



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN CON LOMBRICES (*Eisenia foetida*) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CRÍANZA DE CERDOS EN LA PROPIEDAD DE LA FAMILIA LIMA UBICADA EN EL BARRIO PLAYAS LA FLORIDA, CANTÓN YANTZAZA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”.

Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

AUTOR:

José David Lima Coronel

DIRECTOR:

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg. Sc.

ZAMORA – ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc.

DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

CERTIFICO

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN CON LOMBRICES (*Eisenia foetida*) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CRÍANZA DE CERDOS EN LA PROPIEDAD DE LA FAMILIA LIMA UBICADA EN EL BARRIO PLAYAS LA FLORIDA, CANTÓN YANTZAZA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”.**, desarrollado por el estudiante José David Lima Coronel, ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 07 de Noviembre de 2016

Atentamente



Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo **José David Lima Coronel**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: José David Lima Coronel

FIRMA: _____



CÉDULA: 1900759059

FECHA: Zamora, 12 de Diciembre de 2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios Todopoderoso, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis queridos padres Clara Coronel y José Lima, quienes me han guiado y apoyado con sabiduría, esfuerzo y dedicación, dándome sus consejos para llegar a ser una persona de bien y cumplir mis objetivos que me propuse.

A mi padre José Lima, por haber creído siempre en mí y por ser el pilar fundamental en todo el transcurso de mi carrera, ya que sin su valiosa colaboración no hubiese logrado culminar este proyecto.

A mis hermanos: Diego, Bayron, Daniel, Livintón, James y demás familiares por brindarme su apoyo y colaboración para la culminación de una meta más en mi vida

A mi hermano James Salomón, por ser mi fuente de inspiración y la razón que me permite cada día esforzarme más, y que recuerde siempre que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que impida lograrlo.

José David Lima Coronel

AGRADECIMIENTO

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja (UNL), y los docentes de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente que me brindaron sus conocimientos y capacitación para ser personas con habilidades y capacidades necesarias para enfrentarnos al campo profesional.

Al director del presente trabajo de titulación Ing. Galo E. Ramos C. Mg. Sc. por sus acertadas recomendaciones, quien con su experiencia como docente ha sido el guía idóneo durante el proceso que ha llevado el realizar esta investigación y así este anhelo llegue a ser felizmente culminada.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para llevar a feliz término este proyecto.

José David Lima Coronel

1 TITULO

“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN CON LOMBRICES (*Eisenia foetida*) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CRÍANZA DE CERDOS EN LA PROPIEDAD DE LA FAMILIA LIMA UBICADA EN EL BARRIO PLAYAS LA FLORIDA, CANTÓN YANTZAZA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”.

2 RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Barrio Playas La Florida, cantón Yantzaza, el propósito fue diseñar y construir un sistema natural ecológico de biofiltración piloto replicable de tratamiento de aguas residuales, como tratamiento natural, alternativa sostenible y de bajo coste para reducir la contaminación de los cauces de agua dulce y con ello garantizar la salud de la población y protección del ambiente. Primero se inició con la revisión de literatura para fundamentar y tener claro los conceptos referentes al tema estudiado. Segundo la caracterización de las aguas residuales, para ello se utilizó instrumentos de investigación como la observación directa del lugar de estudio, entrevista al propietario del terreno. Seguido se realizó la caracterización física, química y bacteriológica del agua residual y se determinó el caudal que se genera diariamente en la porqueriza a través del método volumétrico de aforo, obteniendo de resultado una agua residual que no varía de acuerdo a la hora del lavado de la porqueriza, luego a través del empleo de ecuaciones matemáticas se determinó las dimensiones del sedimentador y trampa de grasas y el sistema de biofiltración, los que se construyeron de hormigón ciclópeo con bloque de arena. Para comprobar el porcentaje de descontaminación del tratamiento natural se recolecto una muestra de agua residual tratada y se realizó un análisis de laboratorio, alcanzando un alto porcentaje de depuración en las grasas y aceites y sólidos suspendidos con un 92,57% y 90% respectivamente. De igual forma la Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno con un porcentaje de depuración del 89,17% y 86,71% respectivamente. Por tal motivo finalmente concluyendo ser un sistema apto para purificar aguas residuales provenientes de la cría de cerdos.

2.1 SUMMARY

The current investigation was developed in Playas La Florida neighborhood, Yantzaza canton, the purpose was to design and build a natural ecological system of replicable pilot bio filtration of residual water treatment, as a natural treatment, sustainable and low-cost alternative to reduce contaminating of fresh water canals and thereby ensure the health of population and protection of the environment. First, it was started with the revision of the literature to substantiate and clear the concepts regarding the subject studied. Secondly, the characterization as the direct observation of the study site, interview the landowner. Then the physical, chemical and bacteriological of residual water characterization was done and the flow rate that is generated daily in the swinish was determined through the volumetric method of gauging, obtaining as a result a residual water that does not vary according to the time of the washing of the swinish. Then through the use of mathematical equations the dimensions of the settler, fat trap and bio filtration system were determined, which were constructed of cyclopean concrete with a block of sand. To prove the percentage of decontamination of the natural treatment, a sample of treated residual water was collected and a laboratory analysis was made, reaching a high percentage of depuration in fats, oils and suspended solids with 92.57% and 90% respectively. Likewise Chemical Oxygen Demand and Biochemical Oxygen Demand with a purification percentage of 88.17% and 86.71% respectively. For this reason finally concluding to be a suitable system to purify the residual waters from the rearing of pigs.

3 INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales es la forma responsable de reponer este recurso a su cauce natural, es una técnica de remoción de contaminantes que permiten devolver al ambiente el agua utilizada en las diversas actividades antrópicas (Osorio et. al., 2010). Actualmente en el país existen políticas que regulan la descarga de las aguas residuales y que son aplicables para la conservación del recurso hídrico (Ley de aguas, 2015); la contaminación de los efluentes de agua por el vertido del agua residual provenientes de porquerizas es muy frecuente en zonas rurales, causando de esta manera la aparición de enfermedades y la degradación del ambiente.

En la actualidad existe un sistema convencional de tratamiento de aguas residuales, el cual consta de tratamiento físico-químicos, pero a muy elevados costos; razón por la cual es difícil optar por este medio de tratamiento en las zonas rurales: de igual manera como alternativa de depuración de las aguas residuales existen tratamientos naturales, sin embargo debido al desconocimiento de esta técnica y poco interés de las productores hasta la actualidad se sigue vertiendo en la mayoría de las porquerizas rurales las aguas residuales sin un tratamiento previo a los cauces de agua.

El propósito de este proyecto de investigación es diseñar e implementar un sistema natural e innovador de tratamiento de aguas residuales provenientes de porquerizas en un terreno del sector rural, demostrando que la construcción de este tipo de sistema requiere de baja inversión y operación y que sirva como réplica.

El proyecto se ejecutó en el Barrio Playas La Florida, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.

Los objetivos específicos para esta investigación fueron:

Objetivo General

Diseñar, implementar y evaluar un sistema de biofiltración con lombrices para contribuir a la descontaminación de las aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima ubicada en el Barrio Playas La Florida, Parroquia Yantzaza, Cantón Yantzaza, Provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos

Caracterizar las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima.

Diseñar e Implementar un sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima.

Determinar el porcentaje de descontaminación de las aguas residuales producidas en la actividad porcina al pasar por el sistema de biofiltración.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El Agua como fuente primordial para la vida

El agua como fuente primordial para la vida según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1996) menciona:

El agua es indispensable para la vida, porque ningún organismo sobrevive sin ella. Es un constituyente esencial de la materia viva y la fuente de hidrógeno para los organismos. También influye en ellos a través de la atmósfera y el clima. Es el medio en el que se desarrolla la abundante y variada flora y fauna acuática. Los seres vivos están formados en su mayor parte por agua. En el caso de algunos animales marinos el porcentaje de agua puede superar el 95%. Las semillas secas, que conservan solo rastros de humedad, no pueden germinar sin absorber grandes cantidades de agua. (p.7).

4.1.1 Definición del agua.

El agua es una sustancia de fundamental importancia para la vida con originales propiedades consecuencia de su composición y estructura. Carbajal y Gonzalez, (2012) afirman:

Es una molécula natural formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten formar puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes. Esta conexión tiene una gran importancia porque confiere al agua propiedades que se corresponden con mayor masa molecular (p.63).

De ahí sus elevados puntos de fusión y ebullición, imprescindibles para que el agua se encuentre en estado líquido a la temperatura de la Tierra.

4.1.2 Calidad del Agua.

Para determinar la calidad del agua Garcia y Saltos, (2007) mencionan:

La condición general que permite que el agua se utilice para usos concretos; por ejemplo se debe saber los criterios admisibles de calidad del agua cuando se destina a: uso agrícola, pecuario, industrial, estético, fines recreativos, preservación de flora y fauna, y para consumo humano y doméstico. (p.86).

4.1.3 Importancia del Agua.

Según Garcia y Saltos, (2007) menciona que: Se piensa que el agua siempre estará allí para nosotros cuando nosotros lo queremos. Sin agua, los seres vivos morirían, Es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es parte importante de la riqueza de un país. (p.12).

4.1.4 Usos del Agua.

Según Garcia y Saltos, (2007) sostiene que: El agua es utilizada en varias actividades.

- En la agricultura.
- Para generar energía eléctrica.
- Para lavar, limpiar en la industria y minería.
- Como elemento de refrigeración y o elemento que transporta el calor en la industria.
- En forma de vapor en la industria.
- Como elemento que interviene en mezclas y disoluciones, en la industria.

- Para el transporte. (ríos caudalosos para el transporte pluvial, transporte de madera).
- Para el consumo humano: aseo alimentación, etc.
- La ganadería. (p. 26).

4.1.5 Contaminación del Agua.

La contaminación del agua según la FAO, (2015) afirma:

La contaminación se produce cuando el agua contiene demasiada materia orgánica, o sustancias tóxicas no orgánicas. La materia orgánica presente en el agua es destruida por organismos descomponedores (bacterias), que necesitan oxígeno para actuar. Cuando el agua de lagos y ríos está sobrecargada de desechos orgánicos, escasea el oxígeno y las plantas y animales pueden morir. Otro peligro es el aumento de los fosfatos y nitratos que se liberan durante la descomposición de los desechos orgánicos. Estas sustancias son nutrientes para los vegetales y favorecen la proliferación de plantas en la superficie, como algas. Esta masa densa obstaculiza el paso de la luz solar y el intercambio de gases con la atmósfera, pudiendo destruir otras formas de vida vegetal y animal existentes. Además, las plantas realizan la fotosíntesis y respiran durante el día. Por la noche respiran solamente, consumiendo el oxígeno disuelto en el agua de esta manera, las grandes masas de algas compiten con los peces por el oxígeno existente (p.9).

4.1.5.1 Definición de la contaminación del agua.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación en el ambiente.

Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos orgánicos e químicos, metales pesados,

residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de diferentes lugares del mundo. (Echarri, 2007, p.1).

Por tal razón muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y perjudiciales para la vida.

4.1.5.2 Causas de la contaminación del agua.

Las causas de la contaminación del agua según Cruz, (2008) menciona: “es causada por las actividades del hombre es un fenómeno ambiental de importancia, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX” (p.68).

4.1.5.3 Efectos de la contaminación del agua.

Educación Grupo Taller (citado por Coronel, 2011) afirma:

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en el agua y procedente de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo. Aguas Residuales (p.10).

4.1.6 Aguas residuales.

4.1.6.1 Definición.

Las aguas residuales, según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014) define “son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (p.2).

4.1.7 Clasificación de las aguas residuales.

La clasificación de las aguas residuales según Jiménez, de Lora y Sette, (2003) son “aguas domésticas o urbanas, aguas residuales industriales, escorrentías de usos agrícolas y las aguas residuales pluviales”

4.1.7.1 Aguas residuales industriales.

Según el MAE, (2015) las aguas residuales industriales son consideradas como “agua de desecho generada en las operaciones o procesos industriales” (p.81).

4.1.7.2 Aguas residuales domésticas.

Las aguas residuales domésticas según la OEFA, (2014) “son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente” (p.3).

4.1.7.3 Aguas residuales pluviales.

Mara (citado por Vinueza, 2014) hace referencia que las aguas residuales pluviales “son aguas caracterizadas por su escasa contaminación, provienen

principalmente de drenajes o de escorrentía superficial, siendo de tal manera de aportación intermitente” (p.23).

4.1.7.4 Aguas residuales agrícolas.

Torres (citado por Poveda, 2014) menciona a las aguas residuales agrícolas “tienen contaminantes provenientes de la utilización de productos químicos tales como: fertilizantes, pesticidas, herbicidas, insecticidas y residuos orgánicos. La mayoría productos de alta toxicidad” (p.33).

4.1.8 Características de las aguas residuales industriales.

4.1.8.1 Características Físicas.

Entre las características físicas de las aguas residuales industriales son las siguientes:

4.1.8.1.1 Sólidos totales.

Los sólidos totales según Zamora, (2011) menciona:

Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquido, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento (p.56).

4.1.8.1.2 Sólidos sedimentables.

Los sólidos sedimentables según Zamora, (2011) afirma:

La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán, en condiciones tranquilas, por acción de la gravedad. La determinación de

sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles es importante para evaluar la concentración o “fuerza” de aguas residuales y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento (p.57).

4.1.8.1.3 Olor.

Sobre los olores en las aguas residuales Metcalf y Eddy (citado por Romero, 2012) manifiesta:

En general los olores son producto de la liberación de gases tanto presentes originalmente como productos del proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar; tiende a ser desagradable, aun así, es más tolerable que el olor del agua residual séptica. El agua residual produce este olor debido a la degradación de sulfatos y sulfuros por acción de microorganismos anaeróbicos. El agua residual industrial puede contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante en tratamiento (p.11).

4.1.8.1.4 Temperatura.

En cuanto a la temperatura Echarri, (2007) sostiene:

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C (p.3).

4.1.8.1.5 Densidad.

Metcalf y Eddy (citado por Romero, 2012) define a la densidad como “la masa por unidad de volumen. De esta propiedad depende el potencial de formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento”.

4.1.8.1.6 Color.

Según Echarri, (2007) “el agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen” (p.4).

Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.

4.1.8.1.7 Turbiedad.

En cuanto a la turbiedad de las aguas residuales Tenelandra y Muyulema, (2013) manifiesta lo siguiente:

La turbidez es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión. La turbiedad en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varía en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos plantónicos y microorganismos (p.23).

4.1.8.2 Características Químicas.

Los factores más importantes que describen las características químicas de las aguas residuales industriales son el contenido de materia orgánica y materia inorgánica. Los parámetros más empleados para caracterizar aguas residuales se detallan a continuación:

4.1.8.2.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

La Demanda Bioquímica de Oxígeno las aguas residuales según Espín, (2012) menciona:

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se usa como una medida de la calidad de oxígeno requerida para la oxidación de materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación química aerobia. Por lo tanto, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es una medida de oxígeno que usan los microorganismos para descomponer esta agua.

4.1.8.2.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La Demanda Química de Oxígeno según Espín, (2012) menciona que “la demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltos o en suspensión en una muestra líquida” (p.57).

4.1.8.2.3 Grasas y aceites.

En cuanto a las grasas y aceites según Echarri, (2007) sostiene “los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos” (p.3).

4.1.8.2.4 Oxígeno disuelto (OD).

Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida según Echarri, (2007) menciona “si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica,

septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida” (p.4).

4.1.8.2.5 *Potencial Hidrogeno (pH).*

Sobre el *pH* en las aguas residuales según Freire, (2012) menciona:

Medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de on hidrogeno. Aguas residuales en concentración adversa del ion hidrogeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos (p.56).

4.1.8.2.6 *Nitrógeno total.*

El nitrógeno total en las aguas residuales según Echarri, (2007) manifiesta:

Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal.

4.1.8.2.7 *Fósforo.*

El fosforo en las aguas residuales según Menéndez y Pérez (citado por Muñoz, 2011) sostiene:

El contenido de fósforo en las aguas residuales es de gran interés, este elemento constituye un factor imprescindible para la vida de los organismos acuáticos al formar parte de su estructura. La presencia de compuestos de fósforo en cursos receptores induce el crecimiento de algas y otros organismos biológicos que afectan la calidad de las aguas, ya que pueden ser el origen de toda una secuencia de fenómenos (p.9).

4.1.8.2.8 Cloruros.

Los cloruros en las aguas residuales según Drinan, J. (citado por Muñoz, 2011) sostiene:

Los cloruros son uno de los mayores constituyentes inorgánicos presentes en el agua, generalmente no causa ningún efecto severo a la salud humana, aunque una concentración bastante alta puede originar un sabor salado desagradable. Los cloruros presentes en aguas superficiales, aguas subterráneas, arroyos, y lagos pueden darse como consecuencia del contacto de estas aguas con suelos con presencia de estas sustancias. Algunas fuentes potenciales de cloruros también lo constituyen las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas. “Las concentraciones de cloruros en agua fresca de 500 mg/L o más pueden ser un indicativo de contaminación con aguas de alcantarillado” (p.10).

4.1.8.3 Características Biológicas.

Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son, generalmente, pocos y difíciles de aislar e identificar.

Por esta razón se prefiere utilizar a los coliformes como organismo indicador de contaminación. En la remoción de coliformes tiene efecto principal el tiempo de retención, la temperatura, la radiación ultravioleta, la concentración algar y el consumo por protozoos, rotíferos y dafnias. Los organismos patógenos presentes en las aguas residuales pueden provenir de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una enfermedad determinada. Las principales clases de organismos patógenos que pueden encontrarse en aguas residuales son: bacterias, parásitos (protozoos y helmintos) y virus. (Sánchez, 2012, p.15).

4.1.8.3.1 Bacterias.

Freire, (2012) con relacion a las bacterias afirma que:

Muchas clases de bacterias inofensivas colonizan el tracto intestinal del hombre y son frecuentemente expulsadas en las heces. Los individuos infectados con algún tipo de enfermedad excretan en sus heces bacterias patógenas, contaminando así las aguas residuales domesticas con una gran variedad de organismos tanto patógenos como inofensivos. Uno de los principales grupos de bacterias patógenas presentes en aguas residuales es el género Salmonella, el cual contiene una gran variedad de especies que pueden causar enfermedades en humanos y animales (p.65).

4.1.8.3.2 *Parásitos.*

Los parásitos microscópicos patógenos para el hombre, se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos.

Queralt (citado por Delgadillo, Camacho, Pérez, y Andrade, 2010) afirma que:

Los protozoarios son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa y una forma resistente conocida como quiste. El estado de quiste de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los sistemas de tratamiento convencional de agua residual. Los protozoarios son microorganismos muy comunes en los fangos o lodos que se forman en las plantas de tratamiento (p.69).

Mendonça (citado por Delgadillo et al. 2010) describe que “los helmintos son un grupo de organismos que incluye a los nemátodos, tremátodos y cestodos” (p.69).

Sus características de vida (alta persistencia en el medio ambiente y capacidad de permanencia en el suelo por largos periodos de tiempo) los clasifican, epidemiológicamente, como patógenos entéricos, potenciales causantes de infección por contacto con agua contaminada; especialmente si el huésped tiene baja respuesta inmune y es expuesto a la mínima dosis infecciosa (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2000, p.228).

4.1.8.3.3 *Virus.*

Con relacion a los virus en las aguas residuales según Freire, (2012) mencona lo siguiente “los virus son partículas parasíticas formada por un cordón de material genético-acido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN) con una capa de recubrimiento proteínico”

Se sabe con certeza que algunos virus pueden sobrevivir hasta 41 días, tanto en aguas limpias como residuales a la temperatura de 20°C, y hasta 6 das en un río normal. Se ha atribuido al agua de abastecimiento ciertos brotes de hepatitis infecciosa. Para determinar los mecanismos de transporte y eliminación de virus en suelos, aguas superficiales y residuales, es necesario un esfuerzo aun mayor por parte tanto de biólogos como de ingenieros (p.67).

4.1.9 Tratamiento de Aguas residuales.

Conjunto de procesos, operaciones o técnicas de transformación física, química o biológica de las aguas residuales. (MAE, 2015, p.16).

4.1.10 Sistemas Naturales de Tratamiento de Aguas residuales.

Existen diversidad de tecnologías naturales de tratamiento de aguas residuales según Parra y Chiang, (2013) entre las que destacan: “i) las lagunas de estabilización, ii) el Lombrifiltro (modelo Toha) y iii) los humedales artificiales. A continuación se hace una breve descripción de cada una de ellas” (p.41).

4.1.10.1 Lagunas de estabilización.

Según Parra y Chiang, (2013) manifiesta:

Las lagunas de estabilización, constituyen el tratamiento de desagües más comúnmente utilizado para pequeñas comunidades en Latinoamérica y corresponde a un proceso de estabilización natural que consiste en mantener el desagüe en las lagunas, por un periodo de retención suficientemente elevado (mayor a 20 días) hasta lograr la estabilización de la materia orgánica. La estabilización se logra a través de la simbiosis entre las algas productoras de oxígeno y las bacterias que lo utilizan para metabolizar la materia orgánica produciendo CO_2 , que a su vez consumen las algas.

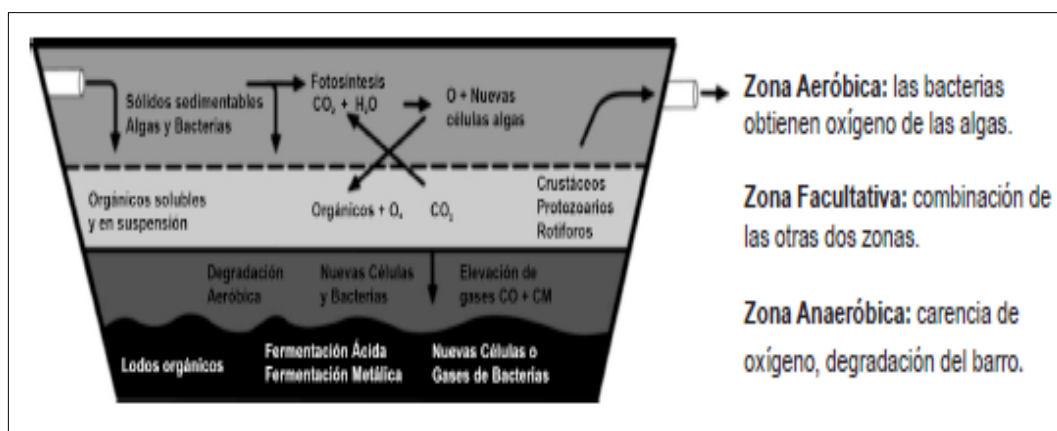


Figura 1. *Laguna de estabilización*

Fuente: (Parra y Chiang, 2013).

4.1.10.2 Lombrifiltro.

El Biofiltro o más conocido como Lombrifiltro, es un sistema de tratamiento biológico de cultivo fijo, en base a lombrices y bacterias combinado con diferentes materiales filtrantes. "el efluente, aguas servidas o residuos líquidos orgánicos, es rociado en la superficie del Biofiltro y escurre por el medio filtrante quedando retenida la materia orgánica, la cual es consumida por las lombrices, oxidándola y degradándola". (Gobierno de Chile CONAMA, s.f, p.1.).

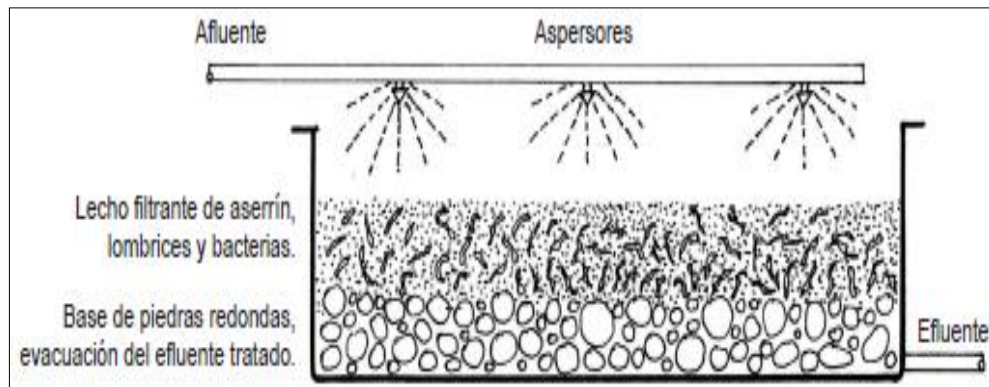


Figura 2. *Lombrifiltro Modelo Sistema Tohá*

Fuente: (Parra y Chiang, 2013).

4.1.10.3 Humedales artificiales.

Sanchez (citado por Cueva y Rivadeneira, 2013) existen dos tipos de sistemas de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento de agua residual estos son “el Humedal de Flujo Superficial (HFS) y el Humedal de Flujo Subsuperficial (HSS), en ambos casos se aplica agua residual retratada en forma continua y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de los mismos” (p. 9).

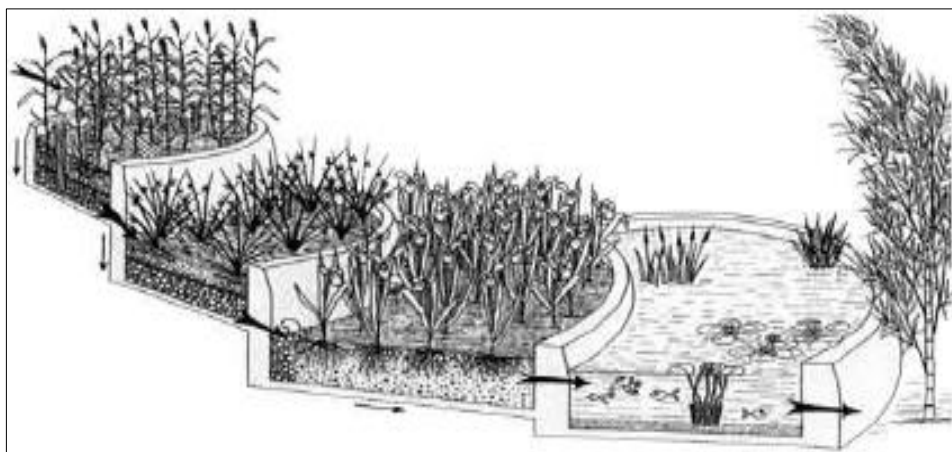


Figura 3. *Sistema de Humedal Artificial*

Fuente: (Parra y Chiang, 2013).

4.2 Sistema Tohá o Lombrifiltro

4.2.1 Características del sistema Tohá.

En cuanto a las características del sistema Tohá según Salazar, (2005) afirma:

El lombrifiltro, corresponde a una adaptación del sistema tradicional de lombricultura, definido como el conjunto de operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento de residuos orgánicos por medio de éstas, para su reciclaje en forma de abonos y proteínas. A diferencia de los sistemas tradicionales de lombricultura, en el lombrifiltro, el sustrato es proporcionado a través de la presencia de éste en las aguas residuales domésticas que percolan a través de un medio filtrante, donde se encuentran las lombrices en gran cantidad. El lombrifiltro está compuesto, fundamentalmente, por 3 capas y lombrices del tipo *Eisenia Foetida*. Esto es una base filtrante de bolones, sobre la cual se agrega una capa de ripio o grava. La parte superior se cubre con aserrín o viruta de madera de ulmo o tepa (principalmente) sobre el cual se mantiene un alto número de lombrices (p.70).

La materia orgánica que queda retenida en el medio filtrante es removida por una población de microorganismos y las lombrices adheridas al medio, los que se encargan de degradar la materia orgánica que utilizan como fuente de alimento, energía para sus procesos metabólicos y una fracción que pasa a formar parte de su masa corporal. Las lombrices luego de digerir la materia orgánica producen a través de sus deyecciones el denominado humus de lombriz. No produce lodos inestables al degradarse la totalidad de sólidos orgánicos del agua residual, en su lugar se obtiene humus. Al hacer circular este líquido contaminado a través de un lecho de arena enriquecido con celulosa, se logra filtrar dejando retenidas partículas contaminantes. Como resultado del proceso, se obtiene un fertilizante de suelos, formando principalmente por humus, el que es muy valorado por su alto contenido nutritivo, destacándose también la obtención de proteínas en el sistema. Otra característica importante es el alto índice de absorción del lombrifiltro, debido

entre otros, a los movimientos migratorios de la lombriz lo que se traduce en una carrera rápida del filtro conllevando a la no producción de olores desagradables y consecuentemente evitando la proliferación de vectores como moscas y otros. Es posible obtener una rápida respuesta de este sistema producto que no requiere la creación de una biomasa degradadora de la materia orgánica presente en el agua aplicada, ya que esta función la ejercen principalmente las lombrices presentes en el lecho. Se necesita poco espacio, el agua residual de 5 personas requiere solo 1 mt.2 de biofiltro para su tratamiento. Posee bajos costos de inversión en obras civiles (p.70-72).

4.2.2 Descripción del sistema Tohá.

Vallina, Villagra y Fernández (citado por Cevallos, 2015) menciona que:

El sistema de tratamiento combina, principalmente, la purificación de agua y la degradación de materia orgánica a través de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) las que se encargarán de digerir la materia orgánica transformándola en humus. El sistema presenta una eficiencia de eliminación de DBO5 de aproximadamente el 95% (p.16).

Leonard (citado por Cevallos, 2015) manifiesta lo siguiente:

Adicionalmente alrededor de los lechos de piedra bola y piedra grava se genera una capa de microorganismos denominada biopelícula; ésta, metaboliza las sustancias biodegradables que se convierten en su fuente de carbono y nutrientes necesarios para los procesos de los microorganismos (p.17).

4.2.3 Partes del Lombrifiltro.

De acuerdo con Coronel, (2015).

El biofiltro Tohá o lombrifiltro pertenece a la familia de los filtros percoladores está conformado por diversos estratos los que van en orden descendente de la

siguiente manera: por un estrato de humus y lombrices, un estrato de aserrín y viruta, un estrato de gravilla y finalmente un estrato de bolones además posee un doble fondo, ductos de ventilación y un sistema de aspersión para la distribución del agua (p.17).

4.2.3.1 Piedra bola y grava.

La piedra bola y grava Según Maltre SA de CV (citado por Cevallos, 2015) “son piedras que son extraídas de las orillas del río y es de un origen natural, su forma la toma por la erosión del paso constante de agua, dejando su superficie lisa y aparentemente redondeada” (p.17).

De acuerdo con Philips et. al, (citado por Cevallos, 2015) menciona que:

La piedra bola y grava son utilizadas tradicionalmente de manera decorativa y para la construcción; sin embargo, en el tratamiento de agua son empleadas como estratos filtrantes. Ya que cuentan con una amplia superficie de contacto, en la cual se genera una biopelícula por la acumulación de microorganismos, a medida que se multiplican las bacterias se adhiere con mayor firmeza a la superficie (p.17).

4.2.3.2 Aserrín-Viruta.

Según Pineda (citado por Cevallos, 2015) “el aserrín y la viruta son residuos de la industria de madera, al emplearlos en sistemas de tratamiento se evita un residuo y se tiene una tecnología de impacto ecológico positivo.

Este tipo de material es considerado, generalmente, como un residuo de la industria maderera, pudiéndolo obtener a un bajo o nulo costo; conformado una ventaja de implementación de estos materiales (p.18).

Adicionalmente Bonachela et, al. (citado por Cevallos, 2015) consideran un sustrato inerte a aquel que es capaz de mejorar la capacidad de retención de agua optimizando la distribución de nutrientes y, según Quezada (citado por Cevallos, 2015), no altera químicamente las propiedades de sustancias que pasan a través de él (p.18).

4.2.4 Mantenimiento del sistema Toha.

Según la A.V.F. Ingeniería Ambiental (citado por Salazar, 2005) para procurar el correcto funcionamiento del sistema del sistema Tohá, se requiere realizar las siguientes labores de mantención:

- Extracción de sólidos retenidos en el canastillo, se recomienda al menos una o 2 veces a la semana, pero en caso de ser necesario debe aumentarse la frecuencia.
- Se debe realizar el horqueteo de la viruta superficial del lecho, para mejorar la permeabilidad de éste evitando aposamiento de aguas, se recomienda realizarlo al menos una vez por semana, pero en caso de ser necesario debe incrementarse la frecuencia.
- Para el correcto funcionamiento del lombrifiltro, el sustrato debe estar en un estado de saturación, sin llegar a tener aposamientos superficiales, los cuales no son recomendados debido a que la lombriz se aleja de estas zonas, haciendo perder la homogeneidad del sistema. Este estado de saturación permanente es logrado a través de la descarga, a tasas controladas, de aguas residuales.
- Desmalezar el lecho al detectarse el crecimiento de algún tipo de plantas.

- Con una frecuencia de 4 meses debe realizarse la adición de viruta al lecho, ante la disminución de este estrato debido al fraccionamiento alcanzado.
- Limpieza periódica de regadores para garantizar en todo momento una uniformidad de riego en la superficie (p.78-79).

4.3 La Lombricultura

4.3.1 Concepto de la Lombricultura.

En la lombricultura se utilizan las lombrices para acelerar la transformación de desechos orgánicos con la finalidad de generar productos naturales tales como el abono de lombriz, material rico en microorganismos; también se puede aprovechar la carne de la lombriz de altos contenidos de proteína, vitaminas y aminoácidos. (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación s.f. p.1).

4.3.2 Ventajas de la Lombricultura.

Sobre las ventajas de la lombricultura según SAGARPA, s.f. menciona:

Favorece la ecología al reducir problemas de contaminación generados por desechos orgánicos sólidos.

Transforma los desechos orgánicos en productos o coproductos de gran beneficio para el hombre.

El abono de lombriz presenta una alta carga microbiana que le permite participar directamente en la regeneración de suelos.

Los nutrientes en el abono de la lombriz están en forma disponible para las plantas; su contenido respecto a ciertos elementos en particular varía en función del alimento que consume la lombriz.

El contenido de proteína presente en las lombrices permite que puedan utilizarse como complemento en la alimentación humana y animal. (p.5).

4.3.3 Lombriz Eisenia foetida.

La lombriz es conocida desde tiempos inmemoriales como el animal ecológico por definición. “transforma todos los residuos de la sociedad humana convirtiéndolo en un humus de óptima calidad, que devuelve al suelo, revitalizándolo; además, es muy útil y conocido el empleo de su carne” (Salazar, 2005, p.60).

4.3.3.1 Taxonomía.

Según Alarcón (s.f) la clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana es la siguiente:

Reino: Animal

División: Anélidos

Clase: Clitelados

Orden: Oligoquetos

Familia: Lombrícidos

Género: Eisenia

Especie: Foétida

Nombre Científico: *Eisenia foétida*

4.3.3.2 Características físicas de la *Eisenia foetida*.

Según Salazar (2005) menciona que las características físicas de la *Eisenia Foetida* son las siguientes:

Tiene un cuerpo alargado cilíndrico, el cual se adelgaza en sus extremos formado por 94 a 96 anillos donde cada uno tiene una función específica.

Las lombrices recién nacidas, cuyo número oscila entre 2 a 21 ejemplares, son de color blanco, se vuelven rosadas a los 5 ó 6 días y se convierten definitivamente a rojo oscuro de los 15 a 20 días. Al nacer miden 1 mm. y cuando es adulta 6 a 8 cm; su diámetro oscila entre 3 a 5 mm. y tiene un peso que oscila entre 0.4 y 0.6 gramos aunque en estado adulto pueden alcanzar 1 gramo. La *Eisenia Foetida*, tiene 182 aparatos excretorios, 6 riñones y 5 corazones; respira a través de la piel (no tiene pulmones), y la cabeza carece de ojos o palpos pero son muy sensibles a la luz. No tiene dientes ni mandíbula por lo que no tiene capacidad de moler el alimento. Para comer, con un sistema bucal succiona su alimento por la boca, ubicada en el primer anillo o somito. Usan glándulas especiales se encargan de segregar carbonato cálcico, cuya finalidad es neutralizar los ácidos presentes en la comida ingerida, la que después de atravesar todo el aparato digestivo es expulsada por el ano, que se encuentra en la parte terminal. La lombriz roja se hace adulta a los 3 meses, tiempo en la que se encuentra con capacidad de reproducción, visualizándose un anillo de mayor espesor o diámetro que el resto del cuerpo llamado clitelo. La lombriz es hermafrodita insuficiente, es decir tiene ambos sexos, pero necesita aparearse para reproducirse. Cada lombriz está dotada de un aparato genital masculino y de un aparato genital femenino. La fecundación se efectúa a través del Clitelo, cuyas glándulas producen el capullo o

cápsula, desde donde emergen las lombrices después de 14 a 21 días de incubación, en un número que va de 2 a 21 ejemplares. Para el proceso biológico involucrado en la filtración de agua servida a través de un lecho con lombrices, los microorganismos presentes en el sustrato permiten, en más de un 50% la degradación de la materia orgánica, siendo la lombriz muy útil en la aireación, remoción y porosidad del medio, con su movimiento incansable. De esta forma se logra un sistema de degradación de materia orgánica y purificación de aguas servidas autosustentable, al no exigir la entrega de energía externa para su operación (p.62-64).

4.3.3.3 Condiciones ambientales para su desarrollo.

Sobre las condiciones ambientales óptimas de la lombriz *Eisenia foétida* (roja californiana).

4.3.3.3.1 Humedad.

Será del 80% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente. (Cajas, 2009, p.22).

4.3.3.3.2 Temperatura.

En lo referente a la temperatura según Cajas, (2009). Manifiesta que “el rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones entre 12 y 15° C. (p.22).

Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos. (Cajas, 2009, p.22).

4.3.3.3.3 pH.

El pH óptimo para su desarrollo según Cajas, (2009) menciona:

El pH óptimo para el desarrollo de la lombris está en un rango de 7 a 8. Es indispensable efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición. Se utiliza papel tornasol o el potenciómetro para determinar el valor de acidez o basicidad del sustrato. Para esta prueba se toma con la mano una muestra muy húmeda estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol y se mantiene la mano cerrada durante 20 a 30 segundos; luego se compara la coloración obtenida con la escala de colores que trae el empaque. Si el pH es ácido, se desarrollaran en el sustrato la plaga. conocida comúnmente como planaria. (Cajas, 2009, p.23.).

4.3.3.3.4 Riego.

Los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido pero requiere un trabajador implicado exclusivamente en esta labor. El riego por aspersión requiere mayor inversión, habiendo diversas modalidades según su disposición en los lechos. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica. (Cajas, 2009, p.23.).

4.3.3.3.5 Aireación.

Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación. Dentro del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del sustrato. La presencia de material altamente compacto o los excesos de agua que saturan los poros del lecho producen una disminución de O₂ peligrosa para la supervivencia del animal, se debe evitar el uso de plásticos tanto en el fondo del lecho como de cubierta usar como protectores materiales como costal, paja, hojas de plátano entre otras. (Cajas, 2009, p.24.).

4.3.3.4 Depredadores de la Lombriz.

Según Basaure (citado por Hernández, 2005) manifiesta lo siguiente sobre los depredadores de la Lombriz.

Existen animales asociados a la lombriz y que predan sobre ella; entre ellos está el ciempiés el cual ataca directamente a las cápsulas o cocones, deteniendo de esta manera la reproducción de la lombriz. Las hormigas atacan directamente a la lombriz en cualquier edad. Cuando no se da un manejo adecuado a los desechos se presentan ratas, las cuales son atraídas por los desechos e indirectamente se comen a las lombrices. Actualmente, un enemigo económicamente importante de la lombriz es la planaria, gusano plano con necesidades alimenticias similares a las de la lombriz; convive con ella, pero también se enrosca sobre su cuerpo y la estrangula. Entre otros enemigos naturales se mencionan a los pájaros, los ratones, los topos, los sapos, las serpientes y animales pequeños como los gorgojos. Por lo anterior, se recomienda proteger los lombricomposteros y revisarlos constantemente (p.39).

4.3.3.5 El Humus.

El Humus según Alarcón, (2012) menciona:

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico que se produce por las transformaciones químicas de los residuos cuando son digeridos por las lombrices de tierra. Es altamente ecológico, ya que se produce de manera natural y contribuye a la reutilización de los restos orgánicos (p.5).

4.4 Investigaciones realizadas

Según el estudio “EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE SISTEMAS DE BIOFILTRACIÓN EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES” de acuerdo al análisis de la turbidez y en cuanto se refiere a la diferencia entre estas condiciones, se tuvo un 35,9% de eficiencia de la aireación sobre el agua que ingresa al sistema. La diferencia entre las eficiencias entre las dos condiciones no es mayor al 10%, por lo que se puede decir que indiferente de las condiciones de aireación la eficiencia del sistema de biofiltro es la misma. En el tratamiento de control ocurre una mayor eficiencia en un 17,8% de remoción en la condición sin aireación que con aireación. (Cevallos, 2015, p.65.).

Según el estudio “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN A ESCALA DE UN BIOFILTRO TOHÁ EN LA ESPOCH PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROCEDENTES DE LA COMUNIDAD LANGOS LA NUBE” se caracterizó mediante un análisis físico-químico las aguas residuales antes y después del tratamiento biológico, se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de DBO_5 en el primer tratamiento dando como resultado el análisis de cruda un pH de 6.97, conductividad de 1520 $\mu\text{Siems/cm}$, turbiedad 70.36 UNT, amonios 17.0 mg/L, DQO 472 mg/L, DBO_5 448 mg/L, nitratos 20.5 mg/L, fosfatos

19.6 mg/L y sólidos disueltos totales 810 mg/L mientras que la caracterización del agua tratada dio como resultado un pH de 7.03, conductividad de 1040 μ Siems/cm, turbiedad 15. UNT, amonios 5.4 mg/L, DQO 228 mg/L, DBO₅ 70 mg/L, nitratos 4.1 mg/L, fosfatos 5.2 mg/L y sólidos disueltos totales 624 mg/L por lo que se lograron porcentajes de remoción en los parámetros de turbiedad 77.69%, amonios del 68.24%, DQO del 51.69%, DBO₅ del 84.38%, nitratos del 80.00%, fosfatos del 73.47% y sólidos disueltos totales del 22.96%, obteniéndose un promedio de eficiencia en este tratamiento de 65.49% y se obtuvo un incremento de pH de 0.06 Und., una reducción en la conductividad de 480 μ Siems/cm, para este tratamiento se utilizó un TRH de 6 horas. (Coronel, 2015, p.75.).

Según el estudio "SISTEMA TOHÁ; UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SECTORES RURALES" con la utilización del lombrifiltro, se obtienen impactos positivos en la calidad de las aguas que se vierten a los cuerpos de agua o al subsuelo, ya que este tratamiento es muy eficiente en la remoción de los contaminantes y microorganismos patógenos. Reducciones superiores al 90%. Esto se debe a que este sistema se encuentra diseñado para el cumplimiento de la norma de utilización de agua para riego (Norma Chilena 1.333). No es el caso para el sistema séptico, ya que posee bajos niveles de eficiencia en la remoción de contaminantes, cuyos niveles fluctúan entre el 40% - 50% (en el mejor de los casos), además el efluente no cumple con la norma de riego, debido a que la fosa séptica entrega un efluente que cuenta con una alta tasa de presencia bacteriana. En consecuencia, existe un alto riesgo de contaminar las napas subterráneas. (Salazar, 2005, p.81.).

4.5 Marco Legal

4.5.1 Constitución de la República del Ecuador.

Según la constitución política del Ecuador en el Art. 12., menciona, “que el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. En primer lugar el **Art. 14.**, se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Además el **Art. 15.**, manifiesta que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Asimismo el **Art. 32.**, menciona que la salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. (Asamblea Constituyente, 2008, p. 5-79).

4.5.2 Ley Orgánica de recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua: Disposiciones Preliminares.

Según el **Art. 1., de la Naturaleza jurídica.** Menciona que “los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley.” El agua es patrimonio nacional estratégico de uso

público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria. De igual manera conforme al Art. 17., la Autoridad Única del Agua. Es la entidad que dirige el sistema nacional estratégico del agua, es persona jurídica de derecho público. Su titular será designado por la Presidenta o el Presidente de la República y tendrá rango de ministra o ministro de Estado. Es responsable de la rectoría, planificación y gestión de los recursos hídricos. Su gestión será desconcentrada en el territorio.

4.5.3 Acuerdo Ministerial 061 Reforma del Libro VI del texto Unificado de Legislación Secundario.

Según el Art. 209 De la calidad del agua., menciona que “son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I”.

En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de Control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos de sus descargas así como del cuerpo de agua receptor.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, p.86.).

4.5.4 Acuerdo Ministerial 097: Límites de Descarga a un cuerpo de Agua Dulce.

Tabla 1. Límites de descarga de agua a un cuerpo de aguas dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas.	Sust. Solubles en hexano	Mg/l	30,0
Coliformes Fecales	NMP	NPM/100 ml	2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Fosforo Total	P	mg/l	10
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Sólidos suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Temperatura	°C		Condición natural ± 3

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 (Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce).

5 MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales y métodos

5.1.1 Materiales y equipos.

A continuación se mencionan los materiales y equipos básicos que se utilizaron para la realización del proyecto.

Herramientas e Instrumentos

- GPS
- Cámara digital
- Cronometro
- Termómetro
- Medidor de pH
- Recipiente aforado de 10 L.
- Materiales de construcción.

Materiales de Campo

- Mascarilla
- Guantes de lates
- Botas de Caucho
- Hielera (cooler)
- Etiquetas
- Cadena de custodia
- Esfero
- Cinta adhesiva

Material de Oficina

- Computadora
- Hojas de papel bond A4
- Internet
- Impresora
- Esfero

5.2 Métodos

5.2.1 Ubicación del Área de estudio.

5.2.2 Ubicación Política.

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en el Barrio Playa La Florida perteneciente a la Parroquia Yantzaza, Cantón Yantzaza, dentro de la jurisdicción de la provincia de Zamora Chinchipe. Está situado en el margen izquierdo del río Zamora, aproximadamente a 10 minutos del centro poblado de la ciudad de Yantzaza.

Sus Coordenadas Geográficas UTM son: ZONA 17 SUR

LONGITUD X= 748684

LATITUD Y= 9576063

m.s.n.m. = 817



Mapa 1: Ubicación Geográfica del proyecto

Fuente: PDOTY - Yantzaza, 2015

5.2.2.1 Límites.

POR EL NORTE.- Con el Cantón El Pangui y Gualaquiza.

POR EL SUR.- Con el Cantón Paquisha y Centinela del Cóndor.

POR EL ESTE.- Con la Republica del Perú.

POR EL OESTE.- Con el Cantón Yacuambi y Zamora.

5.2.2.2 Topografía.

El Cantón Yantzaza presenta una topografía altamente irregular, con alturas extremas superiores oscilantes en 3.135 y cotas mínimas oscilantes entre 810 m.s.n.m. Se reconoce a su topografía con elevaciones máximas de 3 835 metros,

representada en la Cordillera de Sadal. Los accidentes orográficos más significativos son las Cordilleras de Chicaña, de Miraflores, Tunantza y de Sadal. (Gobierno Autonomo Descentralizado del Canton Yantzaza, 2014 - 2019)

5.2.2.3 Asentamientos Humanos.

El Cantón Yantzaza cuenta con una distribución de sus poblados en un número de 105 asentamientos, los mismos que se encuentra acumulados en la cabecera cantonal, por los servicios básicos e infraestructura, pero en un mínimo porcentaje hay una acumulación en las cabeceras parroquiales de Chicaña y los Encuentros. (Gobierno Autonomo Descentralizado del Canton Yantzaza, 2014 - 2019)

5.2.2.4 Clima.

Su clima es cálido húmedo con una temperatura anual de 22,5° C con promedios extremos que varía de 15 a 34° C, lo que propicia la formación del bosque húmedo sub-tropical con precipitaciones que van de 1500 a 2000 mm por año. (Secretaria Nacional de Gestion de Riesgos, s.f. p.11)

5.2.2.5 Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo descriptiva cualitativa, ya que se fundamenta en la revisión bibliográfica que permitió la construcción del marco teórico a partir de la revisión, el análisis y la síntesis de la información científica recolectada en libros y artículos; cualitativa debido que se realizó la recolección de datos sin medición numérica y sin un análisis estadístico; de campo porque se realizó una entrevista y recolección de muestras de agua en el área de estudio: de laboratorio porque se realizó la caracterización de muestras de agua para determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas: proyectista porque se planteó una alternativa al problemas existente.

5.3 Metodología para el primer objetivo específico “Caracterizar las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima”.

La metodología para dar cumplimiento al primer objetivo se basa en:

5.3.1 Entrevista sobre las actividades desarrolladas en la porqueriza.

Para realizar la caracterización y obtener información del lugar de estudio se aplicó una entrevista (Ver Anexo 1) al propietario de la porqueriza, con el fin de conocer el funcionamiento actual que se realiza en la graja. Tomando a consideración los siguientes lineamientos:

- Nombre de la Familia.
- Ubicación.
- Desde cuándo se viene desarrollando la actividad porcícola en este sector
- El número de cerdos que actualmente cuenta la porqueriza.
- Capacidad máxima instalada de la porqueriza
- Horarios que se realiza la limpieza de la porqueriza.
- Horario de alimentación de los cerdos.
- Identificar el lugar de captación del agua que abastece a la porqueriza.
- Identificar el sistema de tratamiento con el que actualmente cuenta la porqueriza.
- Eliminación de aguas residuales generadas.
- Materiales usados en el lavado de la porqueriza
- Tratamiento actual del estiércol que se genera en la porqueriza
- Fines de producción

- Cuál es el tipo de alimentación que utiliza para los cerdos.
- Cuál es el sistema de explotación.
- Después de haber recolectado toda la información necesaria se procedió de la siguiente manera.

5.3.2 Protocolo de Muestreo.

Para la toma de muestras de agua de la porqueriza, se consideró el siguiente protocolo:

5.3.2.1 Parámetros a analizar.

Los parámetros a analizar se establecieron de acuerdo a la normativa legal vigente.

La Autoridad Ambiental Nacional establece en la Tabla 12 del Acuerdo Ministerial 028 los parámetros de descarga mínima a analizarse o monitorearse que deberá cumplir el sujeto de control de acuerdo a la cría especializada de ganado porcino son los siguientes:

Caudal, pH, Temperatura, DBO, DQO, SST, SAAM, Grasas y aceites, Fenoles, Residuos de ingrediente activos de plaguicidas, Nitrógeno total (N), Fosforo total (P), Coliformes fecales (MAE, 2015).

5.3.2.2 Ubicación del sitio de muestreo.

Para la selección del lugar de muestreo se realizó un recorrido con el fin de identificar el punto exacto de vertimiento de las aguas residuales, donde se procedió a realizar el muestreo, esta debe ser tomada antes del sitio donde se ubicara el sistema.

5.3.2.3 Tipo de recipientes a utilizar.

Es importante determinar el tipo de parámetros a analizar para contar con los recipientes adecuados en los cuales recolectar las muestras.

Los tipos de recipientes que se emplearan para la toma de muestras de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, establecidos en la tabla 1: Técnicas generales para la conservación de muestras – análisis físico-químico, son los siguientes.

Tabla 2: Tipo de recipientes para la recolección de muestras, análisis físico-químico

Análisis Físico - químico	
Parámetros	Tipo de recipiente
DBO	Plástico
DQO	Plástico
SST	Plástico
Grasas y Aceites	Plástico
Nitrógeno Total (N)	Plástico
Fosforo total (P)	Plástico

Fuente: Normas NTE INEN 2169:98 (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización)

El análisis microbiológico se lo realizó de acuerdo a la Tabla 3 – Técnicas generales recomendadas para la conservación de muestras para el análisis microbiológico de las normas NTE INEN 2169:98

Tabla 3: Tipo de recipientes para la recolección de muestras, microbiológico

Análisis Microbiológico	
Parámetro	Tipo de recipiente
Coliformes Totales	Plástico
Coliformes Fecales	Plástico

Fuente: NTE INEN 2169:98

5.3.2.4 Frecuencia de Muestreo.

La frecuencia de muestreo se estableció de acuerdo al horario de lavado de la porqueriza, ya que las actividades que se realiza son la misma tanto en la mañana (08:00 AM) como en la tarde (16:00 PM).

5.3.2.5 Tipo de muestra.

Se trabajó con un solo tipo de muestra que corresponde a una muestra simple.

5.3.2.6 Cantidad de muestra a tomar.

La cantidad de muestra a tomar fue de 1000 ml, la misma que sirvió para realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos, estos valores se tomaron con referencia a las disposiciones y requerimientos del laboratorio CIESSA de la ciudad de Loja.

5.3.2.7 Toma de muestra

Par efectuar la toma de muestras se lo realizó de acuerdo a los parámetros que se va analizar tanto in situ como ex situ, estos se detallan a continuación.

Los parámetros in situ que se analizaron son los siguientes:

- Medición de caudal
- pH
- Temperatura

Los parámetros ex situ que se analizarán son los siguientes:

DBO, DQO, SST, Grasas y Aceites, Nitrógeno Total (N), Fosforo total (P), Coliformes fecales.

Se omitirán parámetros ya que estos no son pertinentes para dicha actividad porcina que se realiza, a continuación se mencionan los siguientes:

SAAM, Fenoles, Residuos de ingredientes activos de plaguicidas

Descripción de los parámetros analizados in situ.

- **Medición de Caudal**

Se realizó la medición de caudal utilizando el método volumétrico para lo cual será necesario contar con un cronometro y un recipiente aforado de 10 litros.

Esta medición consistió en introducir un recipiente de 04 litros en la caída de la vertiente procurando receptor toda la descarga y evitar derrames del líquido y lograr un dato más preciso del caudal. El tiempo se lo tomó inmediatamente al haber introducido el recipiente en la vertiente hasta su respectiva extracción; repitiendo

este proceso por dos ocasiones en la hora del lavado de la porqueriza (mañana y tarde), durante cinco días, para posteriormente obtener un dato promedio del caudal utilizando la siguiente formula:

$$Q = V/T$$

Q = Caudal (l/s)

V = Volumen (04 litros)

T = Tiempo promedio de las repeticiones

- **Medición de pH**

La medición del pH se lo realizó mediante la captura de agua en un recipiente, (en este caso se manipuló el mismo recipiente que se utilizó para la medición de caudal), se procedió a introducir el peachimetro en el agua durante 2 a 3 minutos para comprobar las condiciones acidas o alcalinas del agua residual. El resultado obtenido posteriormente se lo comparó con la Normativa Actual Vigente.

- **Medición de la temperatura**

Esta medición se la realizó con la ayuda de un termómetro, se tomó el agua residual en un recipiente y se colocó el termómetro dejándolo suspendido por un lapso de 2 a 3 minutos y así observar lo que marca la escala numérica del termómetro.

5.3.2.8 Numero de muestras a tomar.

El lugar ideal para el muestreo fue antes que la descarga ingrese al sistema de tratamiento y la otra después del sistema implementado. El material utilizado para el muestreo fue: Recipiente de plástico esterilizado de 1000ml. La cantidad de muestras para el envío al laboratorio son dos muestras simples de 1000 ml cada una.



Fotografía 1. *Medición del caudal y toma de muestra.*

5.3.2.9 Etiquetado de la muestra y cadena de custodia.

- **Identificación de muestras**

Luego de haber tomado cada una de las muestras se procedió al etiquetado, esto con el propósito de evitar confusiones al momento del envío al laboratorio, la información que contendrá será la siguiente:

Código, Fecha, Hora de recolección, Lugar de recolección, Tipo de muestra, Coordenadas del punto de muestreo, Parámetro medido, Responsable, Número telefónico y dirección del responsable. (Ver Anexo 2).

- **Cadena de custodia**

Para los parámetros medidos en el sitio de muestreo y los análisis a realizar en el laboratorio, así como otras características del agua se registraran en la cadena de custodia. (Ver Anexo 3)

5.3.2.10 Envío de muestras al laboratorio.

Luego de haber tomado las muestras, tomando en cuenta las técnicas de conservación para cada parámetro a analizar, se procedió a almacenarlo en un cooler, esto con el fin de mantener las muestras a bajas temperaturas, así evitar alteraciones en los resultados, para posterior a ello ser transportadas al laboratorio para su respectivo análisis.



Fotografía 2. *Etiquetado y almacenamiento de la muestra.*

5.3.2.11 Análisis de Laboratorio.

Los resultados de las muestras, devueltas por el laboratorio fueron analizados y comparados con las tablas contenidas en el acuerdo Ministerial 097 sobre los límites máximos de descargar a cuerpos de agua con relación a la actividad porcina.

5.4 Metodología para el segundo objetivo específico “Diseñar e Implementar un sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima”.

Para el diseño e implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales, se tomó en cuenta algunos factores que se detallan a continuación.

5.4.1 Diseño del sistema de tratamiento.

Con los resultados del primer objetivo específico se diseñó una planta de tratamiento, donde depure cada uno de los parámetros analizados para esta actividad.

Para el diseño del sistema de biofiltración el caudal fue el principal factor a considerarse para determinar el dimensionamiento de la planta de tratamiento.

La planta de tratamiento consta de los siguientes procesos: pre tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario con la utilización de lombrices.

Los factores que se consideraron para el cálculo de las dimensiones de la planta de tratamiento de las aguas residuales procedentes de la porqueriza se procedieron a calcular los siguientes datos:

5.4.1.1 Cantidad de agua residual generada.

- **CAUDAL MEDIO (Q_{medio}).**

Es el caudal con el que se diseñara el sistema, se utilizara la siguiente formula:

$$Q_{\text{medio}} = \frac{P * D * R}{300}$$

Donde:

P= Población actual (06 chanchos).

D= Dotación de agua potable (5.5L/chancho/300 s).

R= Coeficiente de retorno (80%).

5.4.1.2 Caudal promedio de agua residual en m³/5min. (Q prom)

Para el cálculo del caudal promedio de agua residual se empleara la siguiente formula:

$$Q \text{ prom} = Q \text{ medio} * (1\text{m}^3/1000\text{L})86400\text{seg./1dia}$$

5.4.1.3 Dotación de agua residual L/Ind./5min.

$$\text{Dotación} = Q_{\text{prom}} (1000\text{L}/1\text{m}^3)/P_a.$$

Donde:

Q_{prom} . = caudal promedio.

P_a = Población actual

5.4.1.4 Población de diseño (población futura pf).

Es la cantidad de individuos proyectada por en n años, con la que se diseñara el sistema.

Para el cálculo de la población futura se empleara la siguiente formula.

$$P_f = P_a(1+r)^n$$

Donde:

P_f = población futura (chanchos).

P_a = Población actual (chanchos).

r = tasa de crecimiento.

n = periodo de diseño.

5.4.1.5 Caudal de diseño.

Es el consumo de agua a futuro (l/chancho/día), para el cálculo se empleara la siguiente formula:

$$C_f = C_a (1+r)^t$$

Donde:

C_f = consumo de agua a futuro L/chancho/día.

C_a = consumo actual L/chancho/d5min.

r = tasa de crecimiento medio actual

t = número de años del proyecto

5.4.1.6 Caudal Medio.

Es la cantidad de agua residual generada a futuro (L/s), para el cálculo se empleara la siguiente formula:

$$P \cdot D \cdot R / 86400$$

Donde:

P : Población futura

D : Dotación de agua potable

R : coeficiente de retorno: 0,8

5.4.2 Implementación del sistema.

Con los datos que se obtuvieron mediante los cálculos de las dimensiones del filtro biológico, se procedió con la implementación del sistema.

Para la implementación del sistema se siguió bajo el siguiente proceso.

5.4.2.1 Selección del lugar.

Para selección del lugar se lo efectuó en base a los siguientes criterios.

- Zona con superficie regular
- Área no propensa a zonas de riesgo como deslaves o inundaciones
- No existencia de vertientes de agua o escorrentías
- Y otros criterios del investigador

5.4.2.2 Adecuación del lugar.

Una vez seleccionado el lugar se procedió a retirar todo el material existente como: piedras y cobertura vegetal en caso de existir. Para el retiro de la tierra del lugar se lo realizó en base a las medidas del filtro biológico que se calculara con las formulas antes mencionadas.

5.4.2.3 Impermeabilización.

La impermeabilización del sistema se lo efectuó con concreto, tomando en cuenta el porcentaje de desnivel a emplearse de un 3%, la utilización del concreto se lo utilizó al tratarse de una piscina para tratar aguas residuales de una población de individuos mínima.

5.4.2.4 Colocación de los sistemas de entrada y salida del agua residual.

Posterior a la impermeabilización de la piscina se procedió con la colocación de los sistemas de entrada y salida de las aguas residuales.

La entrada constó de un tubo de PVC de 2" perforado que se extenderá por todo el ancho de la piscina, el mismo que condujo las aguas provenientes del pre tratamiento y tratamiento primario.

La salida constó de un tubo de pvc el mismo que recogerá las aguas que atravesaran todo el lecho filtrante.

5.4.2.5 Colocación de las capas filtrantes.

El material filtrante constó de: una capa de piedra (15cm), una de grava (10cm), una capa de arena fina (05 cm) y la última capa de viruta, aserrín y materia orgánica (30 cm).

5.4.2.6 Obtención de las lombrices (*Eisenia foetida*).

Las lombrices se las obtuvo del relleno sanitario de la ciudad de Loja, las mismas que fueron transportadas hasta el sitio donde se ejecutara el proyecto en saquillos con suficiente tierra para evitar que se mueran, hasta su respectiva colocación en el sistema.

5.4.2.7 Adaptación de las lombrices.

Antes de colocar las lombrices en el sistema de biofiltración se procedió a realizar un proceso de adaptación de las mismas con estiércol de ganado porcino en parcelas ya establecidas esto con el fin de adaptarlas a este medio y evitar en lo posterior la muerte de las mismas en sistema ya implementado.

5.4.2.8 Colocación de las lombrices en el biofiltro.

Luego de haber colocado las capas filtrantes seguidamente se colocó las lombrices “roja californiana” (*Eisenia foetida*), las mismas que se ubicaran en la parte superior de los estratos filtrantes previo al proceso de adaptación de las mismas con estiércol de ganado porcino.

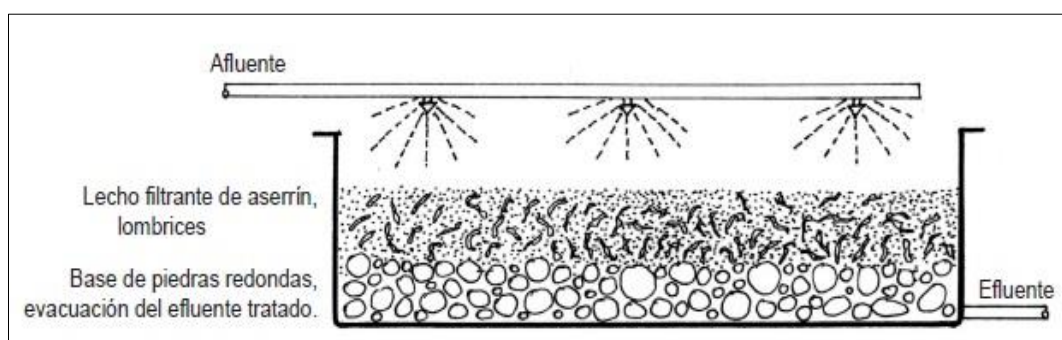


Figura 4. *Diseño del Sistema Tohá*

5.5 Metodología para el tercer objetivo específico “Determinar el porcentaje de descontaminación de las aguas residuales producidas en la actividad porcina al pasar por el sistema de biofiltración”.

Para verificar el porcentaje de descontaminación del sistema de tratamiento empleado se procedió a dar cumplimiento con las siguientes actividades que a continuación se mencionan.

5.5.1.1 Operaciones de mantenimiento y monitoreo.

El proceso de mantenimiento y monitoreo se realizó luego de haber implementado el sistema, se realizó diferentes labores como:

- Se colocó un cerco con malla metálica para evitar la llegada de plagas como: gallinas, pájaros etc.

- Se realizó la limpieza de la maleza al contorno del filtro biológico para evitar la llegada de plagas.
- En caso de presencia de plagas que afecte el desarrollo de las lombrices, esta se combatirá con biosidas orgánicos.
- Se realizó la limpieza de las malezas en caso de que existiera en el filtro biológico, esto se realizara cada 15 días durante tres meses.
- Se montó un techo plástico con el fin de mantener el la humedad, pH y temperatura adecuada en el filtro biológico y así evitar la muerte de las lombrices.

Para la medición de la humedad, pH y temperatura se utilizó el instrumento multifuncional de estudios de suelos.

Cuadro 1. Operaciones de mantenimiento y monitoreo.

Fecha Parámetros	11-06-16	25-06-16	08-07-16	22-07-16	06-08-16	20-08-16
Presencia de plagas						
Actividades de limpieza						
Porcentaje de Humedad						
pH						
Temperatura						
Observaciones						

5.5.1.2 Toma de la muestra de agua residual tratada.

Para la toma de muestra de agua se realizó el similar protocolo de muestreo como el objetivo uno, con la excepción del lugar de muestreo, que en este caso se lo realizó en la salida del sistema diseñado luego de haber pasado las aguas residuales por todos los procesos de depuración.

5.5.1.3 Análisis de la muestra.

Los resultados fueron comparados con la tabla 9 de AM 097 “Límites de Descarga a un cuerpo de Agua Dulce” y con esto se determinara si el sistema cumple con las exigencias de la normativa.

5.5.1.4 Comprobar el funcionamiento del sistema.

Para probar el porcentaje de depuración que sufrirán las aguas a tratar, se realizó la comprobación de los resultados de las muestras tomadas antes del ingreso al sistema con las muestras tomadas luego de haber pasado por todo el sistema de tratamiento planteado.

5.5.1.5 Determinación de costos del sistema de tratamiento de biofiltración.

El presupuesto para la construcción del tratamiento de biofiltración, se realizó una vez implementado el mismo, lo cual consistió en realizar el análisis de precios unitarios de los principales parámetros como: materiales de campo, materiales de construcción, análisis de laboratorio, mano de obra. **(Ver Anexo 5).**

6 RESULTADOS

6.1 Resultados para el primer objetivo específico “Caracterizar las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima”.

6.1.1 Entrevista sobre las actividades desarrolladas en la porqueriza.

La contaminación de aguas residuales derivadas de la crianza de cerdos genera problemas de salud en las personas es por ello que se realizó la caracterización de las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima”. La granja se encuentra ubicada en el Barrio “Playas La Florida” por lo que llevan desarrollando la actividad porcícola alrededor de 1 año. También en este sector el número de cerdos que actualmente cuenta la porqueriza es de 6 individuos. por otra parte los horarios que se realiza la limpieza y alimentación es de 08:00am y 17:00pm. El manejo de los cerdos es a base de alimentación de balanceados y desperdicios de comida. Mientras que el agua que abastece a la porqueriza es proveniente de la montaña. En la porqueriza actualmente no existe sistema de tratamiento y la eliminación de aguas residuales es vertido hacia el ambiente. No se realiza ningún tipo de tratamiento con el estiércol que se genera en la porqueriza. La venta de cerdos es uno de los sustentos de la familia el cual las complementa con actividades agrícolas.

Cabe recalcar que la crianza de cerdos no es la principal actividad económica de la familia Lima Coronel, ya que realiza otras actividades comerciales.

6.1.2 Parámetros analizados in situ en la línea base.

6.1.2.1 Medición de caudal.

Cuadro 2. Caudales del agua residual industrial.

CAUDAL DE AGUA RESIDUAL (l/s)						
N° muestreo	Hora	1M	2M	3M	3M	5M
1	8:00am	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11
2	17:00pm	0.12	0.10	0.11	0.11	0.11
Caudales medio		0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Caudal medio: 0.11 l/s						
1M: Primer muestreo (Lunes, 25 de Abril de 2016)						
2M: Segundo muestreo (Martes, 26 de Abril de 2016)						
3M: Tercer muestreo (Miércoles, 27 de Abril de 2016)						
4M: Cuarto muestreo (Jueves, 28 de Abril de 2016)						
5M: Quinto muestreo (Viernes, 29 de Abril de 2016)						

El resultado (cuadro 2), muestran que a lo largo de todo el proceso de muestreo, el caudal medio registrado durante los 5 días de aforos es de 0.11 l/s, el mismo que es un caudal intermitente, además cabe mencionar que no se dispone de caudal máximo como caudal mínimo puesto que el caudal tanto en la mañana como en la tarde es el mismo con el mismo tiempo del lavado de la porqueriza.

6.1.3 Medición de pH y Temperatura.

Cuadro 3. Resultados de pH y temperatura

Parámetros	Expresado como	Resultado	Límite máximo permisible
pH	-	6	6-9
Temperatura	°C	21	Condición natural ± 3

El resultado (cuadro 3) muestra al pH, el mismo que muestra un valor de seis correspondiente a medianamente ácido, por tal razón se menciona que este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible que se establece en la tabla 9 del AM 097, en cuanto a la temperatura el resultado arroja un valor de 21°C y la temperatura del cuerpo receptor de 18°C, por tal motivo se finiquita que este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible.

6.1.4 Parámetros analizados ex situ

Cuadro 4. Resultados del análisis del laboratorio de los parámetros físicos, químico y microbiológico de la muestra de agua residual.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultado de Laboratorio	Límite máx. permisible
Parámetro físico				
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	620	130
Parámetros químicos				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	474	100

Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	1200	200
Grasas y Aceites	Sust. Solubles en hexano	mg/l	35	30
Nitrógeno Total (N)	N	mg/l	19,2	50
Fosforo Total (P)	P	mg/l	11,9	10
Parámetro microbiológico				
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	3.1E+03	2000

Fuente: Tabla 9 AM 097 y Resultado Laboratorio CIESSA

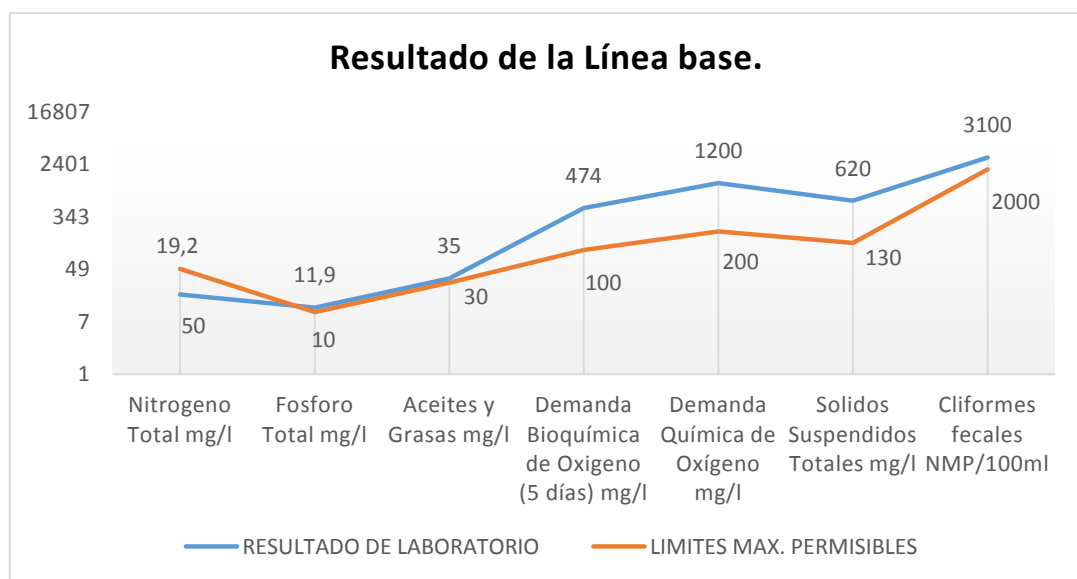


Figura 5. Comparación entre la Línea Base y los Límites máx. Permisibles.

En la figura anterior se describe la relación entre la Línea base y los Límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, los mismos que demuestran en cuanto al SST, DBO5, DQO Grasas y Aceites, Fosforo Total (P) y Coliformes fecales, están sobre el límite máximo permisible de descarga a un

cuerpo de agua dulce, de acuerdo a la Tabla 9 AM 097. Mientras que el Nitrógeno Total (N), está dentro del límite permisible.

6.2 Resultados para el segundo objetivo específico “Diseñar e Implementar un sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima”.

6.2.1 Parámetro que se tomaron en cuenta en el diseño del sistema de biofiltración.

Cuadro 5. *Parámetros de Diseño*

Aspectos	Unidad	Medida
Periodo de Diseño	Años	10
Población actual	Individuos	6
Tasa de crecimiento poblacional	%	20
Caudal medido en el campo	L/s	0.11
Capacidad instalada	Ind.	37

El resultado (cuadro 5), da a conocer los parámetros que se tomaron en cuenta al momento de diseñar el sistema de biofiltración, donde el periodo de diseño es para 10 años, la población actual es de 6 individuos con un tasa de crecimiento del 20% y el caudal medido en el campo de 0.11 l/s. La infraestructura de la porqueriza posee una capacidad de 37 animales.

6.2.1.1 Cálculo de la población de diseño (población futura Pf).

$$Pf = Pa (1+r)^n$$

$$Pf = 6(1+0.2)^{10}$$

$$Pf = 37$$

Resolviendo la ecuación, con un crecimiento poblacional del veinte por ciento (20%), en los diez años se obtiene una población futura de 37 individuos.

6.2.1.2 Cálculo del Caudal promedio de agua residual en $m^3/5min$.

$$Q \text{ prom} = Q \text{ medio} * (1m^3/1000L)300seg./5min.$$

$$Q \text{ prom} = 0.11 \text{ l/s} * (1m^3/1000L)300seg./5min.$$

$$Q \text{ prom} = 0.033m^3/5min.$$

Solucionando la ecuación, con el dato del caudal medido el campo de 0.11l/s, se obtiene un caudal promedio de agua residual de 0.033m³/5min.

6.2.1.3 Dotación de agua residual (L/Ind./5min).

$$\text{Dotación} = Q_{\text{prom}}.(1000L/1m^3)/Pa$$

$$\text{Dotación} = 0.033 \text{ m}^3/5min.(1000L/1m^3)/6$$

$$\text{Dotación} = 5.5 \text{ L/Ind./5min.}$$

Resolviendo la ecuación, con el dato calculado en la fórmula anterior sobre el caudal promedio de agua residual de 0.033 m³/5min, se obtiene la dotación de agua residual de 5.5 L/Ind./5min.

6.2.1.4 Cálculo del caudal de diseño (consumo de agua a futuro c.f.).

$$Cf = Ca (1 + r)t$$

$$Cf = 5.5 \text{ L/Ind./5min.} (1 + 0.2)10$$

$$Cf = 34 \text{ L/Ind./5min.}$$

Solucionando la ecuación, con la respuesta de la formula anterior sobre la dotación de agua residual, se obtiene el caudal de diseño que será el consumo de agua a futuro, obteniendo el dato de 7.92 L/Ind./5min.

6.2.1.5 Cálculo del Caudal medio (cantidad de agua residual generada a futuro).

$$Q_{medio} = \frac{P * D * R}{300 \text{ s}}$$

$$Q_{medio} = \frac{37 \text{ Ind.} * 34 \text{ L/Ind./5min.} * 0.8}{300 \text{ s}}$$

$$Q_{medio} = 3.3 \text{ l/s}$$

Resolviendo la ecuación, con el dato ya obtenido de la población futura de 37 individuos, el consumo de agua a futuro de 34 L/Ind./5min. y con el dato del coeficiente de retorno de 0.8, se obtiene el caudal medio que será la cantidad de agua residual que se va a generar en el futuro (10 años). Con un valor de 3.3 l/s

6.2.2 Diseño del sedimentador y trampa de grasas.

Las medidas del tanque de sedimentación se lo realizo de acuerdo a los cálculos sobre la cantidad de agua residual que se va a generar a futuro de 0.033m³ en 5 minutos del lavado de la porqueriza.

Cuadro 6. Dimensiones del sedimentador y trampa de grasas

Características	Unidad	Medida
Medidas internas		
Ancho (a)	m	0.24
Largo (l)	m	0.70

Altura (a)	m	0.35
------------	---	------

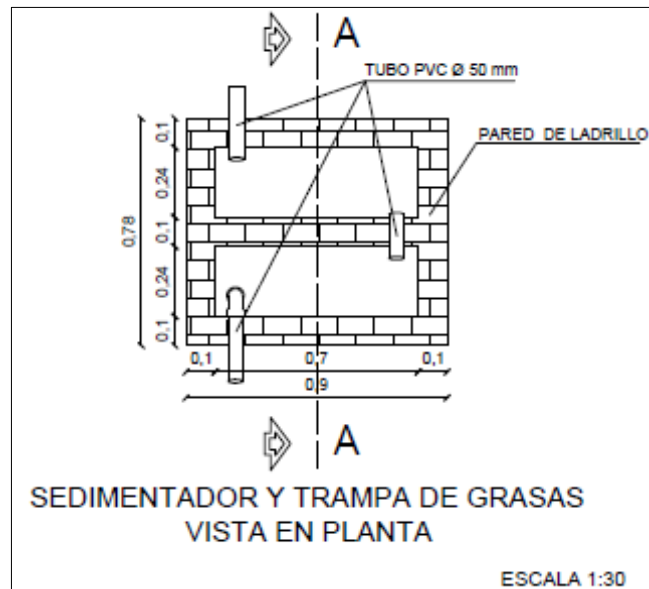


Figura 6. Dimensiones del sedimentador y trampa de grasas

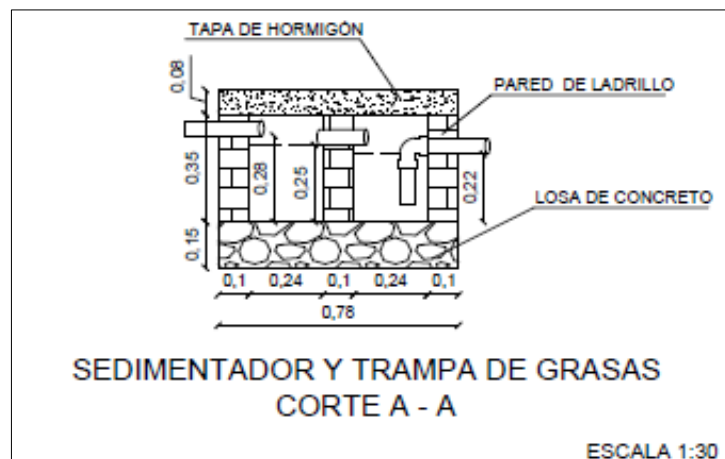


Figura 7. Dimensiones del sedimentador y trampa de grasas

El resultado (cuadro 6), demuestra las dimensiones del sedimentador y trampa de grasas, donde las medidas internas respectivamente son: ancho 0.24m, largo

0.70m y altura 0.35m, agregando a estas medidas el espesor de pared de 0.10m, dándonos las medidas externas: ancho 0.44m, largo 0.90m, espesor de la losa inferior de concreto de 0.15m y un altura de 0.50m.

De igual forma el tubo de salida del tanque de grasas está a 6cm debajo del tubo de entrada; el espacio que existe sobre el nivel del agua y la tapa de concreto es de 10cm.

6.2.1 Diseño del sistema de biofiltración.

Cuadro 7. Dimensiones del tanque de biofiltración

Características	Unidad	Medida
Medidas internas		
Ancho (a)	m	0.60
Largo (l)	m	1.62
Altura (a)	m	0.35

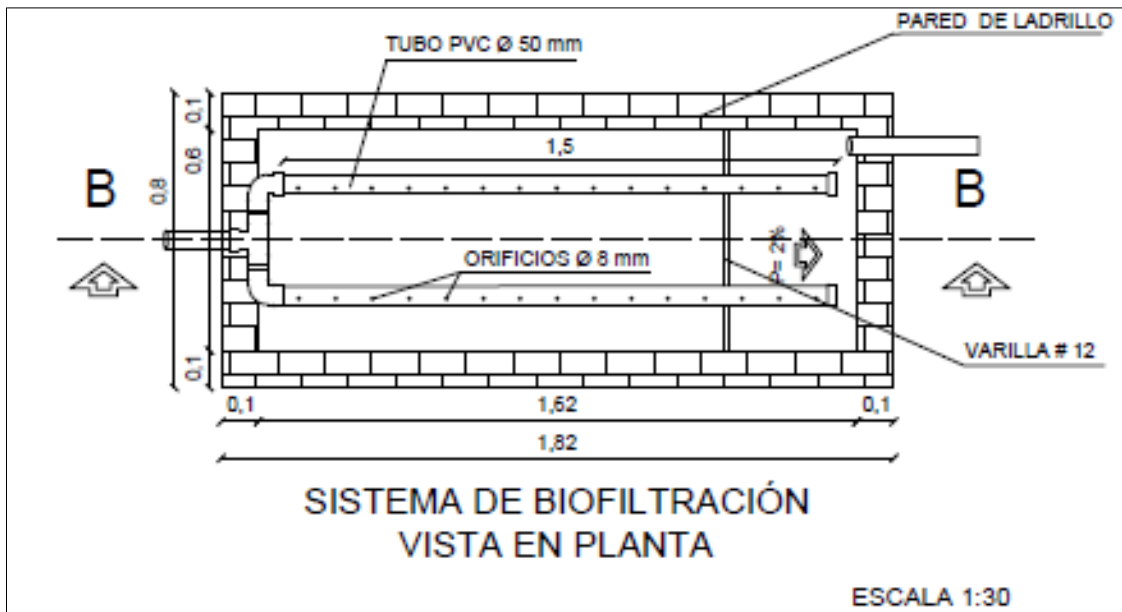


Figura 8. Dimensiones del tanque de biofiltración

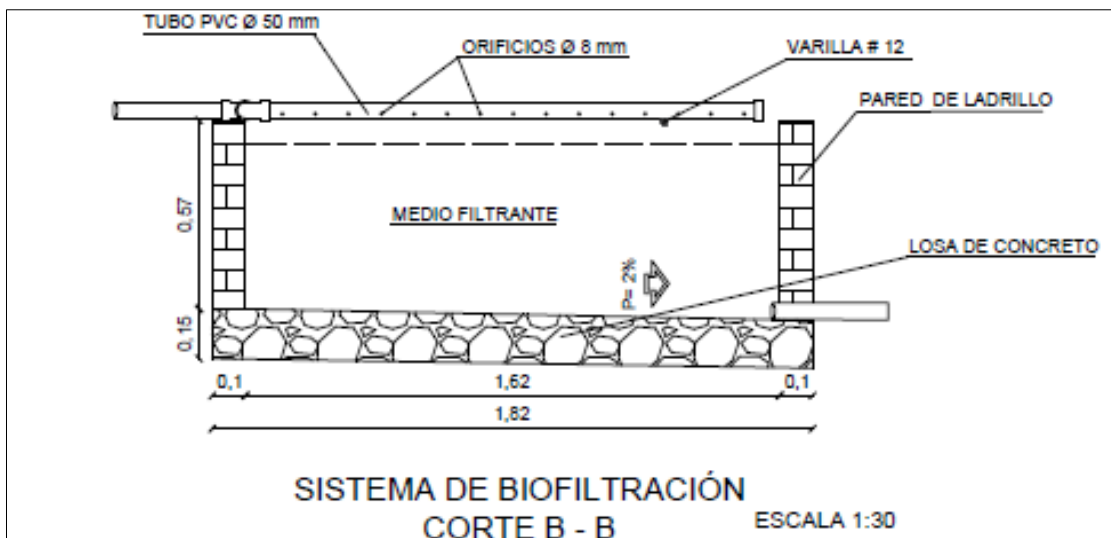


Figura 9. Dimensiones del tanque de biofiltración

El resultado (cuadro 7), muestra las dimensiones del sistema de biofiltración, donde las medidas internas respectivamente son: ancho 0.60m, largo 1.62m y altura 0.57m, agregando a estas medidas el espesor de pared de 0.10m, dándonos

las medidas externas: ancho 0.80m, largo 1.82m, espesor de la losa inferior de concreto de 0.15m y un altura de 0.72m.

Para la distribución del agua residual por toda el área del tanque de biofiltración consta de un tubo de PVC perforado, con pendiente del dos por ciento (2%) ubicado en el contorno del tanque de biofiltración.

6.2.2 Diseño del campo de biofiltración.

Cuadro 8. Capas para construcción del sistema de biofiltración

Detalle	Unidad	Medida de la capa
Piedra bola	m	0.15
Grava 3/4"	m	0.10
Arena fina	m	0.05
Materia orgánica	m	0.20

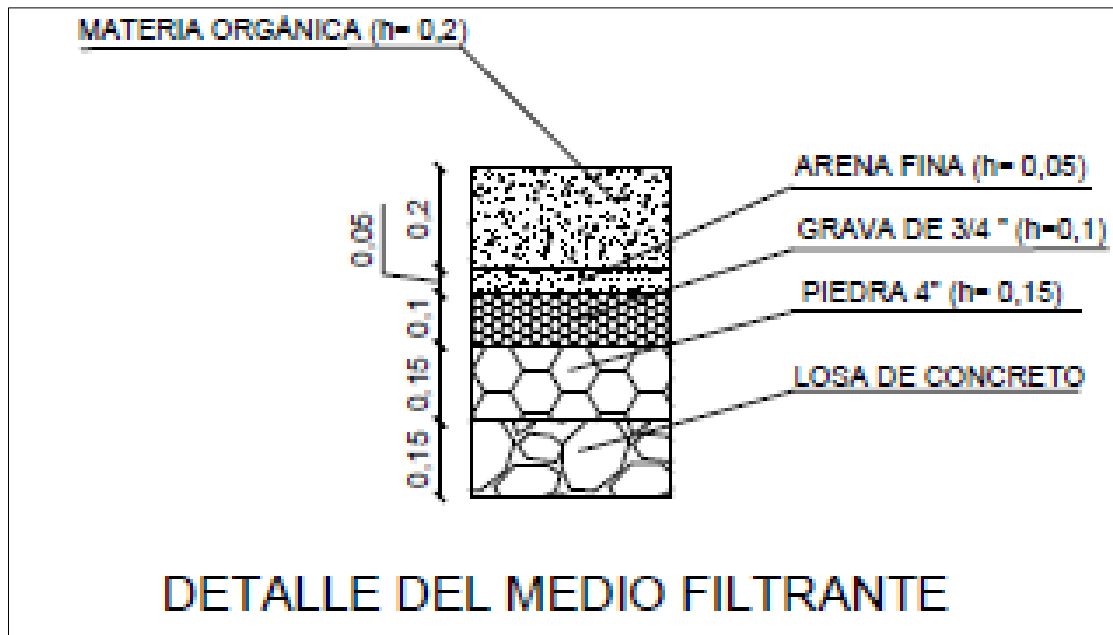


Figura 10. Disposición de las capas del campo de biofiltración

La figura 10 muestra la disposición de las capas del campo de biofiltración con las siguientes medidas en cada capa: Piedra bola de 0.15 m, Grava 3/4 de 0.10m, Arena fina de 0.05m y por último materia orgánica de 0.20m

Se procedió con el armado del diseño completo del sistema de biofiltración. (Ver Anexo 7).

6.2.3 Construcción del sistema de biofiltración.

Se presenta un esquema fotográfico de cada una de las actividades realizadas durante la construcción del proyecto de investigación.

6.2.3.1 Construcción del sedimentador y trampa de grasas.



Fotografía 3. *Sedimentador y trampa de grasas.*

6.2.3.2 Construcción del tanque de biofiltración



Fotografía 4. *Armado del tanque de biofiltración con paredes de bloque.*



Fotografía 5. Colocación de una capa de piedra bola 100mm en el tanque de biofiltración.



Fotografía 6. Colocación de una capa de grava 3/4 en el tanque de biofiltración.



Fotografía 7. Colocación de una capa de arena fina en el tanque de biofiltración.



Fotografía 8. Colocación de aserrín, materia orgánica, lombrices y sistemas de entrada y salida del agua residual en el tanque de biofiltración.

6.3 Resultados para el tercer objetivo específico “Determinar el porcentaje de descontaminación de las aguas residuales producidas en la actividad porcina al pasar por el sistema de biofiltración”.

6.3.1 Operaciones de mantenimiento y monitoreo de la adaptabilidad de las lombrices.

Cuadro 9. Operaciones de mantenimiento y monitoreo

Fecha	11-06-16	25-06-16	08-07-16	22-07-16	06-08-16	20-08-16
Parámetros						
Presencia de plagas						
Actividades de limpieza		X		X		X
Porcentaje de Humedad		70%		75%		65%
pH		7		7		8
Temperatura		18		20		24
Observaciones						

Los resultados de las actividades de monitoreo y mantenimiento realizadas en el filtro biológico, como se puede observar no existió presencia de plagas que afecte a las lombrices en el sistema de biofiltración. Por otra parte con relación a la presencia de malezas en el monitoreo se realizó 3 limpiezas cada quince días durante los 3 meses de investigación.

En cuanto a la humedad de los resultados de monitoreo se realizó la medición de humedad de la materia orgánica del lombrifiltro en tres ocasiones durante tres meses, dándonos con un valor del 70%, 75% y 65%, siendo estas las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo.

Para el pH, de acuerdo a los monitoreos se obtuvo un valor de 7 y 8, siendo estos óptimos para el desarrollo de la lombriz.

Con relación a la temperatura de los tres monitores realizados arrojó valores de 18°, 20° y 24°, estando estas en las condiciones óptimas para su crecimiento.

6.3.2 Resultado del análisis de la muestra de agua residual tratada.

Cuadro 10. Resultado del análisis de la muestra de agua residual tratada

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultado del análisis de la muestra de agua residual	Resultado del análisis de la muestra de agua residual tratada
Parámetro físico				
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	620	62
Parámetros químicos				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	474	63
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	1200	130
Grasas y Aceites	Sust. Solubles en hexano	mg/l	35	2,6

Nitrógeno Total (N)	N	mg/l	19,2	19,0
Fosforo Total (P)	P	mg/l	11,9	3,4
Parámetro microbiológico				
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	3100	1300

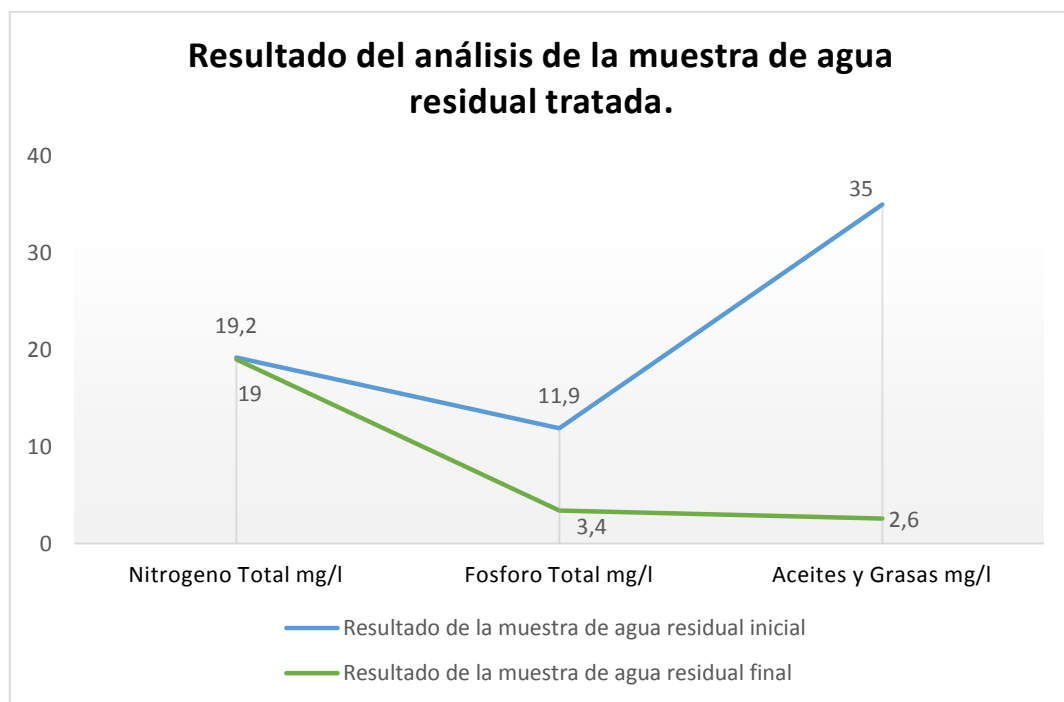


Figura 11. Resultado del análisis del agua tratada

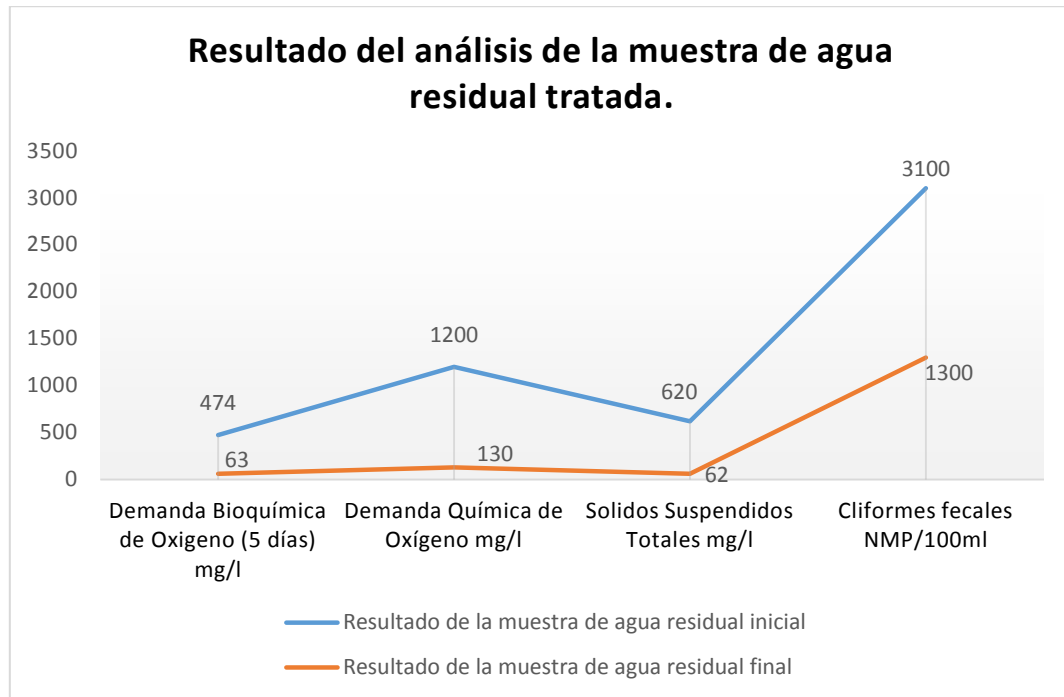


Figura 12. Resultado del análisis del agua tratada

En la figura 11 y 12 anterior se presenta el resultado de laboratorio de la muestra de agua residual inicial y el resultado de la muestra de agua residual tratada.

De acuerdo a la figura 11, se observa claramente que en todos los parámetros analizados existe una disminución en todos los valores

6.3.3 Determinar el porcentaje de descontaminación.

Esta se realizó según el trabajo de investigación realizado por (Scavo et al (s.f., p.5).

Así para las grasas y aceites se tiene que:

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Cont. de entrada} - \text{Cont. de salida}}{\text{Contaminante de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{35\text{mg/l} - 2,6\text{mg/l}}{35\text{mg/l}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 92,57\%$$

El porcentaje de remoción de Coliformes fecales se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Cont. de entrada} - \text{Cont. de salida}}{\text{Contaminante de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{3100\text{mg/l} - 1300\text{mg/l}}{3100\text{mg/l}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 58,06\%$$

**El porcentaje de remoción para la Demanda Bioquímica de Oxígeno
corresponde a:**

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Cont. de entrada} - \text{Cont. de salida}}{\text{Contaminante de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{474\text{mg/l} - 63\text{mg/l}}{474\text{mg/l}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 86,71\%$$

Con relación a la Demanda Química de Oxígeno se tiene lo siguiente:

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Cont. de entrada} - \text{Cont. de salida}}{\text{Contaminante de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{1200\text{mg/l} - 130\text{mg/l}}{1200\text{mg/l}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 89,17\%$$

El porcentaje de remoción de Fosforo Total se detalla a continuación.

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Cont. de entrada} - \text{Cont. de salida}}{\text{Contaminante de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{11,9\text{mg/l} - 3,4\text{mg/l}}{11,9\text{mg/l}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 71,43\%$$

En lo referente al Nitrógeno Total se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Cont. de entrada} - \text{Cont. de salida}}{\text{Contaminante de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{19,2\text{mg/l} - 19\text{mg/l}}{19,2\text{mg/l}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 1,04\%$$

Finalmente el porcentaje de remoción para los sólidos suspendidos totales corresponde a:

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Cont. de entrada} - \text{Cont. de salida}}{\text{Contaminante de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{620\text{mg/l} - 62\text{mg/l}}{620\text{mg/l}} * 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 90,00\%$$

De acuerdo a los porcentajes de depuración de cada parámetro tras haber realizado el tratamiento, obteniendo así un 92,57% de remoción en las grasas y aceites, un 58,06% de remoción en los Coliformes fecales, el 86,71% de remoción en la DBO5, 89,17% de remoción en la DQO, 71,43% de remoción en Fosforo Total, 1,04% de remoción en el Nitrógeno Total y 90,00% de remoción en el parámetro SST.

6.3.4 Resumen del presupuesto para la construcción del sistema de biofiltración.

A continuación se detalla en cuadro de costos para implementar el sistema.

Cuadro 11. Costos para la implementación del sistema.

RUBRO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	V. U. \$	V. TOTAL \$
MATERIALES	Cemento	Sacos	4	8.00	32.00
	Bloques de arena	Unidades	50	0.25	12.50
	Grava	m ³	0.50	10.00	5.00

	Arena fina	m^3	0.50	10.00	5.00
	Piedra	m^3	0.50	10.00	5.00
	Lombrices	saco	1	25.00	25.00
	Tubo PVC 2"	Unidades	5	2.00	10.00
	Codos PVC 2"	Unidades	5	1.00	5.00
	Pega tubo	Litro	1	2.00	2.00
MANO DE OBRA	Adecuación del lugar	jornal	1	20.00	20.00
	Construcción del sistema	jornal	3	20.00	60.00
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Análisis de muestra de agua inicial	Unidad	1	100.00	100.00
	Análisis de muestra de agua final	Unidad	1	100.00	100.00
COSTO TOTAL					381.50

En el cuadro 11, se ilustra el resumen del presupuesto de construcción, en el que se consideró como principales parámetros: los materiales de construcción, mano de obra y análisis de laboratorio, el mismo que ronda los trescientos ochenta y uno con cincuenta centavos (381.50).

7 DISCUSIÓN

7.1 Caracterizar las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima.

7.1.1 Características físicas del agua residual de la porqueriza.

La temperatura del agua residual de la porqueriza en la descarga presenta un valor de 21 °C igual a la del cuerpo receptor, cabe mencionar que en la tabla 9 del AM 097, existe el límite máximo permisible para descargar a un cuerpo de agua dulce es de una variable equivalente (condición natural + -3). Calculo que se realizó arrojando un resultado de 18 °C, por lo tanto la temperatura se encuentra dentro del límite permisible. Pérez, (2006), afirma que para las excretas porcinas la temperatura no es factor crítico porque nunca alcanzaran temperaturas diferentes a la del agua circundante.

El resultado de la caracterización sobre el parámetro de los sólidos totales del agua residual de la porqueriza presenta un valor de 620 mg/l, el mismo comparado con el límite máximo permisible de 130mg/l, esto se debe al aporte de materia sólida (sólidos disueltos, en suspensión y sedimentables). Esto concuerda con Zamora, (2011) que sostiene “que generalmente los sólidos suspendidos totales en las aguas residuales constituyen los sólidos Orgánicos (excretas de humanos y animales, desechos de productos alimentarios, carbohidratos) e inorgánicos (arenas, tierras, sales minerales)”. Este parámetro está sobre el límite permisible (130 mg/l) establecido en tabla 9 del AM 097.

7.1.2 Características químicas del agua residual de la porqueriza.

El agua residual de la porqueriza registro un valor de 6 pH correspondiendo a una solución medianamente ácido, esto puede ser a la temperatura registrada en el agua. Aznar, (2000), menciona que en las medidas del pH hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible (6-9) de acuerdo a lo que se establece en la tabla 9 del AM 097, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en el agua residual de la porqueriza presenta una concentración alta de 474 mg/l, debido a la presencia de materia orgánica en altas cantidades, no permite que los microorganismos puedan degradar la materia orgánica biodegradable; coincide con lo mencionado por Espín, (2012) “el DBO se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación de materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua; Por lo tanto, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es una medida de oxígeno que usan los microorganismos para descomponer esta agua”. Este parámetro se encuentra sobre el límite máximo permisible (100 mg/l) de acuerdo a lo que se establece en la tabla 9 del AM 097.

El resultado de la caracterización en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presente en el agua residual tiene una concentración de 1200 mg/l, esto comparado con el límite máximo permisible de 200 mg/l, se debe a la presencia de materia orgánica presente en una muestra líquida mediante oxidación química; esto concuerda con el INEN (1992) quien indica que “la materia orgánica necesita una cantidad necesaria de oxígeno para su oxidación mediante la utilización de un

fuentes oxidantes químicas en un medio ácido, se usa dicromato de potasio como oxidante". Este parámetro se encuentra fuera del límite permisible de acuerdo a la normativa vigente.

El resultado de la caracterización de grasas y aceites es de 35 mg/l, el mismo que comparado con el límite máximo permisible es de 30 mg/l, la presencia se da por el uso de manteca, aceites vegetales de la cocina presentes en la comida de la alimentación de los cerdos.

El resultado de la caracterización del parámetro Nitrógeno Total, da un valor de 19,2 mg/l, el mismo que comparado con el límite máximo permisible de 50 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se concluye que no existe contaminación y por ende cumple con la normativa del Acuerdo ministerial 097 del MAE. Arias et, al. (2010), afirma que el nitrógeno es el elemento de fertilización más importante debido a que el alimento suministrado a los cerdos contiene volúmenes altos de proteína. La gran mayoría del nitrógeno de las heces es orgánico mientras que la totalidad de la orina es amoniacal.

El resultado de la caracterización del parámetro Fosforo Total, presenta un valor de 11,9 mg/l, el cual comparado con el límite máximo permisible es de 10 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se concluye que existe una contaminación moderada en consecuencia no cumple con la normativa vigente.

7.1.3 Características microbiológicas del agua residual de la porqueriza.

El resultado de los Coliformes fecales del agua residual tratada mediante el sistema de biofiltración, demuestra una reducción alta de 3100 a 1300 NMP/100ml,

constituyendo una remoción del 58%, el cual comparado con el límite máximo permisible es de 2000 NMP/100ml para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se concluye que no existe contaminación por lo tanto cumple con la normativa legal vigente del Acuerdo ministerial 097 del MAE. La presencia de Coliformes fecales en las aguas, se debe a que las bacterias presentes en las aguas residuales provienen de excretas animales; esto concuerda con Pascual (2008), quien menciona que “estos microorganismos presentes en las aguas residuales provienen de desechos humanos y animales, son causantes de enfermedades parasitarias”.

7.2 Diseñar e Implementar un sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima.

El sistema de tratamiento de biofiltración con lombrices diseñado e implementado se constituye una alternativa ecológicamente sustentable, amigable con el ambiente y al alcance de la economía del porcicultor, a diferencia de los sistemas convencionales de alto costo para el tratamiento de aguas residuales. El tratamiento conformado por los componentes: tanque de sedimentación y trampa de grasas y aceites, sistema de biofiltración, el cual fue planteado en base a experiencias de investigaciones realizadas sobre la aplicación del Lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales urbanas, en el cual se usan lombrices (roja californiana), para la depuración de las mismas. Por otra parte también se basó en el uso de criterios de la Norma INEN, 19992 En conclusión se diseñó e implemento el tratamiento con la finalidad de contribuir a la depuración de las aguas residuales provenientes de la porcicultura. Cevallos, (2014), sugiere la implementación de los

sistemas de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas como una alternativa viable, especialmente para la remoción de material orgánico, nitrógeno total y fósforo total, DBO. Salazar, (2016), manifiesta el tratamiento de aguas residuales con métodos físicos-biológicos es menos costoso que el tratamiento con métodos físicos, además es ecológicamente viable, uno de los métodos biológicos más utilizados es la biorremediación debido a que es un proceso que utiliza lombrices para remover, transferir, estabilizar, concentrar y o destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos.

7.3 Determinar el porcentaje de descontaminación de las aguas residuales producidas en la actividad porcina al pasar por el sistema de biofiltración.

7.3.1 Características físicas del agua residual tratada.

El resultado de la temperatura del agua residual tratada, presenta un incremento de 21°C a 22°C, luego de la descontaminación el valor de la temperatura se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de 16 a 22°C para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Estos resultados son similares con el estudio de Fernández, (2014), quien a través de un sistema de filtración para tratar las aguas residuales de una vivienda tuvo un aumento en la temperatura de 18,4°C a 19,7°C, por lo que menciona que esto pudo deberse al estancamiento del agua en el sistema.

El resultado del agua residual tratada con el tratamiento de biofiltración, presenta a los sólidos suspendidos totales con una reducción significativa de 620 a 62 mg/l, representando una eficiencia de remoción del 90 %, luego de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 130 mg/l para la

descarga a un cuerpo de agua dulce. Delgadillo et al. (2010), en su investigación afirman que los sistemas de biofiltración al combinar medios filtrantes logran remociones de SST mínimo del 80%, que representa aproximadamente el mismo registrado en la presente investigación. Esto es debido al tipo de medio filtrante utilizado en los biofiltros, puesto que existen materiales filtrantes con diferente capacidad de adsorción y filtración de sólidos, como en este caso se usó piedra bola, grava y arena fina. Delgadillo et al. (2010), afirman la eliminación de sólidos en suspensión mediante los sistemas de biofiltración junto con la función realizada por los microorganismos que se generan dentro de los medios filtrantes se da por la filtración a través de los medios sobre los cuales circula el agua en el que se encuentran las lombrices para degradar los sólidos en suspensión.

7.3.2 Características químicas del agua residual tratada.

El resultado del pH del agua residual tratada, exhibe un valor de pH 6, similar al resultado uno de pH 6, después de la remoción el valor del pH queda dentro de los límites máximos permisibles de 6-9 pH para la descarga a un cuerpo de agua dulce.

Con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) del agua residual tratada con el sistema de biofiltración, exhibe una reducción alta de 474 a 63 mg/l, dando una eficiencia de descontaminación del 86.71%, luego de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 100 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Delgadillo et al. (2010), afirman los sistemas de bifiltración al combinar medios filtrantes logran remociones de DBO_5 mínimo del 80%. La diferencia de porcentajes de remoción puede ser debido al tiempo de

evaluación de los tratamientos, por cuanto en la presente investigación se realizó en 3 meses de monitoreo, mientras tanto Delgadillo et al., realizó su investigación en 30 días. En cuanto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), del agua residual tratada, con sistemas de biofiltración, presenta una reducción alta de 474 a 63 mg/l, logrando una eficiencia de descontaminación del 89.17 %, Salazar, (2013), manifiesta que un biofiltro removi6 92% de DQO.

Las grasas y aceites del agua residual tratada muestra una reducci6n de 35 a 2,6 mg/l, dando una eficiencia de descontaminaci6n del 92.57%, luego de la remoci6n los valores quedan dentro de los l6mites m6ximos permisibles de 30 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Coca, (2008), afirma que con la aplicaci6n de sistemas f6sicos de pretratamiento, en base a la cin6tica de las aguas se puede llegar a una remoci6n del 95%.

El resultado del nitr6geno total del agua residual tratada con el tratamiento f6sico biol6gico, presenta una reducci6n de 19,2 a 19,0 mg/l, consiguiendo una eficiencia de remoci6n del 1,04%, cabe recalcar que antes de la remoci6n los valores se encontraban dentro de los l6mites m6ximos permisibles de 50 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Duque y Ardilla, (2014), afirman que, el nitr6geno se elimina por diversos procesos: absorci6n directa por las diferentes capas del medio filtrante y, en menor medida, por fen6menos de nitrificaci6n- desnitrificaci6n y amonificaci6n, realizados por bacterias.

El resultado del f6sforo total del agua residual tratada, presenta una reducci6n alta de 11,9 a 3,4 mg/l, representando una eficiencia de remoci6n del 71,43%, luego de la remoci6n los valores quedan dentro de los l6mites m6ximos permisibles de 10

mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Delgadillo et al. (2010), manifiestan en su investigación con el sistema de biofiltración el fósforo presentó una remoción del 90%. Estos porcentajes seguramente es por el medio filtrante utilizado en el Lombrifiltro que favorece la adsorción del fósforo del agua residual.

7.3.3 Características microbiológicas del agua residual tratada.

En cuanto a los coliformes fecales del agua residual tratada, mediante el sistema de biofiltración, revelan una reducción alta de 3100 a 1300 NMP/100 ml, logrando una eficiencia de remoción del 58,06%, después de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 2000 NMP/100 ml para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Sanchez y Salazar, (2012), afirman la eliminación de microorganismos patógenos se da por filtración, en el cual los lechos de piedra bola y piedra grava se genera una capa de microorganismos denominada biopelícula; ésta, metaboliza las sustancias biodegradables que se convierten en su fuente de carbono y nutrientes necesarios para los procesos de los microorganismos.

8 CONCLUSIONES

Una vez realizado el presente proyecto de investigación se ha considerado plantear las siguientes conclusiones:

- ✓ Analizadas las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual generada en la porcicultura, antes de ser tratadas superan los límites máximos permisibles para la descarga a un cuerpo de agua dulce de acuerdo a la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE, las mismas que al ser vertidas de forma directa contaminan el río Zamora. A excepción del Nitrógeno total (N) que cumple con la normativa.
- ✓ El tratamiento físico biológico seleccionado con los componentes planteados es una alternativa sustentable, amigable con el ambiente y al alcance de la economía del porcicultor.
- ✓ Los parámetros depurados en mayor porcentaje son las grasas y aceites con el 92,57%, seguido de los Sólidos Suspendedos Totales con el 90% de depuración, disminuyendo así su concentración por debajo de los límites máximos permisibles.
- ✓ La Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno también presentan un buen porcentaje de depuración, con el 89,17% y con el 86,71% de depuración respectivamente.
- ✓ El Fosforo Total presenta también un porcentaje de descontaminación aceptable que corresponde a 71,43% de depuración, estando dentro de los límites permisibles.
- ✓ El parámetro Nitrógeno Total, sufrió un porcentaje de un 2% de descontaminación, que corresponde a 1,04% de depuración

- ✓ En lo que respecta al parámetro microbiológico los Coliformes fecales presenta un regular porcentaje de depuración con el 58,06%.
- ✓ La lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, demostró a lo largo del proyecto ser una especie apta el sistema de biofiltración, presento un buen crecimiento, resistencia a plagas y una adecuada adaptabilidad a las condiciones climáticas de la zona.

9 RECOMENDACIONES

Una vez desarrollado el presente proyecto se ha considerado pertinente realizar las siguientes recomendaciones, a continuación se detallan:

- ✓ Se recomienda la construcción del Lombrifiltro basándose en los diferentes parámetros a tomarse en cuenta para el dimensionamiento del sistema de biofiltración.
- ✓ Para que el sistema de biofiltración funcione correctamente durante el periodo de tiempo para el que fue diseñado, es necesario realizar las operaciones de monitoreo y mantenimiento.
- ✓ Para una próxima investigación se recomienda realizar el análisis químico de las deyecciones de las lombrices, para comprobar la calidad de humus que se genera.
- ✓ Se recomienda a los porcicultores poner en marcha este tipo de proyecto innovador en viviendas del sector rural, ya que este tipo de planta de tratamiento de aguas es ecológico, de bajo costo de inversión y operación.
- ✓ A los GAD'S y Organizaciones se recomienda la potenciación y uso de tecnologías limpias, como el sistema Tohá, la misma que es una de las No utilizadas en el rubro de la industria a nivel de la región.

10 BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, R. (2012). *Manual de Lombricultura*. Colombia.

Asamblea Constituyente. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Quito, Ecuador.

Asamblea Nacional. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Quito, Ecuador: Lexis.

Cajas, S. (2009). *Efectos de la Utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino com sustrato en la producción de humus de lombris Eisenia foetida (Lombris Roja Californiana)*. Riobamba.

Carbajal Azcona, A., & Gonzalez Fernandez, M. (2012). *Agua para la sald. Pasado, presente y futuro*. Madrid.

Cevallos, F. (2015). *Evaluación de Eficiencia de Sistemas de Bifiltración en Aguas Residuales Industriales*. Quito.

Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Mexico.

Coronel, M. (2011). *Modelo de Desarrollo para. Otavalo*.

Coronel, N. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN A ESCALA DE UN BIOFILTRO TOHÁ EN LA ESPOCH PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROCEDENTES DE LA COMUNIDAD LANGOS LA NUBE*. Riobamba.

- Cruz, A. M. (2008). *Caracterización y Tratamiento de Aguas Residuales*. Mexico.
- Cueva, E. Y., & Rivadeneira, F. (2013). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un humedal artificial de flujo subsuperficial con vegetación herbácea*. Santo Domingo.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba.
- Echarri, L. (2007). *Poblacion, ecologia y ambiente*. Navarra.
- Freire, P. (2012). *Análisis y Evaluación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Empresa Teimsa-Ambato*. Riobamba.
- Garcia, O., & Saltos, V. (2007). *Estudio y diseño de la infraestructura para la dotacion de agua potable del sitio Mejia de la Parroquia Picoazá, canton Portoviejo, provincia de Manabí*. Portoviejo.
- Gobierno Autonomo Descentralizado del Canton Yantzaza. (2014 - 2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN YANTZAZA*. Yantzaza.
- Gobierno de Chile (CONAMA). (s.f.). *Fundación Chile*. Chile.
- Hernández, Y. (2005). *ANTEPROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA APLICACIÓN DE LOMBRICULTURA AL TRATAMIENTO DE PLANTA LLAU-LLAO DE SALMONERA INVERTEC S.A*. Valdivia.
- Jiménez Beltrán, D., de Lora, F., & Sette Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Sevilla: REVERTÉ, S. A.

- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 061*. Quito.
- Ministerio del Ambiente Ecuatoriano. (13 de Febrero de 2015). Acuerdo Ministerial No. 028. Quito, Pichincha, Ecuador: 270.
- Muñoz, D. O. (2011). *Manual de Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales para poblaciones medianas de la Región Sur del Ecuador*. Loja.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales, 2*.
- Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1996). *Ecología y Enseñanza Rural*. Roma: Montes.
- Parra, I., & Chiang, R. (2013). Modelo integrado de un sistema de biodepuración en origen de aguas residuales domiciliarias. Una propuesta para comunidades periurbanas del centro sur de Chile. *Gestion y Ambiente*, 41.
- Poveda, R. A. (2014). "EVALUACIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS FLOTANTES PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIAL Y DE USO AGRICOLA PREVIAMENTE CARACTERIZADAS EN EL CANTON AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA". Ambato.
- Romero, M. D. (2012). *Caracterización y Tratamiento de Agua Residual Peoveniente de las Plantas de Producción*. Sartenejas.

Salazar, P. (2005). "SISTEMA TOHÁ; UNA ALTERNATIVA ECOLOGICA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SECTORES RURALES". Chile.

Sánchez, J. (2012). *Optimizar el tratamiento de aguas residuales presente en las Industrias Lácteas TONI, y adicionar una alternativa de tratamiento para los lodos producidos*. Guayaquil.

Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. (s.f.). *Lombricultura*. Mexico.

Secretaria Nacional de Gestion de Riesgos. (s.f). *VULNERABILIDAD A NIVEL MUNICIPAL CANTON YANTZAZA*.

Tenelandra, F. R., & Muyulema, J. E. (2013). *Optimización de la Unidad de Floculación y Calidad, Microbiologica y Fisico-Química del Agua del Sistema de Abastecimiento de la Parroquia Sinincay*. Cuenca.

Vineza, J. (2014). *Diseño de un Sistema de Pantanos Artificiales para el Tratamiento de Aguas Negras y Grises del Campo Base y Área de Mantenimiento El Coca de la Empresa Triboilgas*". Quito.

Zamora, M. (2011). *Caracterizacion de los Parametros de Calidad del Agua Desalojada por la Empresa de Productos Lacteos Marco's con el fin de Disminuir su Contaminación en el Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua*. Ambato.

11 ANEXOS

Anexo 1. Entrevista al propietario del terreno



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA SEDE ZAMORA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Sírvase a responder con absoluta sinceridad las siguientes preguntas de información confidencial, únicamente con fines de obtener datos de la producción actual y eliminación de las aguas residuales de la porqueriza

Ficha para la entrevista

Nombre de la familia.....

Provincia:..... **Parroquia**.....

Cantón:..... **Sector**.....

Preguntas de cuestionamiento

1.- ¿Desde cuándo se viene desarrollando la actividad porcícola en este sector?

.....

2.- ¿El número de cerdo que actualmente cuenta la porqueriza?

Continuación.....

Anexo 1. Entrevista al propietario del terreno

.....

3.- ¿Horarios que se realiza la limpieza de la porqueriza?

.....

4.- ¿Horario de alimentación de los cerdos?

.....

5.- Materiales usados en el lavado de la porqueriza

.....

6.- ¿Lugar de captación del agua que abastece a la porqueriza?

.....

7.- Sistema de tratamiento con el que actualmente cuenta la porqueriza

.....

8.- Sistema de tratamiento con el que actualmente cuenta la porqueriza.

.....

9.- De qué manera realiza la eliminación de las aguas residuales industriales (agua utilizada en la limpieza de la porqueriza)?

.....

10.- Tratamiento actual del estiércol que se genera en la porqueriza

.....

Continuación.....

Anexo 1. Entrevista al propietario del terreno

11.- Fines de producción

Autoconsumo Venta

12.- Cual es el tipo de alimentación que utiliza para los cerdos.

.....

13.- Cual es el sistema de explotación.

En corral En potrero

Anexo 2. Etiqueta

LUGAR:	Ciudad:.....	Sector:	CODIGO:	<input type="text"/>
FECHA:	<input type="text"/>	HORA:	<input type="text"/>	
TIPO DE MUESTRA:	<input type="text"/>			
PUNTO DE TOMA:	<input type="text"/>			
PARAMETROS: (MEDIDOS IN SITU)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
CORDENADAS UTM: X	<input type="text"/>	Y	<input type="text"/>	
RESPONSABLE:	<input type="text"/>	TELEFONO:	<input type="text"/>	

Anexo 3. Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual sin tratamiento



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS
Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN:	CIESSA-ONEA Test Lab-16 - 61	REMITENTE:	Sr. José Lima Coronel
PROYECTO:	*Diseño, Implementación y Evaluación de un Sistema de Biofiltración con Lombricias (<i>Eisenia foetida</i>) Para el tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de Crianza de Cerdos en la Propiedad de la Familia Lima, ubicada en el Barrio Playas Florida, Cantón Yantzaza, Provincia de Zamora Chinchipe	SOLICITANTE:	Sr. José Lima Coronel
		DIRECCIÓN:	Yantzaza
		TELEFAX:	Móvil: 0997848756

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO:	13 - 04 - 2016	MUESTRA:	Agu Residual.
FECHA DE ANÁLISIS:	13 - 04 - 2016	CODIGO:	MA: PFO1
FECHA DE REPORTE:	21 - 04 - 2016	PARROQUIA:	Yantzaza
FECHA DE ENTREGA:	23 - 04 - 2016	PROVINCIA:	Zamora
		CANTIDAD:	1000 ml
		CANTON:	Yantzaza
		BARRIO:	Playas La Florida.

Límite Máximo Permissible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según Acuerdo Ministerial 097 (AM097)

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Aceites y Grasas	mg/l	35	-	30	ETAS	M S P-AM028
Materia Flotante	MATERIA VISIBLE	Presencia	-	Ausencia	AM028	AM028
Sólidos Totales	mg/l	1602	-	1600	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1170	-	1000	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	140	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	1030	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	520	-	130	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	110	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	380	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	4,0	-	1,0	IMHOFF	M S P- AM028

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Fósforo Total	mg/l	11,9	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	AM028
Nitrógeno Total	mg/l	19,2	-	50	NESSLER	AM028
Sulfatos	mg/l	390	-	1000	TUBIDIMETRO	AM028
D B Os	mg/l	474	-	100	AOAC 973 - 44	AM028
D Q O	mg/l	1200	-	200	AOAC 973 - 46	AM028
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.1E+03	-	2000	INEN 1529-8	AM028

Nota:

- INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permissible para Agua Potable de Consumo Humano.
- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisibles.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGÍA:

- mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro) / - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros) / - D Q O (Demanda Química de Oxígeno)

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO



ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

Mg.Sc. Edgar S. Ojeda Riascos, BQF.



ONEA Test Lab
MICROBIOLOGIA

Anexo 4. Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual con tratamiento



CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS
Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN:	CIESSA-ONEA Test Lab-133 - 16	REMITENTE:	Sr. José Lima Coronel
PROYECTO:	*Diseño, Implementación y Evaluación de un Sistema de Biofiltración con Lombricias (Eisenia foetida) Para el tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de Crianza de Cerdos en la Propiedad de la Familia Lima, ubicada en el Barrio Playas Florida, Cantón Yantzaza, Provincia de Zamora Chinchipe	SOLICITANTE:	Sr. José Lima Coronel
		DIRECCIÓN:	Yantzaza
		TELEFAX:	Móvil: 0997848756

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO:	30 - 08 - 2016	MUESTRA:	Agua Residual.
FECHA DE ANÁLISIS:	30 - 08 - 2016	CODIGO:	MA: PFO2
FECHA DE REPORTE:	12 - 09 - 2016	PARROQUIA:	Yantzaza
FECHA DE ENTREGA:	14 - 09 - 2016	PROVINCIA:	Zamora
		CANTON:	Zamora
		BARRIO:	Playas La Florida.

Límite Máximo Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según Acuerdo Ministerial 097 (AM097)

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	2,6	-	30 mg/l	ETAS	M S P- AM028
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Presencia	-	Ausencia	AM028	AM028
Sólidos Totales	mg/l	1602	-	1600	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1160	-	1000	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	122	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	1038	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	62	-	130	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	101	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	339	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	3,0	-	1,0	IMHOFF	M S P- AM028

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Fósforo Total	mg/l	3,4	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	AM028
Nitrógeno Total	mg/l	19,0	-	50	NESSLER	AM028
Sulfatos	mg/l	385	-	1000	TUBIDIMETRO	AM028
D B Os	mg/l	63	-	100	AOAC 973 - 44	AM028
D Q O	mg/l	130	-	200	AOAC973 - 46	AM028
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.3E+03	-	2000	INEN 1529-8	AM028

Nota:

-INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano.

- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGÍA:

- mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro) / - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)

- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros) / - D Q O (Demanda Química de Oxígeno)

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO



ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

Mg.Sc. Edgar S. Ojeda Riascos, BQF.



ONEA Test Lab
MICROBIOLOGIA

Anexo 5. Presupuesto para la construcción del sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales de una porqueriza.

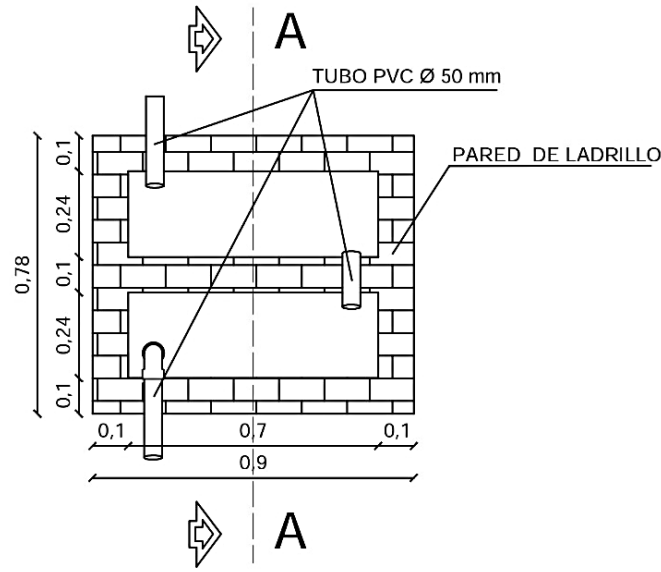
RECURSOS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. U. \$	V. TOTAL \$
MATERIAL DE CAMPO	GPS (alquiler)	días	3	15.00	45.00
	Peachimetro	U	1	10.00	10.00
	Cámara fotográfica (alquiler)	días	10	2.00	20.00
	Termómetro	U	1	10.00	10.00
	Guantes de caucho	U	2	1.00	2.00
	Mascarilla	U	2	1.00	2.00
	Cronometro	U	1	2.00	2.00
	Caja cooler	U	1	10.00	20.00
	Botas de caucho	U	1	9.00	9.00
	Cinta scoch	U	1	0.50	0.50
	Balde plástico	U	1	2.00	2.00
	Frasco de plástico (toma de muestra)	U	2	1.00	2.00
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Cemento	Sacos	4	8.00	32.00
	Bloques de arena	U	50	0.25	12.50
	Grava	m ³	0.50	5.00	5.00
	Arena fina	m ³	0.50	5.00	5.00

	Piedra	m ³	0.50	5.00	5.00
	Lombriz Roja Californiana	saco	1	25.00	25.00
	Tubo PVC 2"	U	5	3.00	15.00
	Codos PVC 2"	U	5	1.00	5.00
	Té PVC 2"	U	1	1.50	1.50
	Pega tubo	Litro	1	2.00	2.00
MATERIAL DE OFICINA	Laptop (alquiler)	U	1	100.00	100.00
	Internet	horas	60	1.00	60.00
	Impresiones	U	400	0.05	20.00
	Esferográficos	U	2	0.50	1.00
	Libreta de apuntes	U	1	0.50	0.50
	Anillado	U	4	7.00	28.00
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Análisis de muestra inicial	U	1	100.00	100.00
	Análisis de muestra final	U	1	100.00	100.00
TALENTO HUMANO	Mano de obra construcción	días	4	20.00	80.00
	Movilización	días	20	2.00	40.00
COSTO TOTAL					762.00

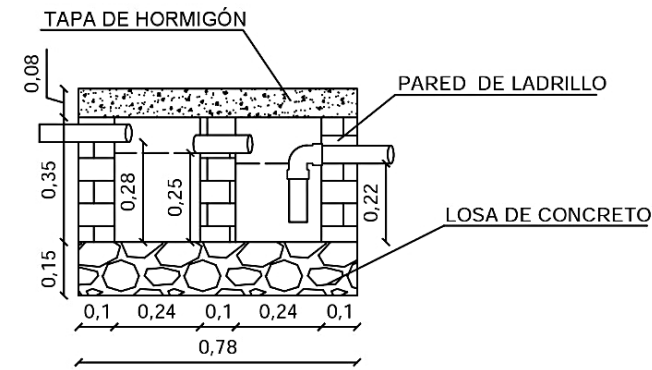
Anexo 6. Ubicación geográfica del área de estudio.



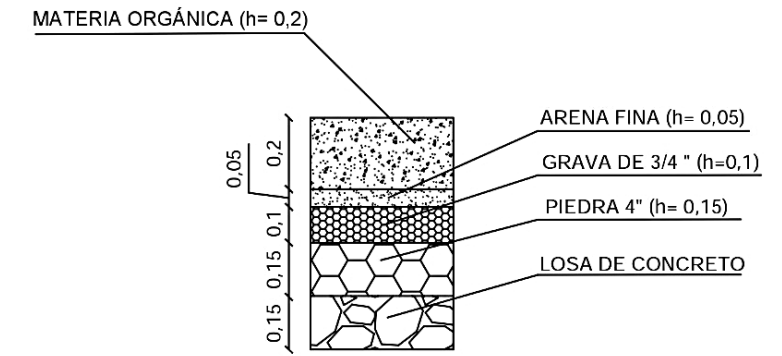
Anexo 7. Planos de diseño del sistema de biofiltración.



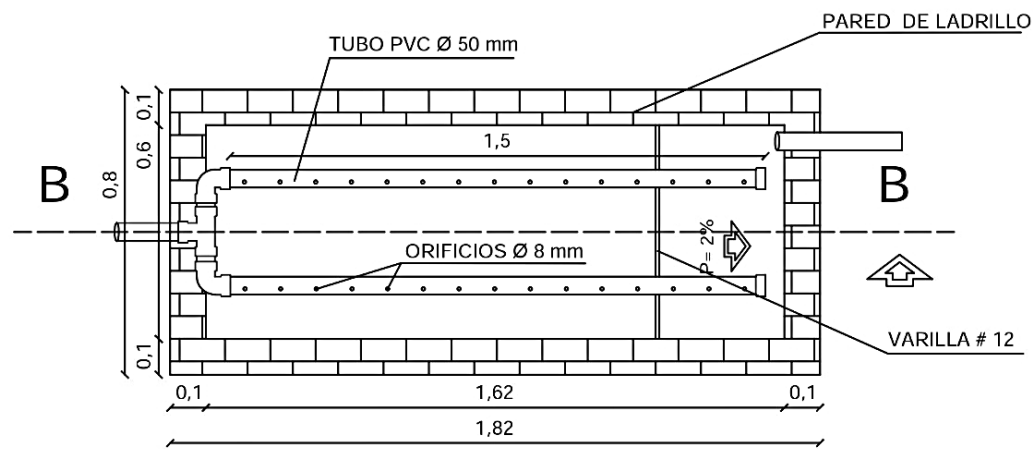
SEDIMENTADOR Y TRAMPA DE GRASAS
VISTA EN PLANTA



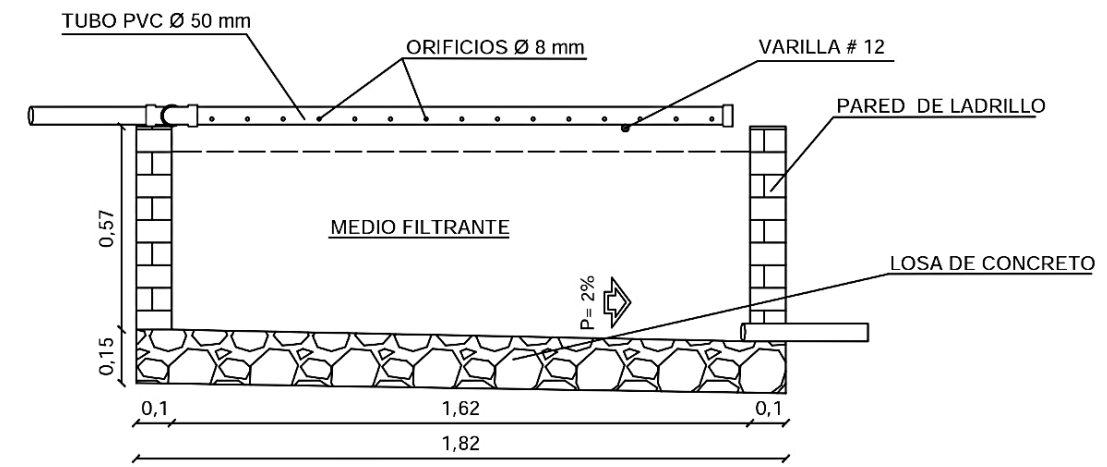
SEDIMENTADOR Y TRAMPA DE GRASAS
CORTE A - A



DETALLE DEL MEDIO FILTRANTE



SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN
VISTA EN PLANTA

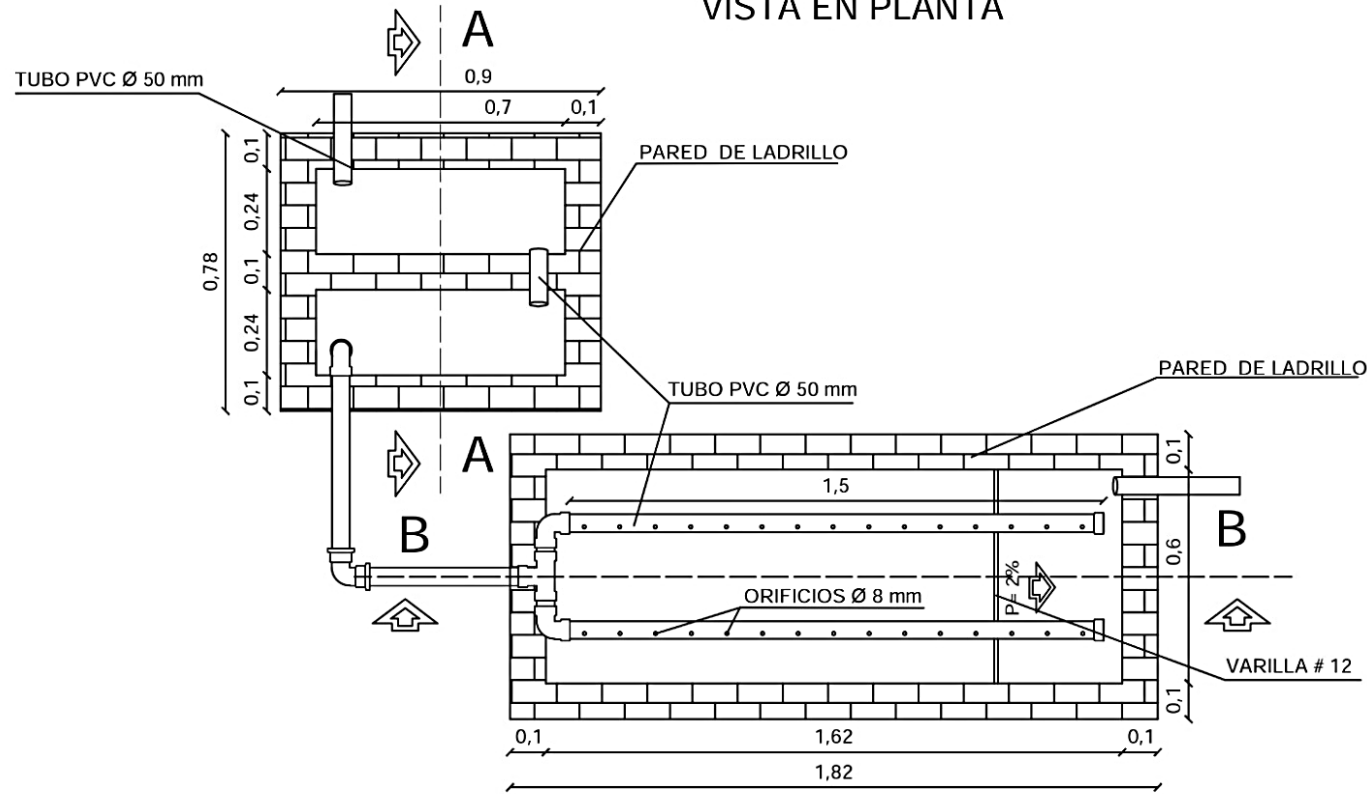


SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN
CORTE B - B

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
PROYECTO:	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN	FECHA: 02/04/2016
UNL	CONTENIDO: SEDIMENTADOR Y TRAMPA DE GRASAS, SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN: PLANTA Y CORTE LONGITUDINAL	ESCALA: 1 : 20
ELABORACIÓN: José David Lima Coronel.		LAMINA: 1 / 2

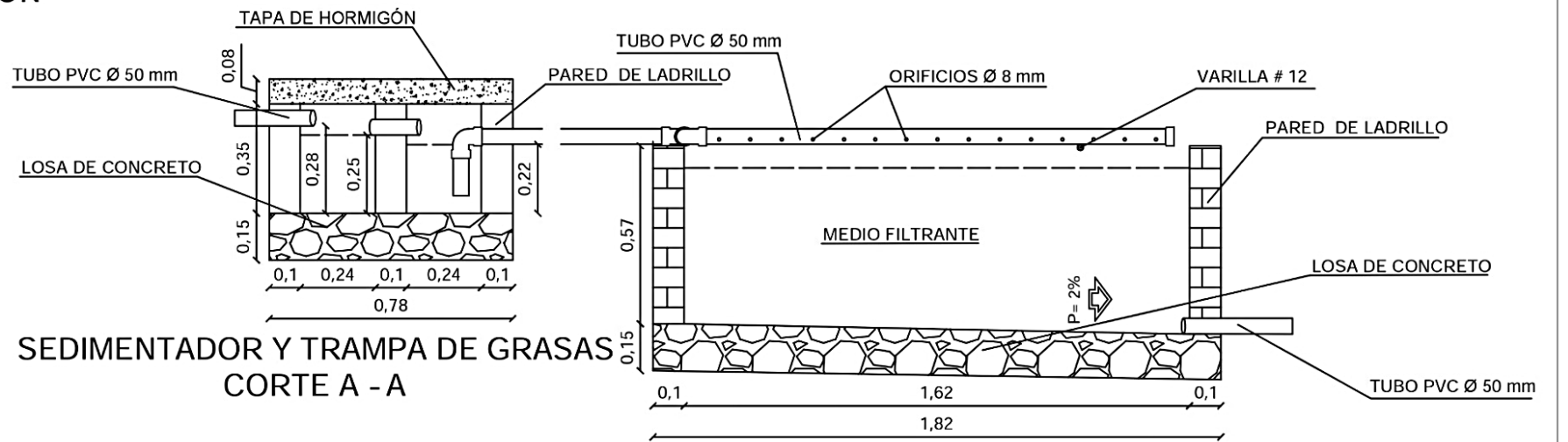
Anexo 7. Planos de diseño del sistema de biofiltración.

SEDIMENTADOR Y TRAMPA DE GRASAS
VISTA EN PLANTA



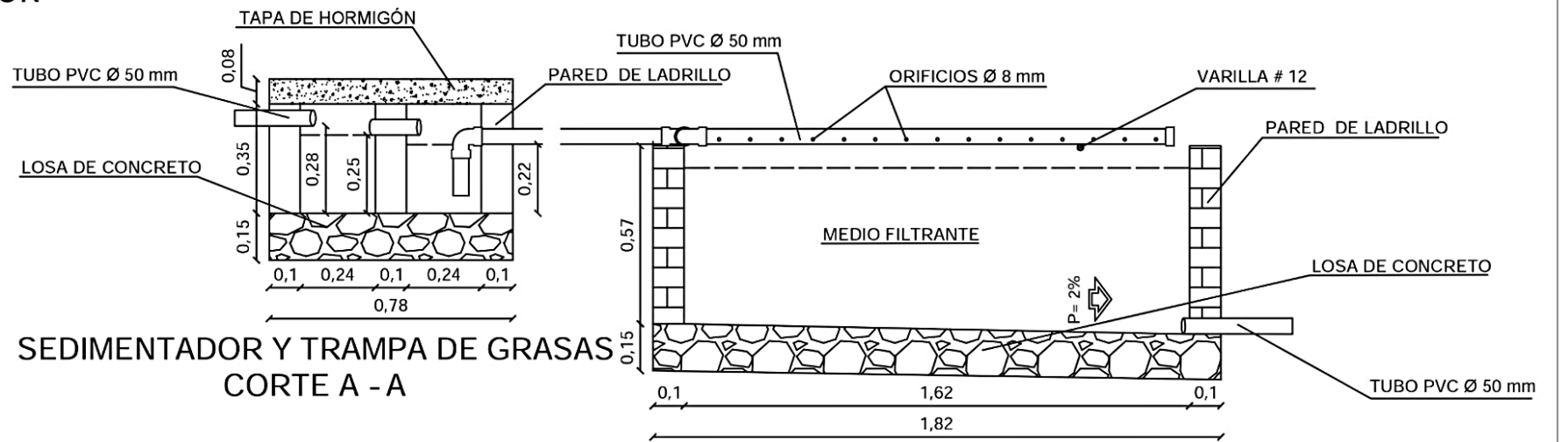
SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN
VISTA EN PLANTA

ESCALA 1:20




ESCALA 1:20

SEDIMENTADOR Y TRAMPA DE GRASAS
CORTE A - A



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

PROYECTO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN		FECHA: 02/04/2016
UNL 	CONTENIDO: SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN: VISTA EN PLANTA Y CORTE LONGITUDINAL	ESCALA: 1 : 20
	ELABORACIÓN: José David Lima Coronel.	LAMINA: 2 / 2

INDICE GENERAL

Índice de Contenido

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
1 TITULO.....	1
2 RESUMEN.....	2
2.1 SUMMARY.....	3
3 INTRODUCCIÓN.....	4
4 REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1 El Agua como fuente primordial para la vida.....	6
4.1.1 Definición del agua.....	6
4.1.2 Calidad del Agua.....	7
4.1.3 Importancia del Agua.....	7
4.1.4 Usos del Agua.....	7
4.1.5 Contaminación del Agua.....	8
4.1.6 Aguas residuales.....	10
4.1.7 Clasificación de las aguas residuales.....	10
4.1.8 Características de las aguas residuales industriales.....	11
4.1.9 Tratamiento de Aguas residuales.....	18
4.1.10 Sistemas Naturales de Tratamiento de Aguas residuales.....	18

4.2	Sistema Tohá o Lombrifiltro	21
4.2.1	Características del sistema Tohá.....	21
4.2.2	Descripción del sistema Tohá.....	22
4.2.3	Partes del Lombrifiltro.	22
4.2.4	Mantenimiento del sistema Toha.	24
4.3	La Lombricultura	25
4.3.1	Concepto de la Lombricultura.	25
4.3.2	Ventajas de la Lombricultura.....	25
4.3.3	Lombriz Eisenia foetida.....	26
4.4	Investigaciones realizadas.....	31
4.5	Marco Legal	33
4.5.1	Constitución de la República del Ecuador.	33
4.5.2	Ley Orgánica de recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua: Disposiciones Preliminares.	33
4.5.3	Acuerdo Ministerial 061 Reforma del Libro VI del texto Unificado de Legislación Secundario.	34
4.5.4	Acuerdo Ministerial 097: Límites de Descarga aun cuerpo de Agua Dulce..	35
5	MATERIALES Y METODOS.....	36
5.1	Materiales y métodos.....	36
5.1.1	Materiales y equipos.	36
5.2	Métodos.....	37
5.2.1	Ubicación del Área de estudio.	37
5.2.2	Ubicación Política.	37

5.3 Metodología para el primer objetivo específico “Caracterizar las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima”	40
5.3.1 Entrevista sobre las actividades desarrolladas en la porqueriza	40
5.3.2 Protocolo de Muestreo	41
5.4 Metodología para el segundo objetivo específico “Diseñar e Implementar un sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima”	48
5.4.1 Diseño del sistema de tratamiento	49
5.4.2 Implementación del sistema	52
5.5 Metodología para el tercer objetivo específico “Determinar el porcentaje de descontaminación de las aguas residuales producidas en la actividad porcina al pasar por el sistema de biofiltración”	54
6 RESULTADOS	57
6.1 Resultados para el primer objetivo específico “Caracterizar las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima”	57
6.1.1 Entrevista sobre las actividades desarrolladas en la porqueriza	57
6.1.2 Parámetros analizados in situ en la línea base	58
6.1.3 Medición de pH y Temperatura	59
6.1.4 Parámetros analizados ex situ	59
6.2 Resultados para el segundo objetivo específico “Diseñar e Implementar un sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima”	61

6.2.1 Parámetro que se tomaron en cuenta en el diseño del sistema de biofiltración.....	61
6.2.2 Diseño del sedimentador y trampa de grasas.....	63
6.2.1 Diseño del sistema de biofiltración.....	65
6.2.2 Diseño del campo de biofiltración.....	67
6.2.3 Construcción del sistema de biofiltración.....	68
6.3 Resultados para el tercer objetivo específico “Determinar el porcentaje de descontaminación de las aguas residuales producidas en la actividad porcina al pasar por el sistema de biofiltración”.....	72
6.3.1 Operaciones de mantenimiento y monitoreo de la adaptabilidad de las lombrices.....	72
6.3.2 Resultado del análisis de la muestra de agua residual tratada.....	73
6.3.3 Determinar el porcentaje de descontaminación.....	75
6.3.4 Resumen del presupuesto para la construcción del sistema de biofiltración.....	78
7 DISCUSIÓN.....	80
7.1 Caracterizar las aguas para determinar el grado de contaminación actual de las aguas residuales que se generan por la actividad porcina en la propiedad de la Familia Lima.....	80
7.1.1 Características físicas del agua residual de la porqueriza.....	80
7.1.2 Características químicas del agua residual de la porqueriza.....	81
7.1.3 Características microbiológicas del agua residual de la porqueriza.....	82
7.2 Diseñar e Implementar un sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la Familia Lima.	83

7.3	Determinar el porcentaje de descontaminación de las aguas residuales producidas en la actividad porcina al pasar por el sistema de biofiltración.	84
7.3.1	Características físicas del agua residual tratada.....	84
7.3.2	Características químicas del agua residual tratada.	85
7.3.3	Características microbiológicas del agua residual tratada.	87
8	CONCLUSIONES	88
9	RECOMENDACIONES.....	90
10	BIBLIOGRAFÍA.....	91
11	ANEXOS.....	95

Índice de Tablas

N°	Descripción	Pág
Tabla 1.	Límites de descarga de agua a un cuerpo de aguas dulce	35
Tabla 2:	Tipo de recipientes para la recolección de muestras, análisis físico-químico	42
Tabla 3:	Tipo de recipientes para la recolección de muestras, microbiológico.....	43

Índice de Cuadros

N°	Descripción	Pág.
Cuadro 1.	Operaciones de mantenimiento y monitoreo.	55
Cuadro 2.	Caudales del agua residual industrial.	58

Cuadro 3. Resultados de pH y temperatura	59
Cuadro 4. Resultados del análisis del laboratorio de los parámetros físicos, químico y microbiológico de la muestra de agua residual.....	59
Cuadro 5. Parámetros de Diseño	61
Cuadro 6. Dimensiones del sedimentador y trampa de grasas	63
Cuadro 7. Dimensiones del tanque de biofiltración	65
Cuadro 8. Dimensiones del campo de biofiltración	67
Cuadro 9. Operaciones de mantenimiento y monitoreo	72
Cuadro 10. Resultado del análisis de la muestra de agua residual tratada.....	73
Cuadro 11. Costos para la implementación del sistema.	78

Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
Figura 1. Laguna de estabilización.....		19
Figura 2. Lombrifiltro Modelo Sistema Tohá.....		20
Figura 3. Sistema de Humedal Artificial		20
Figura 4. Diseño del Sistema Tohá		54
Figura 5. Comparación entre la Línea Base y los Límites máx. Permisibles.....		60
Figura 6. Dimensiones del sedimentador y trampa de grasas		64
Figura 7. Dimensiones del sedimentador y trampa de grasas		64
Figura 8. Dimensiones del tanque de biofiltración.....		66
Figura 9. Dimensiones del tanque de biofiltración.....		66
Figura 10. Disposición de las capas del campo de biofiltración		68
Figura 11. Resultado del análisis del agua tratada.....		74

Figura 12. Resultado del análisis del agua tratada.....	75
---	----

Índice de Fotografías

N°	Descripción	Pág.
Fotografía 1.	Medición del caudal y toma de muestra.....	46
Fotografía 2.	Etiquetado y almacenamiento de la muestra.	48
Fotografía 3.	Sedimentador y trampa de grasas.	69
Fotografía 4.	Armado del tanque de biofiltración con paredes de bloque.	69
Fotografía 5.	Colocación de una capa de piedra bola 100mm en el tanque de biofiltración.	70
Fotografía 6.	Colocación de una capa de grava 3/4 en el tanque de biofiltración.	70
Fotografía 7.	Colocación de una capa de arena fina en el tanque de biofiltración.	71
Fotografía 8.	Colocación de aserrín, materia orgánica, lombrices y sistemas de entrada y salida del agua residual en el tanque de biofiltración.	71

Índice de Mapas

N°	Descripción	Pág.
Mapa 1:	Ubicación Geográfica del proyecto.....	38

Índice de Anexos

N°	Descripción	Pág.
Anexo 1.	Entrevista al propietario del terreno.....	95
Anexo 2.	Etiqueta	97
Anexo 3.	Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual sin tratamiento	98
Anexo 4.	Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual con tratamiento	99
Anexo 5.	Presupuesto para la construcción del sistema de biofiltración para el tratamiento de aguas residuales de una porqueriza.....	100
Anexo 6.	Ubicación geográfica del área de estudio.	102
Anexo 7.	Planos de diseño del sistema de biofiltración.....	103

