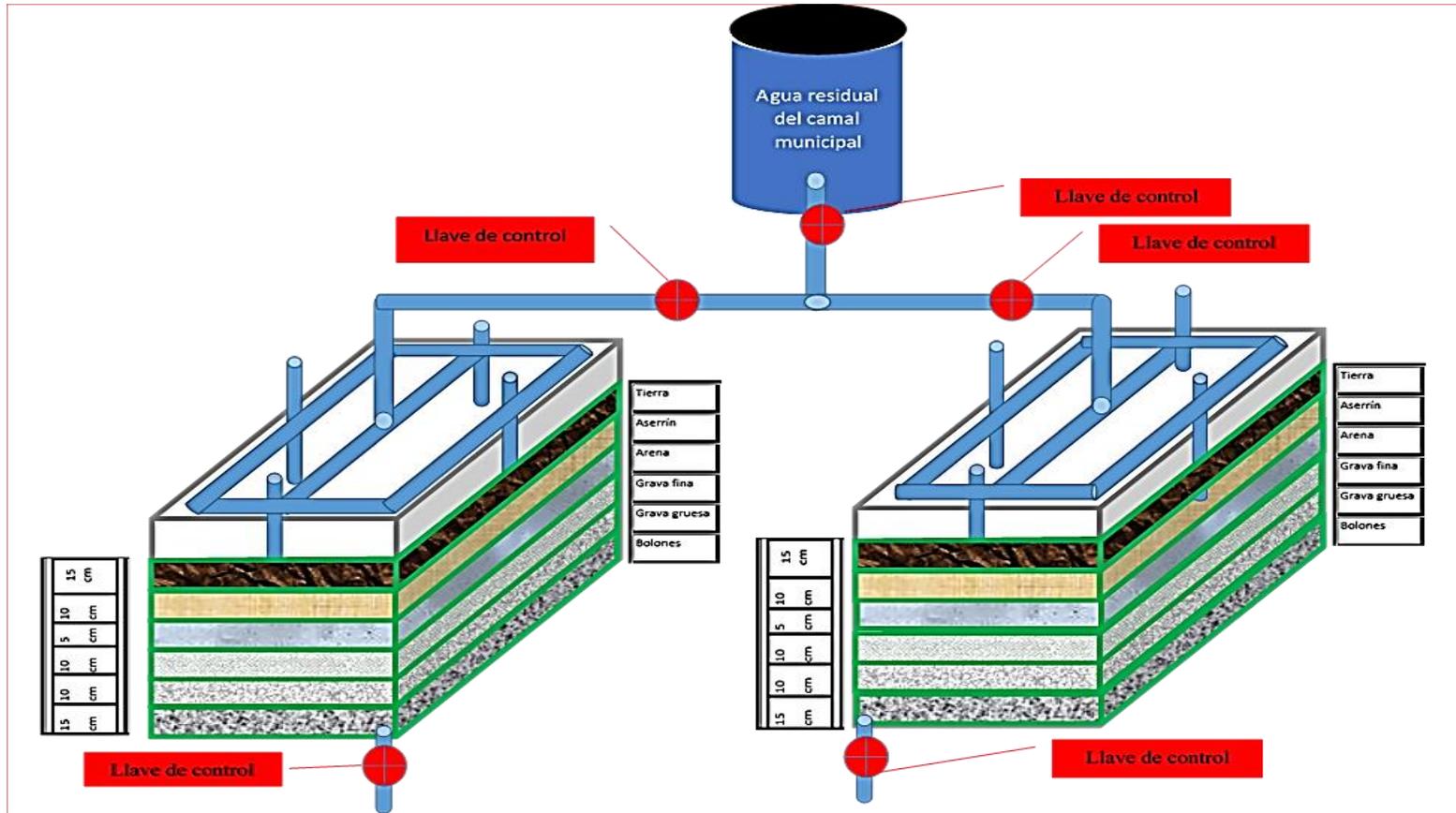
- Acuña, M. J., & Reyes, S. J. (2017). Eficiencia de *Lumbricus Terrestis* y *Eisenia Foetida* en el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Bagua - Amazonas. Bagua, Amazonas, Perú.
- Caicedo, C. J. (2017). Diseño, construcción y evaluación de un prototipo biológico compuesto de *Eisenia fetida* y *Agave filifera*, para el tratamiento de aguas residuales en la granja del ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca, Riobamba 2015.
- Delgado, E. P., & Piñeros, C. J. (2016). Evaluación del sistema de depuración biológica a partir de lombrices de tierra (*Eisenia Foetida*) en aguas residuales procedentes de industrias lácteas a nivel laboratorio. Fundación Universidad de América, Bogotá D.C.
- Díaz, R. L., & Zafra, O. A. (2018). Implementación de un lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales precendentes del camal municipal de Cajamarca en 2017. Cajamarca.
- Jimenez, A. (2016). Estudio de un sistema de un tratamiento de agua residuales proveniente de una fábrica de embutidos. Escuela politécnica nacional.
- Jin, Q., Li, W., & Li, X. N. (2016). Effect of Earthworm *Eisenia Foetida* in Constructed Wetland on Purification of Country Wastewater. *Procedia Engineering*, 154, 406–411. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.505>
- Landeta, F. (2019). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de vermifiltros en el tratamiento de aguas residuales del camal de Ibarra*, [Tesis de Pre Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio – PUCESI. [https://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/533/1/1\\_Tesis.pdf.pdf](https://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/533/1/1_Tesis.pdf.pdf)
- Llumiquinga, Y., Parra, F., (2018). *Estudio piloto para la estabilización de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales del camal metropolitano de Quito mediante vermicompostaje*, [Tesis de Pre Grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital – EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19402/1/CD-8791.pdf>

- Manrique, E., & Piñeros, J. (2016). Evaluación Del Sistema De Depuración Biológica A Partir De Lombrices De Tierra (*Eisenia Foetida*), En Aguas Residuales Procedentes De Industrias Lácteas A Nivel Laboratorio. Fundación Universidad De América.
- Manyuchi, M., Kadzungura, L., & Boka, S. (2017). Vermifiltration of Sewage Wastewater using *Eisenia Fetida* Earthworms for Potential use in Irrigation Purposes, (June 2013).
- Mejía, F. P. y Pérez, K. L. (2016). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse – Apurímac. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Rojas, M., Merino, M., Pacheco, Y., & Taipe, J. (2016). Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas por Lombrifiltro. Huancayo.
- Ramón, J., Leon, J., & Castillo, N. (2015). Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie *Eisenia foetida*. *Mutis*, 5(1), 46–54.
- Saboya, R. X. (2018). Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas en el Distrito de Chachapoyas - Amazonas. Chachapoyas, Amazonas, Perú.
- Sistema Tohá. (2018). Sistema Tohá. Obtenido de <http://sistematoha.cl/newSistematoha/proyectos/>
- Singh, R., Bhunia, P., & Dash, R. R. (2017). A mechanistic review on vermifiltration of wastewater: Design, operation and performance. *ScienceDirect*, 197, 656-672.
- Sukhdeep, K., & Puneet, P. S. (2019). Kaur, Sukhdeep Vermifiltration Using Garden Waste as Padding Media for Treatment of Dairy Wastewater.
- Vizcaíno, L., Fuentes, N., (2016). Efectos de *E. foetida* y *E. crassipes* en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos. *Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19 (1), 189. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a22.pdf>

# ANEXOS

## Anexo 1.

### Diseño del Lombrifiltro



Anexo 2.  
Panel fotográfico









### Anexo 3.

## Resultados del laboratorio a los análisis fisicoquímicos



INVERSIONES ANSA SAC

Consultores & Ejecutores Proveedores en General

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL AREA DE LABORATORIO Y ANALISIS DE LA EMPRESA ANSA SAC

### CERTIFICA:

Que de los análisis físicos – químico practicado a las muestras de aguas residuales del camal Municipal de Bagua, se obtuvo los siguientes resultados:

Cod.	Punto de muestreo	Fecha de toma de muestra	Solidos sedimentables (mg/L)	Solidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) <sup>1</sup> (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg O <sub>2</sub> /L)
01-21	Salida del camal	01/09/21	62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00



Jr. Sachapuyos N° 411 Telf. (041) 478356 – Chachapoyas – Amazonas / Calle San José N° 322 oficina 311  
Email: [jeffersonrefa@hotmail.com](mailto:jeffersonrefa@hotmail.com) (041-9973934) / [proconsqui@gmail.com](mailto:proconsqui@gmail.com) / [alvarosedano3h@hotmail.com](mailto:alvarosedano3h@hotmail.com)



## INVERSIONES ANSA SAC

Consultores & Ejecutores Proveedores en General

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL AREA DE LABORATORIO Y ANALISIS DE LA EMPRESA ANSA SAC

### CERTIFICA:

Que de los análisis físicos – químico practicado a las muestras de aguas residuales del camal Municipal de Bagua, se obtuvo los siguientes resultados:

Cod.	Punto de muestreo	Fecha de toma de muestra	Solidos sedimentables (mg/L)	Solidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup> (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg O <sub>2</sub> /L)
01-21	Salida del camal	01/09/21	62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00





**INVERSIONES ANSA SAC**  
**Consultores & Ejecutores Proveedores en General**

L2-21	Salida del filtro	13/09/21	56,00	35,00	289,00	190,00	7,87	7,70	26,80	25,10
L3-21	Salida del filtro	18/09/21	55,00	33,16	260,00	176,00	7,50	7,68	26,87	24,86
L4-21	Salida del filtro	19/09/21	52,12	31,17	240,00	155,00	7,03	7,70	26,00	22,00
L5-21	Salida del filtro	22/09/21	50,00	30,00	200,00	143,00	6,45	7,70	26,68	18,39
L6-21	Salida del filtro	25/09/21	48,00	27,15	160,00	122,89	6,00	7,68	27,12	17,35
L7-21	Salida del filtro	28/09/21	45,13	25,89	143,20	115,00	5,12	7,69	28,00	15,44
L8-21	Salida del filtro	01/10/21	40,00	23,90	135,00	100,00	4,98	7,70	27,59	15,41
L9-21	Salida del filtro	04/10/21	35,00	21,00	100,00	85,00	4,32	7,71	26,38	15,12
L10-21	Salida del filtro	07/10/21	30,00	15,00	95,00	63,00	4,08	7,69	26,90	15,00





## INVERSIONES ANSA SAC

Consultores & Ejecutores Proveedores en General

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL AREA DE LABORATORIO Y ANALISIS DE LA EMPRESA ANSA SAC

### CERTIFICA:

Que de los análisis físicos – químico practicado a las muestras de aguas residuales pasadas por tratamiento con la lombriz de tierra (Lumbricus Terrestris), se obtuvo los siguientes resultados:

Cod.	Punto de muestreo	Fecha de toma de muestra	Solidos sedimentables (mg/L)	Solidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg O <sub>2</sub> /L)
T1-21	Salida del filtro	10/09/21	61,00	37,00	320,00	230,00	8,10	7,80	27,00	27,00





## INVERSIONES ANSA SAC

### Consultores & Ejecutores Proveedores en General

T2-21	Salida del filtro	13/09/21	58,00	36,00	310,00	220,00	7,90	7,70	26,90	26,00
T3-21	Salida del filtro	16/09/21	57,00	35,20	300,00	205,00	7,88	7,69	26,88	25,70
T4-21	Salida del filtro	19/09/21	56,20	34,30	295,00	195,00	7,87	7,71	26,24	25,45
T5-21	Salida del filtro	22/09/21	55,00	33,00	290,00	190,00	7,23	7,71	26,70	25,40
TL6-21	Salida del filtro	25/09/21	52,00	30,00	280,00	176,89	7,00	7,69	27,00	25,35
T7-21	Salida del filtro	28/09/21	50,15	29,80	265,20	160,00	6,87	7,70	28,00	25,13
T8-21	Salida del filtro	01/10/21	48,00	28,00	250,00	156,00	6,70	7,71	27,80	25,10
T9-21	Salida del filtro	04/10/21	42,00	27,00	245,00	150,00	6,40	7,71	26,80	25,00
T10-21	Salida del filtro	07/10/21	40,00	25,00	220,00	143,00	6,00	7,70	27,00	24,00



Jr. Sachapuyos N° 411 Telf. (041) 478356 – Chachapoyas – Amazonas / Calle San José N° 322 oficina 311  
 Email: [jeffersonrefa@hotmail.com](mailto:jeffersonrefa@hotmail.com) (041-9973934) / [proconsqui@gmail.com](mailto:proconsqui@gmail.com) / [alvarosedano3h@hotmail.com](mailto:alvarosedano3h@hotmail.com)



## INVERSIONES ANSA SAC

### Consultores & Ejecutores Proveedores en General

ENSAYO	UNIDAD	METODO DE ENSAYO UTILIZADO
Solidos totales en suspensión (SST)	(mg/L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total, Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Temperatura	(°C)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature. Laboratory and Field Methods.
Potencial de hidrogeno (pH)	(pH)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method
Demanda química de oxígeno (DQO)	(mg O <sub>2</sub> /L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	(mg O <sub>2</sub> /L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup>	(mg/L)	Método turbidimétrico modificado- medidor de nitratos HI97751C
Grasas y aceites	(mg /L)	Method 1664, Revision B: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.

