



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“EFECTO DEL SISTEMA DE LOMBRIFILTRO EN LA DEPURACIÓN  
DE DBO<sub>5</sub> y DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL  
DISTRITO DE MOCHE”**

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

**AUTOR**

**MITMA JARA YOMIRA IVON**

**ASESOR**

**Dr. CRUZ MONZÓN JOSÉ ALFREDO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2017**

## **PÁGINA DEL JURADO**

---

**Ing. Medardo Alberto Quezada Álvarez**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Rivero Méndez José Félix**  
**SECRETARIO**

---

**Dr. Cruz Monzón José Alfredo**  
**VOCAL**

## DEDICATORIA

A Dios, porque me da las fuerzas y la tranquilidad que necesito para continuar y cumplir mis metas.

A mis padres por confiar en mí brindándome su apoyo e impulsarme a seguir adelante.

A mi hijo Jahaziel por ser parte de mi vida y ser quien me motiva con su sola presencia y me impulsa a seguir adelante con mis metas trazadas.

A la señora Dorila por su apoyo incondicional y sus consejos motivacionales.

Al Ingeniero Rivero por brindarme su apoyo incondicional, por guiarme y motivarme durante el desarrollo de mi tesis.

A mi asesor Dr. José Alfredo Monzón quien me guio durante el desarrollo de mi tesis y me mostro que en toda situación difícil existe una solución.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi apoyo incondicional, por estar conmigo en todo momento, y ayudarme a seguir adelante.

A mis padres por darme la vida y enseñarme que todo es posible, y que rendirse no es una opción.

A mi hijo Jahaziel por ser una bendición en mi vida, y mostrarme que siempre debo levantarme de toda situación difícil.

A la señora Dorila por formar parte de mi, y ayudarme a concluir una etapa más de mi vida.

Al ingeniero Rivero por brindarme todo su paciencia y su tiempo, para poder culminar mi tesis.

Al Dr. José Alfredo Cruz Monzón quien me ayudo a romper los obstáculos que se presentaron durante el proceso de mi tesis.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Mitma Jara Yomira Ivon con DNI N° 72916945, estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo declaro:

Que el trabajo de investigación académico titulado:

“Efecto del Sistema de Lombrifiltro en la Depuración de DBO<sub>5</sub> y DQO de las Aguas Residuales Domésticas del Distrito de Moche”; para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Declaro bajo juramento que todos los datos e información que se evidencia en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, flageo u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 13 de Diciembre de 2017

---

Mitma Jara Yomira Ivon

DNI: 72916945

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada: “Efecto del Sistema de Lombrifiltro en la Depuración de DBO<sub>5</sub> y DQO de las Aguas Residuales Domésticas del Distrito de Moche”, con la finalidad de mostrar una nueva alternativa en el tratamiento de aguas residuales.

El documento consta de ocho capítulos: en el primer capítulo se ubica la introducción, en el segundo el marco metodológico, en el tercero los resultados, en el cuarto las discusiones, en el quinto las conclusiones, en el sexto las recomendaciones, en el séptimo las referencias bibliográficas y finalmente los anexos.

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

La autora

Trujillo, 13 de Diciembre de 2017

---

Mitma Jara Yomira Ivon

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática .....	12
1.2. Trabajos Previos .....	13
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	17
1.3.1. Aguas Residuales .....	17
1.3.2. Clasificación de Aguas Residuales.....	17
1.3.3. Características de las Aguas Residuales .....	18
1.3.4. Estándares de Calidad de Agua .....	19
1.3.5. Tipos de Tratamiento .....	19
1.3.6. Ubicación geográfica del distrito de Moche .....	23
1.4. Problema:.....	24
1.5. Justificación .....	24
1.6. Hipótesis: .....	24
1.7. Objetivos:.....	25
II. MÉTODO.....	25
2.1. Tipo de Investigación .....	25
2.2. Diseño de Investigación .....	25
2.3. Variables y Operacionalización .....	26
2.3.1. Variables .....	26
2.3.2. Operacionalización de Variables .....	26
2.4. Población y muestra.....	27
2.4.1. Población .....	27
2.4.2. Muestra .....	27
2.4.3. Unidad de Análisis.....	27
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.5.1. Técnicas e instrumentos .....	27
2.5.2. Validez y confiabilidad.....	28
2.6. Métodos de Análisis de Datos.....	28

2.6.1. Metodología .....	28
2.6.2. Métodos Estadísticos .....	30
2.7. Aspectos Éticos .....	31
III. RESULTADOS .....	31
3.1. Análisis Estadísticos .....	34
IV. DISCUSIÓN .....	37
V. CONCLUSIONES .....	39
VI. RECOMENDACIONES .....	40
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
VIII. ANEXOS .....	43



## TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Estándares de Calidad de Agua .....	19
<b>Tabla 2:</b> Parámetros de eficiencia del sistema Tohá .....	21
<b>Tabla 3:</b> Parámetros para el hábitat de Eisenia foetida .....	23
<b>Tabla 4:</b> Diseño Experimental .....	26
<b>Tabla 5:</b> Identificación de Variables.....	26
<b>Tabla 6:</b> Operacionalización de Variables .....	26
<b>Tabla 7:</b> Parámetros de Aguas residuales .....	27
<b>Tabla 8:</b> Equipos, instrumentos e insumos químicos .....	28
<b>Tabla 9:</b> Instrumentos y Validación .....	28
<b>Tabla 10:</b> Caracterización DBO5 y DQO.....	31
<b>Tabla 11:</b> Prueba de Normalidad.....	34
<b>Tabla 12:</b> Prueba de homogeneidad .....	35
<b>Tabla 13:</b> Resultados en mL de los tres tratamientos. ....	46
<b>Tabla 14:</b> PRUEBA ESTADÍSTICA ANOVA.....	47
<b>Tabla 15:</b> Prueba de Tukey y Scheffe .....	48

## GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Porcentaje de Remoción de DBO5 y DQO de la primera muestra.....	32
<b>Gráfico 2:</b> Porcentaje de remoción de DBO5 y DQO de la segunda muestra.....	33
<b>Gráfico 3:</b> Porcentaje de remoción de DBO5 y DQO de la tercera muestra. ....	33

## FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Medidas marginales en la remoción de DQO. ....	36
<b>Figura 2:</b> Medidas marginales para la remoción de DBO5.....	36
<b>Figura 3:</b> Subsector Miramar.....	43
<b>Figura 4:</b> Lagunas de oxidación.....	43
<b>Figura 5:</b> Toma de muestras.....	44
<b>Figura 6:</b> Capas de Lombrifiltro .....	44
<b>Figura 7:</b> Sistema de lombrifiltro .....	45
<b>Figura 8:</b> Luego de la aplicación del sistema en los tres tratamientos .....	45
<b>Figura 9:</b> El agua después del tratamiento de 50 mL/min. ....	46

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en evaluar el efecto de un sistema de lombrifiltro en la remoción de la carga orgánica presente en el agua residual doméstica del Distrito de Moche Sub – Sector Miramar. Este sistema consta de un filtro con tres capas; humus y lombrices (*eisenia foetida*), aserrín y grava. El diseño experimental es unifactorial, con una muestra de 60 litros tomadas de la primera laguna de oxidación perteneciente a la JASS, el método estadístico para el procesamiento de datos fue el ANOVA que afirmaron la hipótesis alterna, donde los tratamientos son diferentes. Antes de iniciado el tratamiento se realizó la caracterización del agua residual verificando la contaminación por DBO<sub>5</sub> y DQO, durante el tratamiento la materia orgánica se quedó retenida en la primera capa donde las lombrices se encargaron de consumirla. En conclusión el sistema de tratamiento logro una mejor remoción con el primer tratamiento de 50 mL/min obteniendo los siguientes porcentajes 83.87% y 72.43% en DBO<sub>5</sub> y DQO respectivamente. Estos resultados no alcanzan en el cumplimiento de la norma de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

**Palabras Clave:** Caudal, tratamiento, Lombriz californiana, remoción, materia orgánica.

## **ABSTRACT**

The present research work consisted in evaluating the effect of a vermicompost system in the removal of the organic load present in the domestic residual water of the District of Moche Sub - Sector Miramar. This system consists of a filter with three layers; humus and worms (*Eisenia foetida*), sawdust and gravel. The experimental design is unifactorial, with a sample of 60 liters taken from the first oxidation lagoon belonging to the JASS, the statistical method for data processing was the ANOVA that affirmed the alternative hypothesis, where the treatments are different. Before the treatment was started, the characterization of the residual water was verified, verifying the contamination by BOD5 and COD, during the treatment the organic matter was retained in the first layer where the earthworms were responsible for consuming it. In conclusion, the treatment system achieved a better removal with the first treatment of 50 mL / min obtaining the following percentages 83.87% and 72.43% in BOD5 and COD respectively. These results do not reach in compliance with the norm of the Environmental Quality Standards for Water Category 3: Irrigation of vegetables and animal drink.

**Key Words:** Flow, treatment, California worm, removal, organic matter.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

El agua es un elemento esencial para la vida, el uso inadecuado que el ser humano le ha dado ha alterado su composición natural perjudicando a todo ser viviente. Las actividades que genera diariamente como el uso doméstico, industrial y agrario producen residuos que contaminan este recurso, el problema se da desde el momento que estas aguas no se les da el tratamiento que necesitan para poder ser vertidas a los cuerpos receptores tales como lagos, lagunas y ríos de esta manera se evitaría el impacto negativo que ocurre por estas actividades.

Ante esta problemática en la actualidad existen variedad de tratamientos de agua residual que ayudan a minimizar estos impactos, pero el costo de muchos de los tratamientos limitan a las autoridades en poder realizarlo, dejando de lado la opción de poder mejorar la calidad de este recurso, ante este obstáculo se busca nuevas tecnológicas de bajo presupuesto para poder realizar el tratamiento a estas aguas.

En la investigación de Mba & Educativa (2012) menciona, para el tratamiento de las aguas residuales que genera el camal Faenagro, en Chile, se realizó a través del uso de un biofiltro, el cual está compuesto por lombrices, además de otras capas, esta especie se encarga de consumir parte de la sangre que no es retenida en las rejillas, las demás capas terminan de depurar los sólidos restantes. Una vez que el agua residual pasa por el biofiltro esta puede ser vertida a las redes de alcantarillado, además que es económica y puede ser reutilizado para el riego agrícola, demostrando que existen procesos alternativos para el tratamiento de estas aguas. Muchas de las autoridades no logran realizar el tratamiento de las aguas residuales generadas durante sus actividades, por la falta de presupuesto.

Este es el caso en el distrito de Moche, sub sector Miramar donde se encuentra las lagunas de oxidación el cual está a cargo por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), según el diario SATELITE (2017) nos dice que durante la visita de SEDALIB a las pozas de oxidación de Miramar observaron pequeñas islas de residuos producidos por las aguas servidas, estas al no tener un tratamiento adecuado generan impactos negativos en la salud de la población y daños en los ecosistemas. Ante esta problemática surge la necesidad del uso de un sistema de tratamiento y así plantear una alternativa para que las empresas públicas y/o privadas puedan aplicar y lograr mejorar la calidad de sus aguas antes de realizar el vertimiento a las redes de alcantarillado.

## 1.2. Trabajos Previos

Según **GALICIA, Alejandro** (2016) en su investigación “**Method and system for the treatment of waste effluents contaminated by metals**”. **México**. Creó un sistema de tratamiento incluyendo la biotecnología para poder remover níquel de las aguas residuales contaminadas. Esta biotecnología incluye usar recursos naturales, como es la lombriz *Eisenia foetida*, esta especie puede añadir a su dieta metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni y Zn) por dicha característica se utilizó a estas lombrices en esta biotecnología. Para poder realizar este sistema se realizó un pequeño experimento previo con la finalidad de obtener los índices de mortandad de esta especie, previo al experimento se alimentó a las lombrices con materia orgánica, luego se determinó la dosis adecuada que se le debe dar a esta especie para no producir su muerte, obteniendo como resultado que 5 gotas/min estas pueden remover 199 ppm de níquel y que 20 gotas/min solo 176 ppm. Con los resultados obtenidos se inicia el sistema tratando aguas contaminadas con 837 ppm de Níquel. El proceso empieza filtrando los sólidos de mayor tamaño, luego se deja reposar por 24 horas en un decantador, la parte decantada fue recuperada en un tanque. Y la fase líquida se traslada a un

evaporador/condensador con una temperatura de 98°C, la parte evaporada se desplaza en forma de zigzag a unas celdas rectangulares, donde se encuentran 20 lombrices. El tratamiento del agua mediante esta especie se realiza reteniéndola 48 horas, reduciendo el mayor porcentaje de la concentración de níquel. Llegando a la conclusión de que la especie *Eisenia foetida* puede ser utilizada para remover el níquel de las aguas contaminadas.

**JOHNSON, Pico** (2016) en su artículo “**Earthworms Star In Latest Wastewater Filtration Tech**”, comprobó que existen nuevas alternativas para el tratamiento de aguas residuales, son soluciones biológicas mediante el uso de gusanos (lombrices) y bacterias, esta alternativa o solución es conocida como VIDA de biofiltro, se encuentra instalada en 6 países entre estos lugares La Base de la Fuerza Aérea de Chile en la Antártida, hasta en el desierto de Atacama.

Este sistema VIDA se encarga de minimizar ciertos parámetros así como es la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y los sólidos Totales (SST) en un 99%.

Sanjar Taromi, director de marketing de Biofiltro EE.UU. desarrolló y patentó una tecnología sostenible y ecológica para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales a bajo costo. El agua no es potable ya que este proceso es la fase secundaria en una planta de tratamiento de aguas residuales es por ello que no es apta para consumo humano, pero esta agua tratada puede ser reciclada para riego una de las fortalezas de este sistema es que es económico, en cuanto al ahorro de energía, comparado con otro tratamiento de aguas residuales.

Según **JUÁREZ, Angélica** (2010) en su investigación “**Reciclaje de Lodos Residuales de la Industria del Papel Mediante Lombricultura Utilizando La Especie “Lombriz roja californiana”**”

***Eisenia foetida***". Perú. Evaluó el uso de la lombricultura como una alternativa de reciclaje de lodos residuales de la industria del papel, utilizando la especie *Eisenia foetida*. Esta investigación se realizó en el tratamiento de lodos de la empresa Kimberly Clark del Perú. Para ello criaron a la lombriz *Eisenia foetida* mediante el uso de estiércol vacuno, previo a su aplicación se hizo un lavado con sustrato para eliminar el exceso de sales que tiene esta materia. Para este proceso se preparó 5 cajas, en dichas cajas se mezcló ciertos porcentajes de lodos con dicho estiércol ya preparado. Los porcentajes que se consideraron fue; 100%, 75%, 50%, 25% y 0%, para cada una se realiza 3 repeticiones, siendo así un total de 15 cajas, se añadió a cada caja 250 gr. de lombrices, se evaluó el aumento de la cantidad de esta especie a los 120 días, dando como resultados; que al 100% de lodos las lombrices aumentaron en número.

Una vez realizado esto las lombrices han producido el humus el cual fue analizado y según los resultados para la Norma Española B.O.E.146-1991 este humus puede ser usado como materia orgánica en la tierra agrícola. Para poder demostrar la efectividad de su composición se realizó una mezcla de humus con arena, para ello se separaron 6 mezclas con diferentes porcentajes de humus; 100%, 75%, 50%, 25%, 15% y 0%, con cada porcentaje se preparó 1 kg. de capacidad donde se colocaron 5 semillas, para lo cual se midió el tamaño del tallo, la raíz y las hojas. Llegando a la conclusión que el humus de lombriz e 100% eficiente.

Según **MANRIQUE Paola** y **PIÑEROS Jennifer (2016)** en su investigación "**Evaluación del Sistema de Depuración Biológica a Partir de Lombrices de Tierra (*Eisenia Foetida*) en Aguas Residuales Procedentes de Industrias Lácteas a Nivel Laboratorio**". Bogotá, evaluó la factibilidad del uso de un sistema de depuración biológica denominada lombrifiltro, (contiene lombrices de tierra), comparándola con un geofiltro (no contiene lombrices), en el

tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea. El proyecto consistía en construir un lombrifiltro y geofiltro de 20 cm de largo y 25 cm de ancho, contando con grava, gravilla y piedras de río en la parte inferior y en la parte superior las lombrices con el aserrín. La finalidad era que el agua tratada cumpla con los valores máximos permisibles para el vertimiento de aguas residuales a las redes de alcantarillado. Entre esos parámetros se tenía DBO, DQO, pH, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas. Los resultados obtenidos en el tratamiento de agua residual mediante el lombrifiltro fue DQO 79.56% a los 21 días, el DBO redujo 325 mgO<sub>2</sub>/L a los 7 días, pH alcanzó un valor de 4.56, y los resultados mediante el geofiltro fue DQO 55.18% a los 21 días, DBO 318 mgO<sub>2</sub>/L a los 7 días, pH 4.49, con respecto a los Sólidos Sedimentables en ambos filtros no se pudo continuar midiendo ya que el agua cumplía con los valores máximos permisibles estipulados. La población de las lombrices durante el inicio del tratamiento era 154 y al final solo quedaron 134 el motivo fue que el pH era muy ácido y para este tratamiento se necesita un pH alcalino.

Se llegó a la conclusión que para la industria láctea se puede usar el biofiltro para la reducción de DQO, sin embargo para DBO no se pudo disminuir la concentración ya que la acumulación de los humus provocaba el aumento de este parámetro, siendo este el motivo para que el tratamiento no cumpla con los valores máximos permisibles para verter las aguas residuales a las redes de alcantarillado.

Según **RODRÍGUEZ, Macarena (2011)** en su investigación “**Análisis de la Situación de las Aguas Servidas en Zonas Rurales de la IV, VI y RM de Chile y Proposición de un Sistema Sustentable para su Tratamiento**”. **Universidad de Chile**. Se evaluó de algunas plantas de tratamiento de aguas servidas de los sectores rurales concentrados de las regiones IV (región de Coquimbo), VI (región Libertador Bernardo O’Higgins) y RM (Región Metropolitana) con el fin



de evaluar la situación del saneamiento del tratamiento de sus aguas residuales y el estado en el que se encuentran. A través de esta evaluación se pretende plantear alternativas económicas, ecológicas y sociales. Para la evaluación de los sistemas de tratamiento, se visitaron las tres regiones mencionadas, los resultados de la evaluación dejaron como al más utilizado al Sistema de Lodos Activados Modalidad Aireación Extendida, su eficiencia en remoción de DBO es de 59% y SST 81%, pero es muy costoso en su operación y mantenimiento, por otro lado se mencionaron Reactor tipo fosa séptica de flujo ascendente, con 81% de eficiencia en remoción de DBO, 89 % de SST. Cabe mencionar que las alternativas ecológicas y económicas para el tratamiento de dichas aguas, se propone el sistema de tratamiento de lombrifiltro ya que su eficiencia en remoción de parámetros biológicos es; DBO 95 %, Sólidos Suspendidos 95%, Nitrógeno 60%, Fósforo 70%, Coliformes Fecales 99%, el cual cumple con todas las normas, además de ser económico, ecológico y sustentable, esta agua tratada puede servir para regar áreas verdes o cultivos.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Aguas Residuales**

Son aquellas cuya composición natural se ha alterado por las actividades del hombre y que por minimizar el impacto que genera en el ambiente se requieren de un tratamiento previo, antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo natural de agua o las redes de alcantarillado (OEFA, 2014, p. 3).

#### **1.3.2. Clasificación de Aguas Residuales**

- **Aguas Residuales Industriales:** Se consideran así, a aquellas aguas que son el producto del uso de actividades mineras, agrícolas, energéticas, agroindustriales, durante todos sus procesos (OEFA, 2014, 3 p.).

- **Aguas Residuales municipales:** Es la mezcla de las aguas residuales domésticas con aguas del drenaje de origen industrial pero con un previo tratamiento, para luego ser emitidas en los sistemas de alcantarillado. (OEFA, 2014, 3 p.)
- **Aguas Residuales Domésticas:** estas aguas se caracterizan por ser de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, materia orgánica, entre otros, generada de las diferentes actividades económicas que deberían ser dispuestas adecuadamente (OEFA, 2014, 3 p.).

### 1.3.3. Características de las Aguas Residuales

#### – Características Físicas

- Partículas Sólidas
- Sólidos Totales (ST)
- Sólidos Sedimentables (Ss.)
- Sólidos Suspendidos (SS)
- Sólidos Disueltos (SD)
- Sólidos Fijos y Volátiles
- Temperatura
- Olor
- Color
- Turbidez

**(SALAZAR Isabel, 2005, p. 6 - 10)**

#### – Características Químicas.

- Materia Orgánica
- pH
- Alcalinidad
- Cloruro
- Oxígeno Disuelto
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Compuestos tóxicos
- Nitrógeno total
- Fósforo total

**(SALAZAR Isabel, 2005, p. 11 - 16)**

**– Características Biológicas**

- Bacterias
- Organismos microscópicos
- Organismos macroscópicos
- Virus

**(SALAZAR Isabel, 2005, p. 17 - 19)**

**1.3.4. Estándares de Calidad de Agua**

El Decreto Supremo N° 004 – 2017 MINAM establece los siguientes parámetros de Calidad de Agua para Riego de Vegetales.

**Tabla 1:** Estándares de Calidad de Agua

<b>PARÁMETRO</b>	<b>PARÁMETRO DE RIEGO DE VEGETALES</b>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	40 mg/L
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	15mg/L

**Fuente:** Ministerio del Ambiente

**1.3.5. Tipos de Tratamiento**

**a. Sistemas Sépticos**

A este sistema se le considera por qué se utiliza para el tratamiento de aguas servidas domésticas, consiste de un tanque (fosa séptica) y de un campo de adsorción (pozo adsorbente). Su principal actividad es quitar los sólidos sedimentarios y flotantes del agua, luego filtrar y pasar a través del sistema de absorción. Al quitar los sólidos del

agua residual ayuda a prevenir posibles obstrucciones y deterioros del sistema. Se recomienda el uso de este sistema en comunidades pequeñas y viviendas rurales. (SALAZAR Isabel, 2005, p. 45)

**b. Sistema de Infiltración.**

– **Proceso de Oxidación**

Este proceso cuenta con la fosa séptica para el almacenamiento de las aguas servidas domésticas el cual no contienen oxígeno dentro de sus características físico – químicas. Es por ello este proceso consiste en el contacto con el aire, el oxígeno presente permitirá la oxidación de los sólidos disueltos, mejorando su calidad. Continuado del proceso las bacterias aerobias efectúan el nuevo proceso, logrando la mineralización de la materia orgánica y la minimización de los gérmenes patógenos. Para el tratamiento final y la evacuación del efluente se absorberá mediante campo de absorción. El cual puede consistir en un pozo absorbente o sistema de drenes. (SALAZAR Isabel, 2005, p. 50)

**c. Sistema de Drenes**

Consiste en una cámara repartidora a la cual llega el efluente de la fosa séptica, ésta cámara posee una ventilación y varios tubos perforados que pueden ser de PVC u otro material.

Las tuberías van colocadas en zanjas rellenas con grava y cubiertas con tierra. Su función es distribuir las aguas residuales que salen de la fosa séptica, e incorporarlas al subsuelo a través de un proceso de filtración al igual que el pozo absorbente. (SALAZAR Isabel, 2005, p. 54)

**d. Sistema Tohá o Lombrifiltro**

Sistema de tratamiento biológico que fue desarrollado por el Dr. José Tohá Castellá, en el año 1992, en este sistema no es necesario realizar tratamientos puesto que este cuenta con diferentes etapas que reemplazan estos tratamientos, tampoco genera lodos ya que la materia orgánica es consumida por las lombrices, además no requiere el uso insumos químicos. Se ha demostrado que el sistema presenta una alta eficiencia en la eliminación de los parámetros contaminantes del agua, el efluente resultante presenta una disminución del 99% de los coliformes totales, 95% de la DBO<sub>5</sub>; 95% de los sólidos totales; 93% de los sólidos suspendidos volátiles; y 60% a 80% del nitrógeno y 60% a 70% del fósforo así mismo, sus costos de inversión y operación son bajos, con respecto a otros tratamientos tradicionales de aguas residuales. (MANRIQUE, Paola y PIÑEROS, Jennifer, 2016, p. 20).

**Tabla 2:** Parámetros de eficiencia del sistema Tohá

Parámetros	Eficiencia
Coliformes fecales	99%
DBO <sub>5</sub>	95%
Sólidos totales	95%
Sólidos suspendidos	93%
Nitrógeno total	60% a 80%
Aceites y grasas	80%
Fósforo total	60 % a 70%

**Fuente:** MANRIQUE y PIÑEROS, 2016

El sistema Tohá se considera un tratamiento económico por el material que se utiliza para su elaboración, la primera

capa está compuesta por microorganismos presentes en el Humus, seguido del aserrín y viruta el cual debe ser de madera blanca, la madera rojiza se debe obviar, esta contiene taninos que mata a la lombriz.

La segunda capa contiene piedra grava, bolones o ripia. El cual a ayudaran a circular el agua.

La primera capa filtra la materia orgánica contaminante del agua, el cual la lombriz se encargara de consumirla y producir el humus o anhídrido carbónico. (MANRIQUE y PIÑEROS, 2016, p. 21)

**e. Lombrices de Tierra (*Eisenia foetida*)**

Las lombrices *Eisenia foetida* o también conocidas como lombrices rojas californianas consumen la materia orgánica de los afluentes residuales transformándolo en un nutriente para el suelo agrícola (humus de lombriz). De acuerdo a investigaciones realizadas, se concluyó que la especie de lombriz *Eisenia foetida* es la más adecuada para la experimentación debido a que genera mayor reducción de DQO de 86.53% y DBO de 87.16% comparado con lombrices de especie *Perionyx excavatus* y *Peruonix sansibaricus*. En investigaciones anteriores realizadas a nivel laboratorio es sugerido que la densidad de las lombrices sea de 10.000 lombrices/m<sup>3</sup> de lombrifiltro, teniendo en cuenta esta densidad y que el número de lombrices no varía respecto a la profundidad, sino respecto al área debido a que estas permanecen en la superficie en busca de oxígeno.

Un nivel adecuado en el que la lombriz presenta las mejores condiciones es a una temperatura siendo la ideal entre 15 a 24 °C, una humedad entre 70 a 80 %, un pH entre 6.0 a 8.0, una conductividad eléctrica de 3.0

mmhos/cm y un porcentaje de proteínas entre 7.5 a 13%, también existe un rango adecuado en el cual las lombrices viven y así como condiciones adversas que pueden causar la muerte. La población total de las lombrices depende de la cantidad de alimento que exista, todo residuo orgánico de origen animal o vegetal puede incorporarse como materia prima en la dieta alimenticia que consumen cada día el equivalente a su peso. (MANRIQUE y PIÑEROS, 2016, p. 27)

**Tabla 3:** Parámetros para el hábitat de *Eisenia foetida*

Parámetro	Nivel Adecuado	Peligro de muerte
Temperatura	15 - 24 °C	<5°C> 37°C
Humedad	70% - 80%	<70%>80%
pH	6.0 – 8.0	<4.5>8.5
Conductividad eléctrica	3.0 mmhos/cm	>8.0 mmhos/cm
Proteínas	7.5% - 13%	<7.5%> 18%

**Fuente:** MANRIQUE y PIÑEROS, 2016.

### 1.3.6. Ubicación geográfica del distrito de Moche

El Distrito de Moche se encuentra situado al Sur del Distrito de Trujillo y al norte del distrito de Salaverry, entre las coordenadas geográficas 8°10'6" Latitud Sur y a 79°00'27" Longitud Oeste del Meridiano Terrestre. Su capital es la Ciudad de Moche que se ubica a 4 m.s.n.m.

El distrito de moche se divide en subsectores:

- Moche Pueblo, conformado por el Casco Urbano de Moche, las urbanizaciones El Paraíso, San Isidro, Virgen de la Puerta, la ocupación Santa Clara y el área denominada Cruce El Gallo.
- El Centro Poblado Las Delicias, con los sectores El

Triángulo, Delicias Norte, Delicias Sur, Taquila, y el área aledaña Torres de San Borja.

- El Centro Poblado Miramar, conformado por los pueblos jóvenes Alto Moche y Alto Moche "A".
- El Centro Poblado Curva de Sun, localizado al margen de la carretera Panamericana.

(Municipalidad Provincial de Trujillo, 2006)

**Macro Norte (2017)** nos informa; Miramar; Subsector del distrito de Moche el cual cuenta con La Junta Administradora del Servicio de Saneamiento del centro poblado de Miramar. Este cuenta con 6 pozas de oxidación el cual no tienen un mantenimiento adecuado. Por lo que afecta al medio ambiente.

#### **1.4. Problema:**

¿Cuál es el efecto del caudal en el sistema de Lombrifiltro para la depuración de  $DBO_5$  y DQO de las aguas residuales domésticas del Distrito de Moche?

#### **1.5. Justificación**

Los tratamientos de aguas residuales son de gran costo, es por ello que se busca nuevas alternativas más económicas y eficientes. La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento de la Curva del Sun del Sub sector Miramar busca conocer nuevos sistemas para el tratamiento de las aguas residuales, y evitar los efectos adversos que generan las lagunas de oxidación a la población cercana, por tal motivo se plantea como alternativa el sistema de lombrifiltro siendo un tratamiento económico; no genera lodos, no necesita insumos químicos y el agua tratada se puede reutilizar para el regadío de cultivos.

#### **1.6. Hipótesis:**

El nivel de caudal influirá en el sistema de lombrifiltro disminuye significativamente el  $DBO_5$  y DQO de las aguas residuales domésticas del Distrito de Moche.



## 1.7. Objetivos:

### General:

- Evaluar el efecto del caudal en el sistema de Lombrifiltro para la depuración de  $DBO_5$  y DQO de las aguas residuales domésticas del Distrito de Moche.

### Específicos:

- Determinar la concentración de los parámetros físico – químicos;  $(DBO)_5$ , DQO del agua residual.
- Determinar la calidad del agua residual del distrito de Moche después de la aplicación del lombrifiltro.
- Comparar los resultados con los valores del ECA-Agua, categoría 3; Riego de Vegetales y bebida de animales.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo de Investigación

- **Según la finalidad que persigue:** Investigación Aplicada
- **Según el enfoque de investigación:** Investigación cuantitativa.
- **Según el marco en que tiene lugar:** Investigación de Laboratorio.
- **Según el modo de obtención de datos:** Investigación Experimental factorial.

### 2.2. Diseño de Investigación

El presente proyecto de acuerdo a sus variables indica un diseño experimental Uni – Factorial:

Variable independiente: Caudal (mL/min)

**Tabla 4:** Diseño Experimental

Caudal	Q <sub>1</sub> (50mL/min)	Q <sub>2</sub> (75mL/min)	Q <sub>3</sub> (100mL/min)	N° repeticiones
Lombrices	% de reducción de DBO <sub>5</sub> y DQO			
N <sub>1</sub> = 125	N <sub>1</sub> . Q <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> . Q <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> . Q <sub>3</sub>	3

Fuente: Propia

### 2.3. Variables y Operacionalización

#### 2.3.1. Variables

**Tabla 5:** Identificación de Variables

Variables Independientes	Variables Dependientes
- Caudal	Eficiencia del sistema de lombrifiltro.

Fuente: Propia 2017

#### 2.3.2. Operacionalización de Variables

**Tabla 6:** Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
<b>Caudal (mL/min)</b>	El caudal será esencial para mantener la humedad en el lombrifiltro y así garantizar el crecimiento de la lombriz y la remoción de la materia orgánica ( <i>Eisenia foetida</i> ). (MANRIQUE y PIÑEROS, 2016)	Se evaluará 3 caudales (50 mL/min, 75 mL/min y 100 mL/min) estas se medirán manualmente.	(mL/min)	Cuantitativa de Tasa
<b>Eficiencia del sistema de lombrifiltro</b>	La eficiencia del sistema en la depuración de DBO <sub>5</sub> y DQO se define mediante el porcentaje removido de materia orgánica del agua residual.	Se evaluará la eficiencia mediante la aplicación de la siguiente fórmula: $\frac{DBO\ ini - DBO\ fin}{DBO\ ini} * 100$	% removido de DBO y DQO	Razón

		$\frac{DQO\ ini - DQO\ fin.}{DQO\ ini}$		
		* 100		

Fuente: Elaboración Propia (2017)

## 2.4. Población y muestra

### 2.4.1. Población

La población se definirá con un total de 10 m<sup>3</sup> de agua residual que contiene la laguna de oxidación de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)

### 2.4.2. Muestra

La muestra se obtendrá con un muestreo aleatorio simple, representada en 60 litros de agua residual, la cual será tomada de la laguna 1, la toma de muestra será de acuerdo a lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos - Autoridad Nacional del Agua – Resolución Jefatural N° 010- 2016.

### 2.4.3. Unidad de Análisis

Se usará 7lt. de agua residual para la depuración de materia orgánica.

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.5.1. Técnicas e instrumentos

Las técnicas de recolección de datos se fundamentan en la utilización de los instrumentos de medición, análisis de documentos, observación directa de los hechos, entre otras; que permiten llegar a obtener los datos confiables de la investigación.

**Tabla 7:** Parámetros de Aguas residuales

PARÁMETROS	MÉTODO
DQO	Espectrofotómetro UV - VIS

DBO <sub>5</sub>	Volumétrico
------------------	-------------

Fuente: Propia

**Tabla 8:** Equipos, instrumentos e insumos químicos

EQUIPOS E INSTRUMENTOS	MATERIALES	INSUMOS QUÍMICOS
Espectrofotómetro UV/VIS	Probetas, etc.	Ácido sulfúrico concentrado, etc
Frascos DBO <sub>5</sub>	Frascos ámbar	Sulfato de magnesio, etc

Fuente: Propia

## 2.5.2. Validez y confiabilidad

**Tabla 9:** Instrumentos y Validación

INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed.
DBO <sub>5</sub>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed.

Fuente: Propia, 2017

## 2.6. Métodos de Análisis de Datos

### 2.6.1. Metodología

#### Toma de muestras

Se consideró tres repeticiones de tratamiento, para lo cual se tomó durante tres fechas las muestras para la aplicación en el sistema.

Para la toma de muestra se consideró el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos - Autoridad Nacional del Agua – Resolución Jefatural N° 010- 2016.

#### Materiales

- Frascos de Plástico
- Preservante H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

- Etiquetas
- Zapatos de seguridad
- Plumón indeleble, papel secante
- Guantes descartables, mascarilla

Para preservar la muestra de análisis de DQO se añadió a la muestra la solución  $H_2SO_4$ , durante la toma de muestra para el DBO se tomó cuidadosamente para evitar la formación de burbujas para luego congelar las muestras.

## **Desarrollo del sistema**

### **Temperatura**

La temperatura en la que se trabajó fue de temperatura ambiente  $19^{\circ}C - 23^{\circ}C$ , esta temperatura está dentro del rango para la sobrevivencia de la lombriz eisenia foetida.

### **Materiales del Filtro**

Se tomó como referencia Investigaciones previas (MANRIQUE y PIÑEROS, 2016), para ello se consideró Humus, aserrín y viruta de la madera de pino (madera blanca), grava de 0.4 mm y 0.7 mm.

### **Altura de las capas**

La primera capa se compone de la siguiente manera: 1 cm de Humus, 9cm de aserrín y viruta. La segunda capa está compuesta por la piedra grava de 0.4 mm, esta capa tiene un espesor de 8 cm. La tercera contiene la piedra grava de 0.7 mm esta tiene un espesor de 5cm.

### **Caudal**

Teniendo en cuenta las condiciones de vida de la lombriz y la eficiencia del sistema se consideró tres tipos de caudal: 50ml/min, 75ml/min y 100ml/min, a más lento el caudal la lombriz tiene la posibilidad de consumir más materia orgánica pero a mayor

caudal se mantendría la humedad del filtro para que la lombriz no muera además de retener la materia orgánica en la primera capa.

El filtro tiene 20 cm de largo, 25 cm de ancho y 25 cm de altura. Se consideró 125 lombrices.

La muestra se tomó de la Curva del Sun con el permiso de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS).

Se construyó 3 recipientes de vidrio, y en cada recipiente se consideró 2 baldes de 7 litros de capacidad. El primer balde se encuentra sobre un estante en la parte superior del recipiente de vidrio y el segundo se ubica bajo recipiente de vidrio para recepcionar el agua que pasa por el filtro, en este se colocará un motor que bombeara el agua y circulara el agua constantemente hacia el primer balde.

En cada recipiente se consideró las siguientes capas; la primera capa consta de humus de lombriz, en la segunda capa se encuentra el aserrín y la tercera capa esta la grava de 0.4 cm seguido de la grava de 0.7 cm.

La primera capa que consta de humus más las lombrices ayudarán los microorganismos presentes disminuir la presencia de materia orgánica del agua. La capa de aserrín que se tiene que considerar de madera blanca, no usar madera de caoba o cedro porque esta contiene taninos que es veneno para la lombriz.

### **2.6.2. Métodos Estadísticos**

**MÉTODO ANOVA:** Es una de las técnicas estadísticas más utilizadas para comparar grupos de medidas y normalmente se emplea para establecer semejanzas y diferencias entre tres o más grupos distintos. Este método establece un análisis para evaluar comparativamente unos resultados en distintas clasificaciones o grupos. De esta manera, es posible calcular si los valores medios son iguales en los distintos grupos estudiados.

## TUKEY

El método Tukey se utiliza como complemento de ANOVA. Este método añade confiabilidad al comparar todas las medias de los tratamientos, con la finalidad de demostrar que la hipótesis alterna es aceptada, y que existe diferencia entre los tratamientos.

### 2.7. Aspectos Éticos

El presente proyecto busca mostrar una información confiable mediante el respeto de las normas ISO 690 evitando problemas posteriores durante el transcurso del proyecto, con respecto a las muestras estas serán tomadas mediante el uso del Protocolo Nacional para Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, la cual tiene una Resolución Jefatural N° 010 – 2016, luego de ello se analizará las muestras en un laboratorio con equipos acreditados por INACAL obteniendo los resultados necesarios para dar validez al proyecto.

## III. RESULTADOS

Para cada repetición se utilizó tres diferentes muestras respectivamente en donde se realizó un análisis de DBO<sub>5</sub> y DQO previo a la aplicación del sistema de Lombrifiltro:

**Tabla 10:** Caracterización DBO<sub>5</sub> y DQO

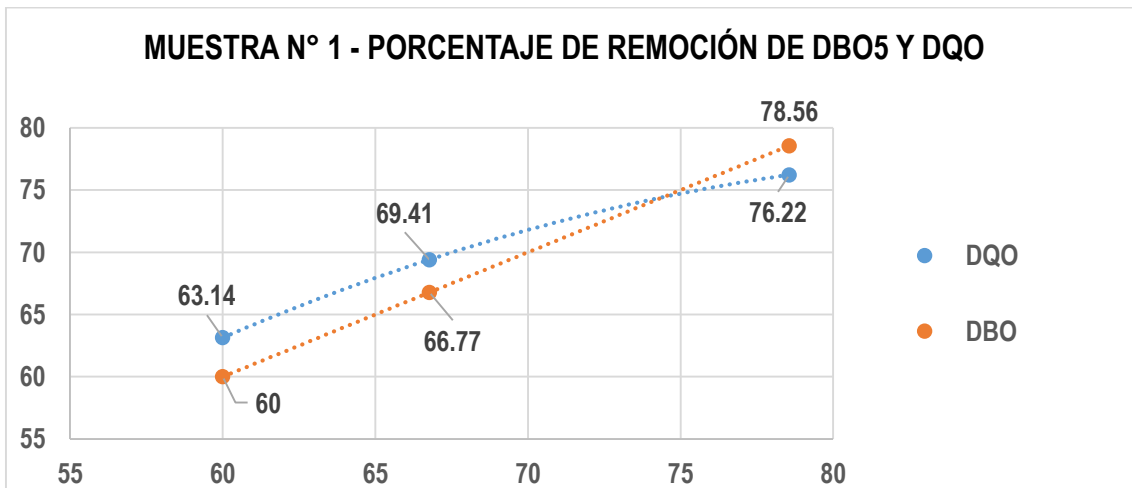
MUESTRAS	PARÁMETROS	
	DBO <sub>5</sub>	DQO
<b>Muestra 1</b> Sábado 04 de Noviembre de 2017	205.45	385.76
<b>Muestra 2</b> Martes 07 de Noviembre de 2017	191.10	294.80
<b>Muestra 3</b> Viernes 10 de Noviembre de 2017	122.90	323.00

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** Cuadro de análisis de DBO<sub>5</sub> y DQO inicial, se consideró investigaciones de caracterización de aguas residuales domésticas se observa que existe una contaminación media por la presente carga orgánica que generan las actividades de la zona, además considerando que las fechas son diferentes y que en ciertos días existe más comercio por tal motivo la primera muestra resulta mayor que las dos restantes.

Para la aplicación del sistema de lombrifiltro se realizó una pre - prueba para obtener el día óptimo, cuya experimentación nos muestra que el cuarto día es el mejor. A continuación se muestran los gráficos:

**Análisis de muestras luego de la primera aplicación de sistema de tratamiento.**

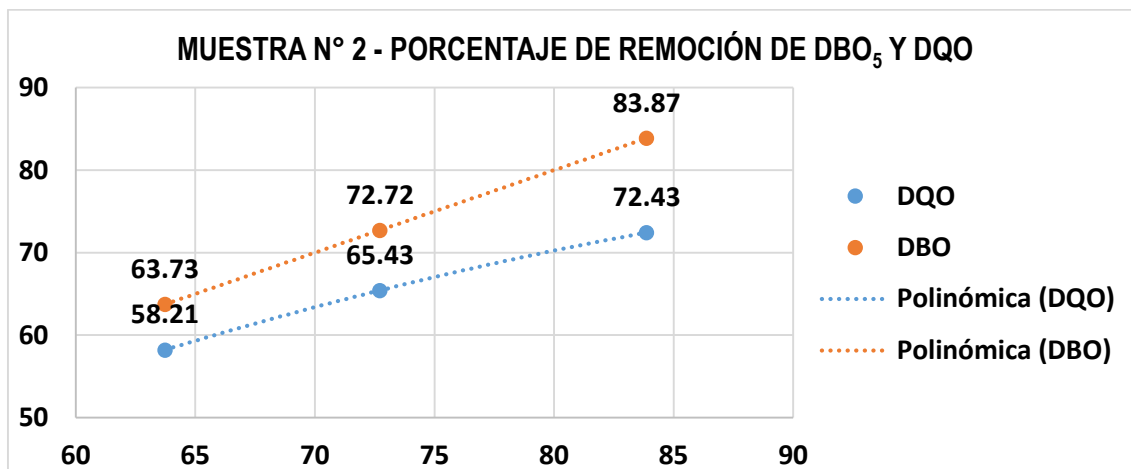


**Gráfico 1:** Porcentaje de Remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO de la primera muestra.

**Interpretación:** Se observa en el gráfico que el primer sistema de tratamiento (50 ml/min) tiene un efecto de remoción de 78.56% de DBO<sub>5</sub> y 76.22% de DQO a diferencia del tercer sistema de tratamiento (100 ml/min) que su efecto es de 63.14% de DBO<sub>5</sub> y 60.00% de DQO.



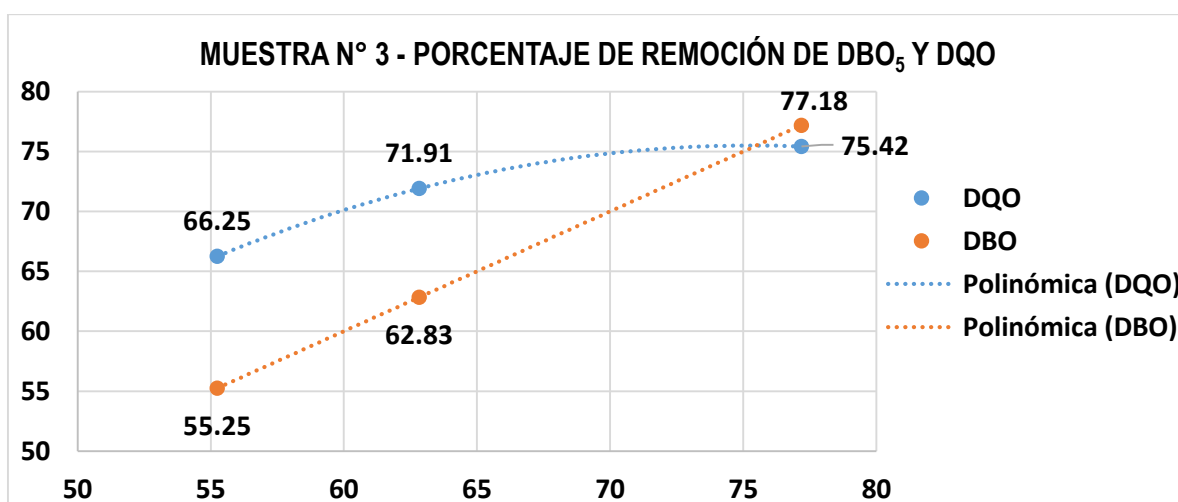
### Análisis de muestras luego de la segunda aplicación de sistema de tratamiento.



**Gráfico 2:** Porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO de la segunda muestra.

**Interpretación:** El siguiente gráfico muestra que el primer tratamiento (50 ml/min) remueve 83.87% de DBO<sub>5</sub> y 72.43% de DQO y que el tercer tratamiento (100ml/min) tiene una diferencia moderada al primer tratamiento; un 63.73 % de DBO<sub>5</sub> y 58.21 % de DQO, se considera que el tratamiento a menor caudal tiene una mayor disminución de los parámetros.

### Análisis de muestras luego de la tercera aplicación de sistema de tratamiento.



**Gráfico 3:** Porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO de la tercera muestra.

**Interpretación:** La gráfica muestra que el primer tratamiento (50 ml/min) remueve 77.18% de DBO<sub>5</sub> y 75.42% de DQO y que el tercer tratamiento (100 ml/min) tiene una diferencia de 10% al primer tratamiento; 66.25 % de DBO<sub>5</sub> y 55.25 % de DQO, pero el primer tratamiento tiene mayor capacidad de remoción.

Al inicio de la experimentación se presentaron 125 lombrices, por motivo que la malla final de soporte tenia los agujeros al diámetro de la lombriz algunas se escabullían por todas las capas y se salían. En cada tratamiento se obtuvo como números finales: 123 lombrices en el tratamiento N° 01 (50 ml/min), 115 tratamiento N° 02 (75ml/min) y 98 tratamiento N° 03 (100 ml/min).

### 3.1. Análisis Estadísticos

Los datos estadísticos serán la prueba de confiabilidad para la experimentación, por ello se aplicó el programa de Ibem SPSS statistics 24.0, arrojo los resultados de normalidad, homogeneidad y ANOVA.

**Tabla 11:** Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad							
	Trata miento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% Remoción DQO	50	,309	3	.	,900	3	,385
	75	,227	3	.	,983	3	,750
	100	,226	3	.	,983	3	,752
% Remoción DBO	50	,311	3	.	,897	3	,376
	75	,220	3	.	,986	3	,777
	100	,199	3	.	,995	3	,868

**Fuente:** Propia

Los resultados de Kolmogorov – Smirnov son nulos, porque esta prueba es sensible con una cantidad superior a 50 muestras. Por tal motivo se tomará los resultados de Shapiro – Wilk que es sensible a la cantidad menor de 50 muestras, ello nos indica que  $P > 0.05$ , demostrando que existe una distribución normal en la distribución de remoción para DBO<sub>5</sub> y DQO en las tres repeticiones.

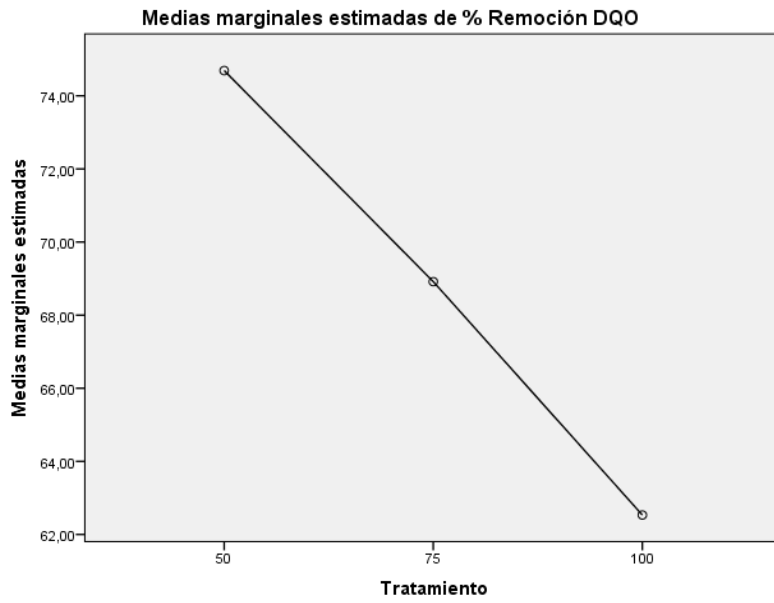
**Tabla 12:** Prueba de homogeneidad

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error				
	F	df <sub>1</sub>	df <sub>2</sub>	Sig.
% Remoción DQO	,604	2	6	,577
% Remoción DBO	,130	2	6	,880

**Fuente:** Propia

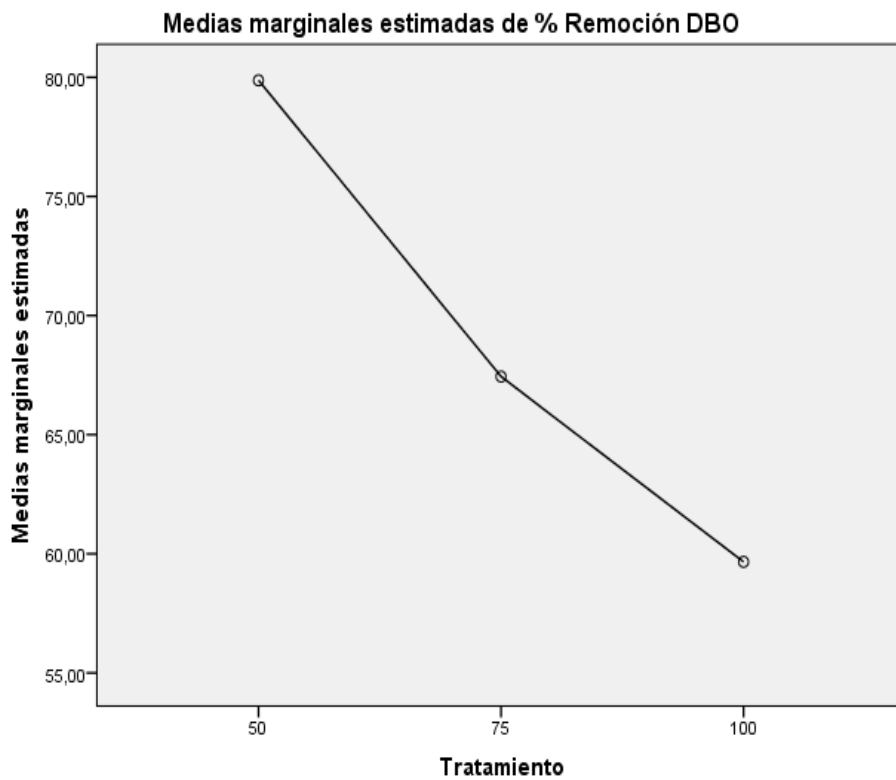
La siguiente Tabla nos muestra que la prueba de homogeneidad – Levene, existe una igualdad de varianzas ya que  $P > 0.05$  concluyendo que hay una variabilidad de valores. Teniendo en cuenta que existe una distribución normal y una homogeneidad de varianzas, se expresa que hay una diferencia significativa entre los tres tratamientos para la remoción de  $DBO_5$  y DQO. Para confirmar los resultados anteriores de Distribución Normal y Homogeneidad se aplicó el Análisis de Varianza ANOVA, los resultados que arroja la prueba estadística el nivel de significancia es menor de 0.05, esto indica que existe una alta diferencia significativa entre los tratamientos para la remoción de  $DBO_5$  y DQO. Así lo indica la Tabla N° 13 - ANEXOS.

Obteniendo una diferencia significativa en la prueba ANOVA se realizó la prueba de TUKEY que se muestra en la Tabla N° 14 - ANEXOS donde se observa una comparación más clara entre los tratamientos, los resultados que nos da para la remoción de  $DBO_5$  y DQO son menores a 0.05 indicando que existe diferencia entre los tratamientos. A continuación se muestra el gráfico que indica que en la remoción de DQO el tratamiento aplicado con 50 ml/min hay una mayor remoción. Y que en la gráfica de DBO muestra el mismo comportamiento.



**Figura 1:** Medidas marginales en la remoción de DQO.

**Fuente:** Propia



**Figura 2:** Medidas marginales para la remoción de DBO5.

**Fuente:** Propia

#### IV. DISCUSIÓN

Como se puede observar en la **Tabla N°10**, se realizó el análisis de las muestras antes de la aplicación de los tratamientos el cual se obtuvo valores de hasta 205.45mg/L y 385.76 mg/L para DBO<sub>5</sub> y DQO respectivamente; en la investigación de MUÑOZ, Amilcar. *Caracterización y Tratamiento de Aguas Residuales – México (2008)*, nos muestra resultados el cual tomaremos como referencia para designar el grado de contaminación que contiene estas aguas residuales, los resultados que arroja esta investigación considera con 200 mg/L en DBO<sub>5</sub> la contaminación media, el cual se asimilan con el resultado de la muestra inicial del proyecto. Para DQO indica a la contaminación fuerte con 800 mg/L y contaminación media 450mg/L, los resultados para DQO indican que el agua tiene una contaminación media. Los resultados muestra esta contaminación por las actividades que se realizan en la zona, los restaurantes, los parques de recreación, y las actividades agropecuarias que existen en el lugar. Por encontrarse cerca a las ruinas de Chan Chan y ser zona turística estas actividades aumentan su producción, considerándose un mayor porcentaje de carga orgánica.

Los resultados luego de la aplicación del tratamiento que se muestran en el **gráfico 1**, **gráfico 2** y **gráfico 3** donde el primer tratamiento (50 ml/min) en las tres repeticiones logra un mayor porcentaje de remoción a diferencia de los demás, este tratamiento logra el máximo de 83.87% en DBO<sub>5</sub> y 72.43% en DQO. Los resultados reportados por MANRIQUE, Paola y PIÑEROS Jennifer. *Evaluación del Sistema de Depuración Biológica a partir de Lombrices de Tierra (eisenia foetida) en Aguas Residuales Procedentes de Industrias Lácteas a Nivel Laboratorio. Bogotá (2016)*, nos dice que el sistema de Lombrifiltro para el agua residual industrial logró una remoción de 79.56% en DQO y 36% en DBO, la remoción en DBO no fue muy efectiva a causa que en cuya investigación se utilizó el sustrato (estiércol de animal) que es alimento para la lombriz, pero este factor logra que la remoción se realice lentamente, porque

aumenta la carga orgánica; una vez que llega a sus límites empieza a descender lentamente el DBO<sub>5</sub>.

Según SALAZAR, Isabel. *Sistema Tohá; Una Alternativa Ecológica para El Tratamiento de Aguas Residuales en Sectores Rurales, Chile (2005)*, nos menciona que el humus es una fuente de bacterias y en conjunto con las lombrices logran remover la materia orgánica presente en el agua residual, a diferencia del sustrato que aumenta el DBO<sub>5</sub>, además el humus se debe aplicar de acuerdo al tipo de agua y la cantidad de materia orgánica que contiene. En el presente proyecto se aplicó 1 cm de humus y 9 cm de aserrín, ya que el agua doméstica a diferencia del agua industrial presenta menos concentración de materia orgánica.

La sobrevivencia de la Lombriz californiana es un factor importante para la remoción de los contaminantes del agua, MANRIQUE, Paola y PIÑEROS Jennifer. *Evaluación del Sistema de Depuración Biológica a partir de Lombrices de Tierra (eisenia foetida) en Aguas Residuales Procedentes de Industrias Lácteas a Nivel Laboratorio. Bogotá (2016)*, nos explica que debe haber oxigenación dentro de las capas para que las lombrices sobrevivan, al parecer en los dos tratamientos de 100 ml/min y 75 ml/min la abundancia del caudal impiden que se oxigene el filtro por tal motivo la lombriz se adentró en las capas saliéndose del recipiente y muriendo por la abundancia del agua filtrada que se encuentra en el recipiente bajo el filtro.

## V. CONCLUSIONES

- El sistema de Lombrifiltro logro un efecto de remoción de 83.87% en DBO<sub>5</sub> y 72.43% en DQO.
- Se determinó que el menor caudal 50mL/min tuvo una mejor influencia de remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO de las aguas residuales.
- Cada lombriz californiana puede consumir 0.17% de DBO y 0.15% de DQO en un día.
- La porcentaje removido que logro el sistema de lombrifiltro no es suficiente para cumplir con los estándares de Calidad Ambiental mencionados en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 MINAM. El ECA Agua Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de animales que indica 20 mg/L en DBO<sub>5</sub> y 40 mg/L en DQO.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar aserrín de diferentes granulometrías para una mejor retención de materia orgánica,
- Que las lombrices a utilizar sean de igual tamaño y que su tiempo de vida sea adulta para que puedan consumir mejor la materia orgánica retenida en el filtro.
- Considerar utilizar dos sistemas uno bajo el otro para una mejor remoción, además de colocar una malla más fina para que las lombrices no salgan del filtro.
- Usar un mejor sistema de control para el caudal, así la velocidad del agua no se alteraría cada 6 horas, dependiendo del volumen a tratar.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DS. N° 004 – 2017 MINAM. Diario El Peruano. Lima, Perú, 7 de junio de 2017.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [en línea]. Perú. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2017]. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

FAUNDES, Arly. Lombrices Purificadoras. *Mba & Educativa Ejecutiva* [en línea]. 06 de julio de 2012. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/lombrices-purificadoras>

GALICIA, Alejandro. "Method and system for the treatment of waste effluents contaminated by metals". Mexico. Instituto Superior Autonomo de Occidente A.C. México. WO 2016093686 A1. Jun 16, 2016. 9 Dec 2014.

JOHNSON, Pico. Earthworms Star In Latest Wastewater Filtration Tech. *Water Online* [en línea]. 13 de mayo de 2016. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://www.wateronline.com/doc/earthworms-star-latest-wastewater-filtration-tech-0001>

JUÁREZ, Angélica. Reciclaje de Lodos Residuales de La Industria del Papel Mediante Lombricultura Utilizando La Especie "Lombriz roja californiana" *Eisenia foetida*. Tesis (Grado de Magister Scientiae). Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Postgrado, Maestría en Ciencias Ambientales. 2010. 103 pp.

Macro Norte. Atentado ambiental. Lagunas de la Jass de Miramar y de camal son un desastre [en línea]. Trujillo: 2017. [Fecha de Consulta: 20 de Mayo de 2017]. Disponible en: <https://macronorte.pe/2017/01/28/atentado-ambiental-lagunas-de-la-jass-de-miramar-y-de-camal-son-un-desastre/>

MANRIQUE Paola y PIÑEROS Jennifer. Evaluación del Sistema de Depuración Biológica a partir de Lombrices de Tierra (*eisenia foetida*) en Aguas Residuales Procedentes de Industrias Lácteas a Nivel Laboratorio. Bogotá. Tesis (Ingeniero Químico). Bogotá: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías, 2016. 61 pp.

Malos olores en la ciudad vendrían de pozas de Miramar [en línea]. Satélite: Trujillo, Perú, 1 de febrero de 2017. [Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.satelite.pe/detallenoticias.php?codarticulo=2422>

Municipalidad Provincial de Trujillo. Diagnóstico Territorial del Distrito de Moche – 1º Fase. Trujillo. 2006. 114 pp.

MUÑOZ, Amilcar. Caracterización y Tratamiento de Aguas Residuales. Monografía (Título de Ingeniero Industrial). México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, 2008. 305 pp.

RODRÍGUEZ, Macarena. Análisis de la Situación de las Aguas Servidas en Zonas Rurales de la IV, VI Y RM de Chile y Proposición de un Sistema Sustentable para su Tratamiento. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 2011. 151 pp.

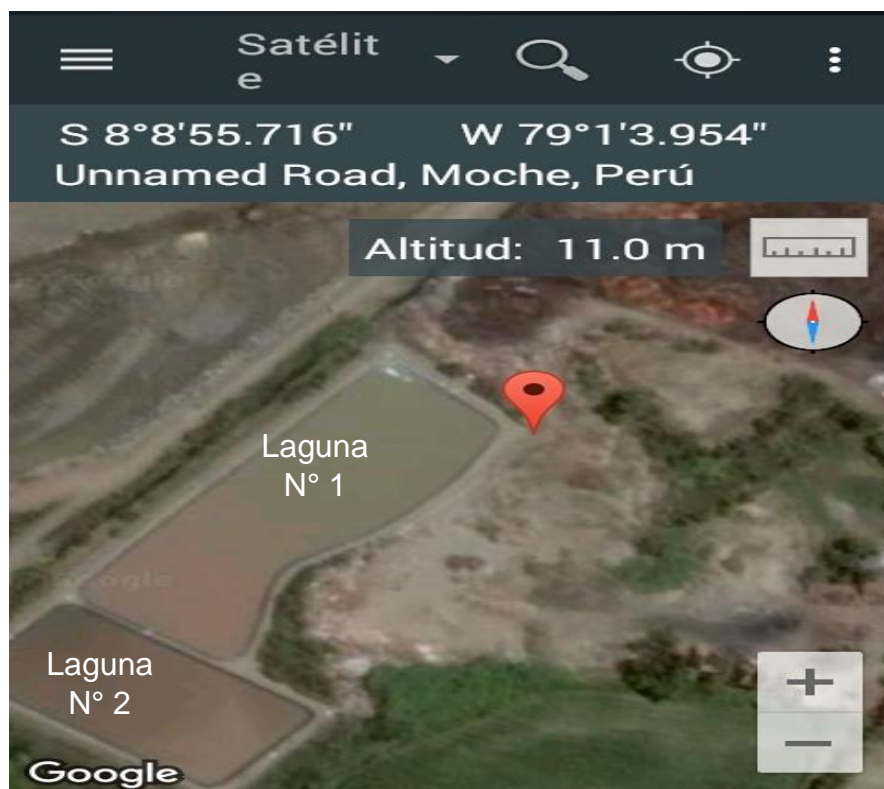
SALAZAR, Isabel. Sistema Tohá; Una Alternativa Ecológica para El Tratamiento de Aguas Residuales en Sectores Rurales. Tesis (Título de Constructor Civil). Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de La Ingeniería, Escuela de Construcción Civil. 2005. 117 pp.

## VIII. ANEXOS



**Figura 3:** Subsector Miramar

**Fuente:** Propia



**Figura 4:** Lagunas de oxidación

**Fuente:** Google maps



**Figura 5:** Toma de muestras

**Fuente:** Propia



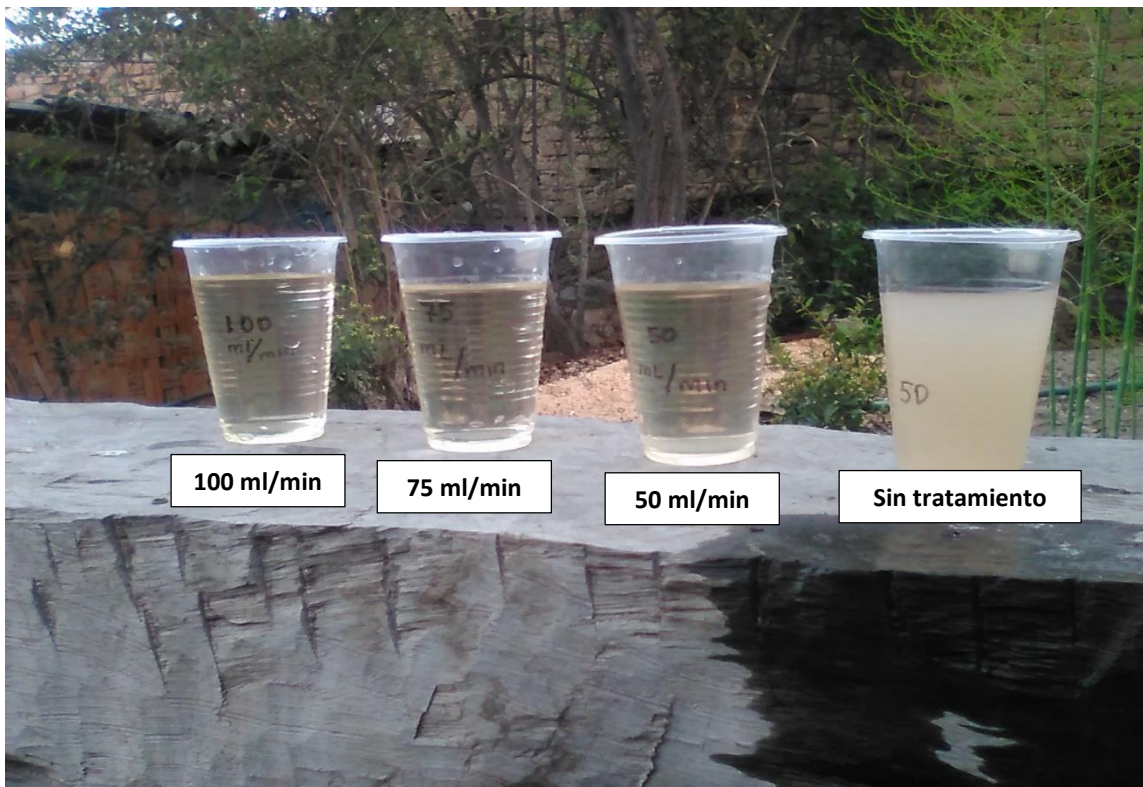
**Figura 6:** Capas de Lombrifiltro

**Fuente:** Propia



**Figura 7:** Sistema de lombrifiltro

**Fuente:** Propia



**Figura 8:** Luego de la aplicación del sistema en los tres tratamientos

**Fuente:** Propia



**Figura 9:** El agua después del tratamiento de 50 mL/min.

**Fuente:** Propia

**Tabla 13:** Resultados en mL de los tres tratamientos.

	TRATAMIENTOS				
	Inicial	50	75	100	
<b>1era Repetición</b>	<b>DBO</b>	<b>205.45</b>	44.04	68.27	82.18
	<b>DQO</b>	<b>385.76</b>	91.72	118.02	142.19
<b>2da Repetición</b>	<b>DBO</b>	<b>191.10</b>	30.82	52.13	69.31
	<b>DQO</b>	<b>294.80</b>	81.27	101.90	123.21
<b>3ra Repetición</b>	<b>DBO</b>	<b>122.90</b>	28.05	45.68	55.00
	<b>DQO</b>	<b>323.00</b>	79.38	90.74	109.02

**Fuente:** Propia

**Tabla 14: PRUEBA ESTADÍSTICA ANOVA**

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Modelo corregido</b>	% Remoción DQO	221,863 <sup>a</sup>	2	110,931	10,698	,011
	% Remoción DBO	623,477 <sup>b</sup>	2	311,739	16,902	,003
<b>Intersección</b>	% Remoción DQO	42493,700	1	42493,700	4098,113	,000
	% Remoción DBO	42836,581	1	42836,581	2322,601	,000
<b>Tratamiento</b>	% Remoción DQO	221,863	2	110,931	10,698	,011
	% Remoción DBO	623,477	2	311,739	16,902	,003
<b>Error</b>	% Remoción DQO	62,215	6	10,369		
	% Remoción DBO	110,660	6	18,443		
<b>Total</b>	% Remoción DQO	42777,777	9			
	% Remoción DBO	43570,718	9			
<b>Total corregido</b>	% Remoción DQO	284,077	8			
	% Remoción DBO	734,138	8			

Fuente: Propia

**Tabla 15:** Prueba de Tukey y Scheffe

Comparaciones múltiples								
Variable dependiente		(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
% Remoción DQO	HSD Tukey	50	75	5.7733	2.62921	,150	-2.2938	13.8405
			100	12.1567*	2.62921	,009	4.0895	20.2238
		75	50	-5.7733	2.62921	,150	-13.8405	2.2938
			100	6.3833	2.62921	,112	-1.6838	14.4505
		100	50	-12.1567*	2.62921	,009	-20.2238	-4.0895
			75	-6.3833	2.62921	,112	-14.4505	1.6838
	Scheffe	50	75	5.7733	2.62921	,170	-2.6592	14.2059
			100	12.1567*	2.62921	,011	3.7241	20.5892
		75	50	-5.7733	2.62921	,170	-14.2059	2.6592
			100	6.3833	2.62921	,128	-2.0492	14.8159
		100	50	-12.1567*	2.62921	,011	-20.5892	-3.7241
			75	-6.3833	2.62921	,128	-14.8159	2.0492
% Remoción DBO	HSD Tukey	50	75	12.4300*	3.50651	,028	1.6711	23.1889
			100	20.2100*	3.50651	,003	9.4511	30.9689
		75	50	-12.4300*	3.50651	,028	-23.1889	-1.6711
			100	7.7800	3.50651	,146	-2.9789	18.5389
		100	50	-20.2100*	3.50651	,003	-30.9689	-9.4511
			75	-7.7800	3.50651	,146	-18.5389	2.9789
	Scheffe	50	75	12.4300*	3.50651	,034	1.1837	23.6763
			100	20.2100*	3.50651	,004	8.9637	31.4563
		75	50	-12.4300*	3.50651	,034	-23.6763	-1.1837
			100	7.7800	3.50651	,166	-3.4663	19.0263
		100	50	-20.2100*	3.50651	,004	-31.4563	-8.9637
			75	-7.7800	3.50651	,166	-19.0263	3.4663

Fuente: Propia