



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“IMPLEMENTACIÓN DE UN LOMBRIFILTRO PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PROCEDENTES DEL CAMAL MUNICIPAL DE  
CAJAMARCA EN 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autores:**

Bach. Luis Elí Díaz Revilla

Bach. Alexandra Kristel Zafra Olano

**Asesor:**

Ing. M. Cs. Gladys Sandi Licapa Redolfo

Cajamarca – Perú

2018

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	14
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	38
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	43
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....	59
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES .....	62
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

### TABLAS

Tabla 1: Valores máximos admisibles para parámetros biológicos en aguas de descarga .....	36
Tabla 2: Valores máximos admisibles para parámetros químicos en aguas de descarga.....	37
Tabla 3: Valores iniciales y finales de todos los parámetros evaluados para las unidades de muestra 1 y 2.....	43
Tabla 4: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en las muestras testigo .....	49
Tabla 5: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 1 – repetición 1.....	50
Tabla 6: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 2 - repetición 1.....	51
Tabla 7: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 3 – repetición 1.....	52
Tabla 8: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 4 – repetición 1.....	53
Tabla 9: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 5 – repetición 2.....	54
Tabla 10: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 6 – repetición 2.....	55
Tabla 11: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 7 – repetición 2.....	56
Tabla 12: Comparación de los valores normados con los valores obtenidos en la muestra 8 – repetición 2.....	57
Tabla 13: Cálculo del porcentaje de eficiencia del lombrifiltro .....	58
Tabla 14: Tiempo de retención hidráulica promedio .....	58
Tabla 15: Cadena custodia .....	68
Tabla 16: Comparación de valores obtenidos por cada muestreo vs. valores normados según D.S. N° 021-2009, D.S. N° 001-2015-Vivienda.....	69
Tabla 17: Matriz de evaluación de los datos obtenidos durante la experimentación .....	70
Tabla 18: Costos y presupuestos .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

### FIGURAS

Figura 1: Ciclo de manejo de las aguas residuales municipales .....	17
Figura 2: Esquema general del sistema de lombrifiltro .....	31
Figura 3: Capas del lombrifiltro .....	33
Figura 4: Diseño del lombrifiltro .....	41
Figura 5: Diseño del lombrifiltro .....	42
Figura 6. Gráfico estadístico de valores de DBO .....	44
Figura 7. Gráfico estadístico de valores de DQO .....	45
Figura 8. Gráfico estadístico de valores de oxígeno disuelto .....	46
Figura 9. Gráfico estadístico de valores de temperatura .....	47
Figura 10. Gráfico estadístico de valores de pH .....	48
Figura 11. Mapa de ubicación del proyecto.....	73
Figura 12. Mapa de localización del Camal Municipal de Cajamarca .....	74
Figura 13. Mapa de localización del lugar de experimentación del proyecto .....	75
Figura 14. Carta N° 03 – 2016 – CC / EPS SEDACAJ S.A. (pág. 03) .....	78

## RESUMEN

El siguiente estudio tuvo como objetivo implementar un sistema piloto para el tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Cajamarca usando como base el sistema lombrifiltro, que nos ayudan a sanear aguas de proceso industrial, doméstico y comercial, para luego poder descargarlas a la red de alcantarillado cuando cumplan con los Valores Máximos Admisibles propuestos en el Decreto Supremo N° 001-2015-VIVIENDA (Con modificación D.S. 021-2009-VIVIENDA).

La investigación se desarrolló durante los meses de Septiembre a Noviembre del año 2017 e incluye un tratamiento con lombrifiltro que es la primera capa compuesta por lombrices (*Eisenia foetida*) y aserrín, por donde las aguas residuales pasan seguidamente de una capa de arena fina para construcción de 0,5 mm, una capa de carbón mineral, una capa de piedra pómez, una capa fina de gravilla y una capa de piedra de río; permitiendo oxigenar el agua a partir del goteo que existe entre cada una de las capas. Para finalmente decantar el agua y así realizar la toma de muestras. De esta forma obtuvimos agua tratada con baja carga orgánica dentro de los Valores Máximos Admisibles.

La importancia del estudio radica en tratar el efluente y hacerlo apto para su disposición final en el ambiente, así como un subproducto que puede ser reutilizado como abono natural. También es importante porque ayudará a evitar futuras sanciones con instituciones competentes en este tipo de actividades, como la sanción impuesta por SEDACAJ S.A. el mes de febrero de 2017. (Ver anexo 5, pág. 78)

Los resultados obtenidos fueron muy favorables para los fines del proyecto, ya que se logró reducir en el caso del DBO de 7004,00 mg/L a 280,16 mg/L en la primera repetición, mientras que en la segunda se redujo de 6906,60 mg/L a 210,12 mg/L. Por otro lado el parámetro de DQO también fue decreciendo hasta llegar a 810,9 mg/L en la primera repetición y 486,54 mg/L en la segunda luego de haber obtenido valores muy elevados de 8109,00 mg/L y 8025,5 mg/L respectivamente. Los parámetros restantes se mantuvieron dentro de los valores máximos admisibles, obteniendo como resultados finales 7,15 unidades de pH, 6,73 mg/L en oxígeno disuelto y 20,00 °C de temperatura, todo lo antes mencionado en la repetición uno. Mientras que en la repetición 2 se obtuvo 7,23 en pH, 19,80 °C de temperatura y 7,25 mg/L en el parámetro oxígeno disuelto.

**Palabras clave:** Lombrifiltro, *Eisenia foetida*, tratamiento de aguas, DBO, DQO, Oxígeno disuelto, pH, temperatura, Camal Municipal.

## ABSTRACT

The following study aimed to implement a pilot system for the treatment of wastewater from the Municipal Slaughterhouse of Cajamarca using as a base the lombrifilter system, which helps us to clean up the waters of the industrial, domestic and commercial process, and then be able to discharge them to the net of sewerage when they comply with the admissible maximum values proposed in Supreme Decree N ° 001-2015-VIVIENDA (Modification to DS 021-2009-VIVIENDA).

The development of this investigation is comprised between the months of September to November of the year 2017 and includes a treatment with lombrifilter that is the first layer composed of earthworms (*Eisenia foetida*) and sawdust, where the waters of the rivers then pass through a layer of fine sand for construction of 0,5 mm, an anthracite layer, a layer of pumice stone, a thin layer of gravel and a layer of river stone; allow to oxygenate the water from the drip that exists between each of the layers, finally decant the water and thus make the sampling. In this way it obtained water treated with low organic load within the maximum admissible values.

The importance of the study lies in the appropriate treatment and apt for its final disposal in the environment, as well as a by-product that can be reused as natural fertilizer. It is also important because it can't be avoided with this type of activities, such as the one imposed by SEDACAJ S.A. in the month of February 2017. (See annex 4, page 78)

The results were very favorable for the purposes of the project, which were reduced in the case of the BOD from 7004,00 mg/L to 280,16 mg/L in the first repetition, while in the second it was reduced from 6906,60 mg/L to 210,12 mg/L. On the other hand, the COD parameter was also decreasing until reaching 810,9 mg/L in the first repetition and 486,54 mg/L in the second after having obtained very high values of 8109,00 mg/L and 8025,5 mg/L respectively. The remaining parameters are kept within the maximum admissible values, obtaining final results 7,15 units of pH, 6,73 mg/L in dissolved oxygen and 20,00 °C of temperature, all that is mentioned before in repetition one . While in repetition 2 was obtained 7,23 in pH, 19,80 °C in temperature and 7,25 mg/L in dissolved oxygen.

Keywords: Lombrifilter, *Eisenia foetida*, water treatment, BOD, COD, Dissolved oxygen, pH, temperature, Municipal Slaughterhouse.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- A.V.F. INGENIERÍA AMBIENTAL. (2003). *Programa de Descontaminación de Aguas, Biofiltro*. Santiago de Chile, Chile: Fundación para la Transferencia Tecnológica.
- A.V.F. Ingeniería Ambiental. (2017). *BIOFILTROS: REVOLUCIONANDO CON LA NATURALEZA*. Recuperado el Noviembre de 2017, de BIOFILTROS: REVOLUCIONANDO CON LA NATURALEZA: <http://biofiltro.com/es/>
- Academic. (2017). *Diccionario Ecológico*. Recuperado el Diciembre de 2017, de Diccionario Ecológico: <http://ecologico.esacademic.com/103/adsorci%C3%B3n>
- Acuña Marrufo, J. E., & Reyes Sánchez, J. J. (2015). *EFICIENCIA DE Lumbricus Terrestris Y Eisenia Foetida EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE BAGUA-AMAZONAS, 2015*. Bagua, Perú: FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.
- ANA, Autoridad Nacional del Agua; (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA)*. Lima, Perú: Gráfica Industrial Alarcón S.R.L.
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas potables y residuales*. Washigton D.C., USA: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Bollo, E. (1999). *Lombricultura una Alternativa de Reciclaje*. Ciudad de México: Criação de Minhocas S.A.
- Bueno, J., Sastre, H., Lavín, A., FICYT, & Oviedo. (1997). *Contaminación e Ingeniería Ambiental. Vol III Contaminación de las Aguas*.
- Cajas, S. (2009). *Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz Eistenia*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- CENTA, C. (2008). *MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS*. Sevilla, España: ARPIrelieve SA.
- Clair N. Sawyer, Perry L. McCarty, & Gene F. Parkin. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental*. Bogotá, Colombia: Cuarta Edición MCGRAW-HILL.
- Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente. (1998). *Pautas canadienses de calidad del agua. Calidad y Estética del Agua Recreativa*. Ottawa, Canadá: Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente.
- COREMA, C. (2002). *Resolución de Calificación Ambiental. "Estudio y Diseño de Servicio Público de Alcantarillado de Planta de Tratamiento de Aguas servidas sin generación de Lodos para la localidad de Cancura*. Cancura, Chile.



- D'Alessandri Romero, M. C. (2012). *CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN*. Sartenejas, Venezuela: Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Simón Bolívar.
- DIARIO ABC S.L. (Julio de 2015). *ABC Sociedad España*. Obtenido de ABC Sociedad España: <http://www.abc.es/sociedad/20150202/abci-aguas-residuales-informe-201502021601.html>
- Díaz, E. (2002). *Guía de Lombricultura: Lombricultura una alternativa de Producción*. La Rioja, España: Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior (ADEX).
- DIGESA, D. (2011). *Parámetros Organolépticos*. Obtenido de Parámetros Organolépticos: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)
- Domínguez, J. (2004). *Estado del arte y nuevas perspectivas sobre la investigación del vermicompostaje*. En: Edwards, C.A. Boca Ratón, USA: Earthworm Ecology.
- Domínguez, J., & Edwards, C. A. (1997). *Efectos de la tasa de almacenamiento y contenido de humedad en el crecimiento y maduración de Eisenia andrei (Oligochaeta)*. Columbus, USA: Soil Biol. Biochem.
- Dominicana, O. R. (2017). *Naciones Unidas República Dominicana*. Obtenido de <http://portal.onu.org.do/republica-dominicana/objetivos-desarrollo-milenio/garantizar-sostenibilidad-medio-ambiente/14>
- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biología y Ecología de las lombrices de tierra*. Londres, Inglaterra: Chapman y Hill.
- Fajardo, V. (2002). *Manual Agropecuario*. Bogotá, Colombia: Edit Limerín.
- Fresenius, W., Schneider, W., Böhnke, B., & Pöppinghaus, K. (2013). *Waste water technology: origin, collection, treatment and analysis of waste water*. Nueva York: Springer-Verlag.
- Fuentes, O., Martínez, E., & Yanes, A. (2005). *Uso de la lombricultura. Aplicación en el tratamiento de lodos de plantas depuradoras. Transporte Desarrollo y Medio Ambiente*.
- Hernández, Y. (2005). *Anteproyecto de construcción para aplicación de lombricultura al tratamiento de planta Llau-Llao de Salmonera Invertec S.A.* Valdivia, Chile: Facultad de Ingeniería de la Universidad Austral de Chile.
- Jacipt, A. R., León, J. A., & Castillo, N. (2015). *Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la Técnica de Lombrifiltros utilizando la especie "Eisenia Foetida"*. Pamplona, Colombia: Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona. .
- Jiménez Coral, A. S. (2016). *ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE EMBUTIDOS*. Quito, Ecuador: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial de la Escuela Politécnica Nacional.

- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- MILACRON. (01 de Abril de 2011). *CIMCOOL Reporte Técnico*. Obtenido de CIMCOOL Reporte Técnico:  
<http://www.cimcool.ca/uploads/downloads/Porqueesimportanteeloxigenodisuelto.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (1995). *D.S. N° 22-95-AG*. Lima, Perú: El Peruano.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, & SEDAPAL. (2010). *VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS*. Recuperado el Octubre de 2017, de VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS:  
<http://www.sedapal.com.pe/documents/10154/fedf8405-1bc2-428e-9d8d-a1c2ad009f53>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *D.S N° 021-2009*. Lima, Perú: El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2015). *D.S. N° 001-2015*. Lima, Perú: El Peruano.
- Muñoz Muñoz, D. (2005). *SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO*. Cauca, Colombia: Grupo de Investigación en Diseño, Proceso y Energía. Sc.
- OEFA, O. (abril de 2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Obtenido de Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (12 de Diciembre de 2016). *fortalecimiento de capacidades en la gestión y fiscalización ambiental de las aguas residuales*. Recuperado el 30 de Octubre de 2017, de fortalecimiento de capacidades en la gestión y fiscalización ambiental de las aguas residuales:  
<https://www.oefa.gob.pe/regional-fortalecimiento-de-capacidades-en-la-gestion-y-fiscalizacion-ambiental-de-las-aguas-residuales>
- Quezada, M. (2001). *Planta de Tratamiento de Residuos Industriales Lácteos*. Temuco, Chile: Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Frontera. Temuco.
- Robles C., T., & Medina T., L. (2009). *“PLAN DE NEGOCIOS PARA LA REAPERTURA DE LA COMPAÑÍA ANÓNIMA INDUSTRIAL EL ZAMORANO S.A. AÑO 2009”*. Loja, Ecuador: Facultad de Administración de la Universidad Técnica Particular de Loja.
- Romero, J. A. (1999). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: TEORÍA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: TEORÍA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Saavedra González, M. (2007). *BIODEGRADACIÓN DE ALPERUJO UTILIZANDO HONGOS DEL GÉNERO PLEUROTU Y ANÉLIDOS DE LA ESPECIE ESEZIA FOETIDA*. Granada, España: Editorial de la Universidad de Granada.

- Salazar Miranda, P. I. (2005). "*SISTEMA TOHÁ; UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SECTORES RURALES*". Valdivia, Chile: FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE.
- SEDAPAL; (2010). *Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas*. Recuperado el NOVIEMBRE de 2017, de Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas: <http://www.sedapal.com.pe/documents/10154/fedf8405-1bc2-428e-9d8d-a1c2ad009f53>
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura Orgánica. Alternativas*. Quito, Ecuador: Fundagro SAC.
- Tenecela, X. (2012). *Producción de humus de lombriz mediante aprovechamiento y manejo de residuos orgánicos*. Cuenca, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca.
- Valdivia, B., & Ormachea, M. (2007). *Titulaciones de Precipitación a escala normal y microescala*. Recuperado el Noviembre de 2017, de Titulaciones de Precipitación a escala normal y microescala: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a07.pdf>