

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 1 - DATOS INFORMATIVOS

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 08/05/2019

Título del proyecto: Estudio de un sistema de tratamiento con base en un biofiltro utilizando lombrices "Eisenia Foetida", para aguas residuales provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP.

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Química

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Tratamiento de Residuos Líquidos

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

<u>Director</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Montenegro Aguas Lucía Margarita	1710235217	12	Departamento de Ingeniería Química	Magister en Ingeniería Ambiental

<u>Colaborador(es)</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Cabrera Jara Marcelo Fabián	1713543765	6	Departamento de Ingeniería Química	Magister en Gestión Ambiental
TECNICO DOCENTE				

* HSS = Horas Semana Semestre

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 2 – DETALLES DE LA PROPUESTA

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Química

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Ingeniería de la Contaminación

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas;	
Ingeniería y Tecnologías;	X
Ciencias Médicas;	
Ciencias Agrícolas;	
Ciencias Sociales;	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre;	
Ambiente;	X
Exploración y Explotación del espacio;	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras;	
Energía;	
Producción y tecnología industrial;	
Salud;	
Agricultura;	
Educación;	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación;	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos;	
Defensa;	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU);	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes.	

1 Proyecto de Investigación

Título:

Estudio de un sistema de tratamiento con base en un biofiltro utilizando lombrices "Eisenia Foetida", para aguas residuales provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP.



Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

El estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de la EMRAQ-EP se realizará con base en los resultados obtenidos de un tratamiento a escala piloto que consistirá en; una trampa de grasa que permitirá remover los aceites y grasas contenidas en el agua residual, para evitar que interfiera en el siguiente proceso, el cual radicará en la construcción de un biofiltro en el laboratorio a escala piloto que utilizará viruta de madera como medio filtrante, una base de doble fondo que permitirá el drenaje del sistema y a la formación de una capa de aire que permitirá la existencia de flora bacteriana aeróbica, la capa de aserrín y viruta se convertirá en el medio en el que habiten las lombrices, las mismas que digerirán la materia orgánica retenida en el aserrín y al mismo tiempo generarán humus de lombriz como subproducto.

Una vez que el agua sea filtrada pasará a un equipo de filtración en donde se removerán los sólidos suspendidos provenientes del tratamiento del biofiltro; con estos tratamientos se logrará reducir los contaminantes de mayor relevancia para este tipo de aguas como: DBO₅, DQO, sólidos suspendidos, grasas y aceites, para que el agua residual tratada cumpla con la Resolución No. SA-DGCA-NT002-2016. El presente estudio permitirá diseñar un sistema de tratamiento de aguas con sus respectivos diagramas de BFD, PFD y sistema hidráulico además presentará su correspondiente evaluación económica.

Palabras clave (4-6): Trampa de grasa, biofiltro, tratamiento de efluentes líquidos

2 Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Estudiar un sistema de tratamiento con base en un biofiltro utilizando lombrices “Eisenia Foetida”, para efluentes provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Caracterizar los efluentes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP.
- b. Evaluar un sistema de tratamiento con base en una trampa de grasa, un biofiltro y filtración a escala piloto.
- c. Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Caracterización física, química y biológica del efluente de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP.
- b. Estudio de un sistema de tratamiento para el efluente provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP a escala piloto.
- c. Diseño de un sistema de tratamiento para los efluentes provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP con base en los resultados obtenidos en un tratamiento a escala piloto.



3 Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación

En el Ecuador según Agrocalidad, la agencia de regulación y control fito y zoonosanitario, existen 280 mataderos registrados legalmente, estas empresas ofrecen servicios de faenamiento muchos de ellos de diferentes tipos de animales y otros especializados en un solo tipo; estas empresas generan gran cantidad de efluentes líquidos que deben ser tratadas para ser descargadas a cuerpos de agua de acuerdo a los requerimientos de la legislación ambiental vigente (Agrocalidad, 2018).

Quito cuenta con una de las plantas de faenamiento más modernas del Ecuador, la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP presta servicios de faenamiento para ovinos, bovinos y porcinos, alimentos muy demandados por la población ecuatoriana. La EMRAQ-EP realiza el faenamiento de 79000 porcinos, 64000 bovinos y 20252 ovinos anuales en promedio. Como productos principales se encuentran productos cárnicos de alta calidad y como subproductos vísceras, harina de sangre y calcificaciones biliares estos últimos se distribuyen a diferentes industrias (EMRAQ-EP, 2015).

Durante el proceso de faenamiento se requieren grandes volúmenes de agua, pues desde el tratamiento preparativo hasta el de distribución se requieren agua para acondicionar y precautelar la integridad del producto cárnico. La EMRAQ-EP, cuenta con una planta para el tratamiento de las aguas residuales diseñada para el tratamiento de 20 m³/h, con tratamientos aerobio y facultativo (Chango y Simbaña, 2016).

El principal impacto ambiental derivado de la actividad de las industrias cárnicas se produce en forma de vertidos líquidos, el alto contenido de sólidos, la mezcla de sangre, grasa, carne constituyen una carga contaminante, que al ser descargados al alcantarillado sin tener un tratamiento adecuado generan una contaminación del entorno y un elevado costo para la empresa por concepto de vertido (Kusanovic, 2009, p. 1).

Los efluentes generados en las empresas de faenamiento presentan altos contenidos de materia orgánica, aceites y grasas, presencia de microorganismos y constituyentes orgánicos. Por esta razón y para evitar que esto ocurra, dichos efluentes se deben tratar empleando la combinación de varios métodos. (Romero, 2001, p. 23).

Previo a cualquier sistema de depuración biológica es importante eliminar aceites y grasas, debido a que causan dificultades en procesos aeróbicos, la difusión del oxígeno en el agua y la degradación de la materia orgánica. Por lo que es esencial diseñar un sistema de trampas de grasas que contribuyan a un adecuado tratamiento del agua residual (Zamora, 2011, p.129).

Los efluentes generados en las industrias de faenamiento tienen valores de contaminantes altos debido a la alta carga orgánica que presentan los residuos como orina estiércol en las fases de estabulado, sangre en las fases de desangrado, pelo, piel y grasas en las fases de escaldado, vísceras y sangre en la fase de limpieza y despique. Los valores típicos de los parámetros más representativos de los efluentes de industrias de faenamiento están entre 1750-2000 mg/L para el DBO, 2900-4700 mg/L de DQO, Sólidos suspendidos entre 650-850 mg/L, Nitrógeno total entre 70-250 mg/L y aceites y grasas entre 20-190 mg/L (EOI, 2008).

Los biofiltros constituyen un tratamiento biológico para tratar aguas residuales industriales con un alto contenido de materia orgánica pues bien diseñados, mantenidos y operados pueden llegar a una eficiencia del 95%. Es una tecnología innovadora que permite el ahorro de energía y generación de un subproducto útil a través de la depuración de los efluentes que cumplirá con dos objetivos: eficiencia energética y sustentabilidad ambiental (Cano y Palacios, 2013, p. 20).

Los biofiltros son una alternativa barata, de fácil uso y de mayor validez para el tratamiento de aguas residuales industriales siendo una solución amigable al medio ambiente ya que no produce impactos negativos, no genera olores ni lodos y a su vez forma un subproducto como el humus utilizado en la agricultura (Cano y Palacios, 2013, p. 21).

El tratamiento biológico utilizará la lombriz *Eisenia foetida* o lombriz roja californiana; estos organismos consumirán la materia orgánica presente en los efluentes y la transformarán por oxidación en anhídrido



carbónico y agua. No producirán lodos ya que generarán un subproducto que puede ser utilizado como abono natural debido a que parte de la materia orgánica consumida se convertirá en humus de lombriz, este tratamiento de aguas es dinámico por el constante movimiento de las lombrices y aeróbico por los microorganismos que lo constituyen (Hernández, 2005, p. 45).

Ventajas del uso del biofiltro:

- No produce lodos, ya que este sistema degrada la totalidad de los sólidos orgánicos del agua residual, solo es necesario un tratamiento físico que separe los sólidos de las grasas y aceites que puedan obstruir la distribución del agua en el biofiltro.
- El biofiltro no se satura, debido a la acción de las lombrices que con su constante movimiento crean túneles o canales que aseguran la permeabilidad del filtro, los sólidos que podrían causar obstrucción son digeridos por las lombrices.
- Genera un subproducto que puede ser utilizado como abono, ya que las lombrices al digerir la materia orgánica la transforman en humus de lombriz, cada cierto tiempo se puede extraer los excesos de humus y utilizarlo como abono agrícola, el cual no causa ningún daño a las plantas como en el caso de los fertilizante químicos.
- Puede alcanzar eficiencias de remoción de hasta 95 % de DBO.
- No utiliza reactivos químicos que contaminen el ambiente.
- Los costos de inversión y mantenimiento son mínimos debido a que no consumen energía eléctrica ni se utiliza reactivos químicos.
- Este tratamiento tiene grados de aplicación muy amplios ya que puede ser dimensionado a cualquier escala (Hernández, 2005, p.36).

El efluente que se obtendrá en el biofiltro pasará al último tratamiento, que consiste en un sistema de filtración, el filtro de arena permitirá retener la carga de sólidos suspendidos que presenta el efluente constituidos principalmente por partículas pequeñas de viruta de madera que forman parte del soporte del filtro.

El diseño de esta planta será beneficioso por la producción de humus de lombriz, este producto se forma por las deyecciones de las lombrices y que equivalen al 60 % del alimento consumido por las mismas. El humus es un abono orgánico que contiene riqueza en flora bacteriana y un aspecto a tierra suave e inodoro que contiene alto nivel nutritivo conteniendo fósforo, potasio, calcio, nitrógeno, magnesio y micro elementos que ayudan a que el suelo sea más fértil (Salazar, 2005, p.67)

Este proyecto se relaciona con la línea de investigación del Departamento de Ingeniería Química, dentro del área "Residuos Industriales", debido a que se utilizan procesos que ayudan a mejorar la calidad del agua descargada al alcantarillado y a reducir el impacto ambiental.



4 Productos esperados (marcar con una "X" al menos uno de los productos no señalados)

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicaciones científicas indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	

5 Descripción y metodología y diseño del proyecto

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto

- Descripción del proyecto

- Caracterizar los efluentes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP.
- Evaluar un sistema de tratamiento con base en una trampa de grasa, un biofiltro y filtración a escala piloto.
- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales

- Metodología y diseño de la investigación

En el presente proyecto se realizará el diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP con base en una trampa de grasa, un biofiltro utilizando lombrices y un sistema de filtración con el objetivo de reducir la concentración de contaminantes y cumplir con las normas técnicas para el control de descargas líquidas establecidas en la Resolución No. SA-DGCA-NT002-2016 vigente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

a) Caracterización de las aguas residuales de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP.

Para obtener una muestra representativa que garantice la caracterización de las aguas residuales de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro, se realizará un muestreo compuesto durante tres días. La empresa presenta un flujo continuo por lo que las muestras compuestas resultarán de las muestras simples según se establece en la Tabla N°1 del numeral 6.5 de las Norma Técnica 002 Para Control de Descargas Líquidas mencionadas, se utilizará el promedio de cada parámetro analizado para diseñar el tratamiento (Romero, 2001, pp. 76 - 77).

Los principales contaminantes que se presentan en aguas empleadas en actividades de procesamiento de productos cármicos son: sangre, grasas, aceites, carne. Estos contaminantes se incorporan en el agua en los procesos de traslado de la materia prima, lavado, molido de la carne y limpieza de los pisos. Por lo que en la caracterización inicial de los efluentes se analizarán; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) mediante el procedimiento APHA 5210 B, demanda química de oxígeno (DQO) con el procedimiento APHA 5220 D, sólidos suspendidos con el procedimiento APHA 2540 D, aceites y grasas mediante el procedimiento APHA 5520 B (APHA, 2012).



b) Evaluación de un sistema de tratamiento con base en una trampa de grasa, un biofiltro y filtración a escala piloto

Evaluación de una trampa de grasa a escala piloto

Para el proceso de remoción de grasas y aceites se construirá una trampa de grasa a escala piloto que consistirá en una cámara de flotación en la cual las grasas subirán a la superficie libre mientras que el agua más clara será descargada. La trampa de grasa se construirá con los parámetros establecidos en Romero (2001), para diseños de trampas de grasas, en los que establece la relación entre el ancho y largo de 1:4 – 1:18. Para determinar el tiempo de retención se realizarán ensayos de separación gravitatoria en los cuales se cronometrará el tiempo en el cual se formarán dos fases correspondientes a la separación de grasa, aceites y del agua residual. La trampa de grasa tendrá el objetivo de retirar este contaminante en su mayoría, ya que pueden causar dificultades en procesos aeróbicos, en la difusión del oxígeno en el agua y en la degradación de la materia orgánica, lo que provocaría la disminución de la eficiencia del tratamiento secundario, se tomarán muestras del agua clarificada para evaluar el parámetro de grasas y aceites y las mejores condiciones de operación, se realizarán tres repeticiones para cada ensayo (Zamora, 2011, p.129; Orozco, 2005, p.326; Romero, 2001, p.727).

Para el diseño de la trampa de grasas se utilizarán las ecuaciones mencionadas en (Ayala C. y Díaz E, 2008, p.480).

Evaluación de un biofiltro a escala piloto

El biofiltro es un sistema de tratamiento de cultivo fijo, en base a lombrices y bacterias soportados en un medio filtrante, para el filtro se construirá un soporte removible que permitirá monitorear la altura del filtro y la población de lombrices en el medio filtrante, este soporte tendrá un tamiz fino en la base para retener los sólidos provenientes del soporte del filtro; una base fija para recolectar el efluente lixiviado que posteriormente pasará al sistema de filtración. El efluente percolará por el medio filtrante reteniendo los contaminantes mientras el sistema bacteriano y las lombrices consumirán estos contaminantes descontaminando el agua y generando como subproducto humus sólido (Biofiltro, 2019).

Se realizarán pruebas preliminares de filtración en donde se determinará la constante C relacionada con el área superficial del medio, la cual será específica para el aserrín que se utilizará como hábitat de las lombrices, se fijarán valores de caudales y alturas de los lechos y mediante experimentación se establecerá el tiempo de filtrado, se determinará la constante C con la ecuación enunciada por Valencia (2014), y se diseñará el tratamiento con el promedio de los valores de esta constante (Valencia, 2014, p. 6).

El biofiltro a escala piloto se diseñará asumiendo una eficiencia del 90% y con un DBO5 inicial de 1100 mg/L, se empleará tiempos de retención de 4, 8, 14, 17, 21, y 24 horas debido a que es el tiempo máximo en el que una lombriz puede degradar la materia orgánica, y se alimentará con dos diferentes caudales de 1 galón/día y 2 galones/día teniendo en cuenta que se trabajará con filtro de tasa baja o estándar (Romero, 2001, p.559; Salazar, 2005, p.65).

La operación en el biofiltro con diferentes tiempos de retención dará como resultado el tiempo y la altura del lecho de aserrín en donde se presentarán las mayores capacidades de remoción de los parámetros evaluados (DBO5, DQO y sólidos suspendidos), estos valores obtenidos experimentalmente se utilizarán como parámetros de diseño para el escalado del tratamiento, se realizarán tres repeticiones para cada ensayo y se trabajará con el promedio de cada parámetro (Rodríguez, 2008, p.252; Romero, 2001, p.560).

Para el diseño del biofiltro se trabajará con las ecuaciones sugeridas por Romero (2001).

La lombriz que se utilizará para el proceso de depuración de aguas residuales será la *Eisenia Foetida* debido a que esta especie es la que mejor se adapta al cautiverio, se alimentará de los más diversos desechos especialmente de tipo orgánico, podrá desarrollarse en un rango amplio de temperaturas entre 15°C y 24°C y expelerá el 60% de lo que ingiera en humus y el 40% restantes lo utilizará para su síntesis celular, respiración entre otros procesos vitales (Salazar, 2005, p. 63).

Evaluación del agua residual mediante un sistema de filtración a escala piloto



El objetivo principal del filtro de arena es la remoción de sólidos totales que tiene el afluente luego de pasar por el biofiltro, estos sólidos principalmente están constituidos por restos del soporte del filtro que no pudieron ser retenidos por la malla ubicada en la base del filtro.

El filtro será de arena y se diseñará con las relaciones especificadas para un filtro poco profundo de arena, se evaluará la carga de sólidos retenida y la concentración de sólidos suspendidos totales del efluente del filtro de arena, considerando alturas de lecho filtrante entre 5 a 15 cm, hasta cumplir con los parámetros requeridos por la normativa ambiental vigente. Una vez determinada la altura del lecho se realizará tres repeticiones en cada uno (Metcalf y Eddy, 2003, p. 285; Romero, 2001, p. 659).

c) Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

El sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP se diseñará para un caudal de 20 m³/h con base en los resultados obtenidos en la evaluación del sistema de tratamiento a escala piloto.

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se realizará con base en los diagramas de BFD y PFD con los respectivos balances de masa para cada tratamiento.

La trampa de grasa se escalará a partir del tiempo de retención obtenido en los ensayos de separación gravitatoria a nivel experimental, se tomará parámetros de diseño establecidos por Romero (2001) y la Norma CPE INEN 5.

El biofiltro se escalará a partir de la constante C obtenida experimentalmente y los resultados de tiempo óptimo en que se produce la disminución de DBO₅ al igual que el valor de este parámetro obtenido a nivel laboratorio con base al método descrito por Romero (2001).

El filtro se diseñará de acuerdo a la altura del lecho filtrante determinado experimentalmente, y considerando el caudal total de la planta.

El sistema hidráulico se diseñará a partir de la ecuación de Bernoulli, se seleccionarán las bombas necesarias para el traslado del efluente (Sinnott, 2005 p.194).

La evaluación económica del proyecto corresponderá a la inversión, gastos, ahorro e ingresos que se debe tener en cuenta al momento de implementar una planta de tratamiento de aguas residuales. Con el objetivo de determinar la viabilidad del proyecto se presentarán indicadores económicos como el TIR y el VAN. Se construirá una matriz en la cual se evaluará aspectos como: inversión de capital, costos operativos, costos de equipos, salario de empleados e ingresos por concepto de multas impuestas por el incumplimiento de las normas técnicas establecidas en la Ordenanza Metropolitana N°404.

BIBLIOGRAFIA

1. APHA, A. P. (2012). *Standart Methods for the Examination of Water*. (20va. Ed.). New York, EE UU; Centennial Edition.
2. Agrocalidad (2018). Listado de Mataderos Bajo Inspección Oficial. Recuperado de: <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/inocuidad/listado-de-mataderos-mabio-a-abril-2018.pdf> (marzo, 2019).
3. Ayala C., Díaz E. (2008). *Manual para el diseño de unidades de tipo biológico en plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas en el salvador*, (Proyecto para optar al título de Ingeniero Civil), Universidad de El Salvador, El Salvador.
4. Chango E. y Simbaña I. (2016) *Evaluación de la gestión de residuos sólidos en la planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Metropolitano de Quito y propuesta de mejora* (Proyecto de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
5. Cano C, L. Palacios. (2013). *Desarrollo de biofiltro con soporte de plástico para el tratamiento de aguas residuales domesticas de la ESPAMMFL*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



- de Ingeniero Ambiental). Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
6. Empresa Pública Metropolitana de Rastro (2015). Planificación Estratégica 2015 – 2019. Recuperado de: http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/planes/Plan_Estrategico_2015_2019.pdf (marzo, 2019).
 7. Escuela Organización Industrial (2008) Los vertidos de Mataderos e industrias cárnicas. Recuperado de: <https://www.eoi.es/es/file/18141/download?token=alBsydFb> (abril, 2019)
 8. Hernández, Y. (2005). *Anteproyecto de construcción para aplicación de lombricultura al tratamiento de planta Llau-Llau de Salmonera Invertec S.A.* (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Construcción). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
 9. Kusanovic, M. (2009). *Planta de tratamiento de Riles.* (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero de Ejecución Agropecuaria). Universidad de Magallanes. Puntas Arenas, Chile.
 10. Maldonado, J. y Ramón, A. (2006). Sistema de tratamiento para aguas residuales industriales en mataderos. *Revista ambiental agua, aire y suelo*, 1 (1), 44.
 11. Metcalf, L. y Eddy, H. (2003). *Tratamiento y depuración de las aguas residuales.* (4ta. ed.). New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
 12. Meza, A. y Cueto, D. (2013). Diseño de un sistema de aireación para una planta de lodos activados en Zofranca Mamonal, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
 13. Moya, D. (2014). *Diseño de una planta de concentración por flotación de calcopirita con depresores biodegradables de pirita.* (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
 14. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito MDMQ. (2016). Normas Técnicas para el control de descargas líquidas. Resolución No. SA-DGCA-NT002-2016 Recuperado de: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/la-secretaria/marco> (marzo, 2019)
 15. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito MDMQ. (2013). Ordenanza Metropolitana N° 404. Recuperado de: <http://www.quitoambiente.gob.ec> (Marzo, 2019)
 16. Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales.* Recuperado de http://books.google.es/books?id=t5w5EZf1VhMC&hl=es&source=gbs_navlinks_s (Enero, 2019)
 17. Preciado, M., Rojas, T. (2010). Diseño de Biofiltro con fibra de Coco para el tratamiento de aguas residuales. Universidad Politécnica de Guanajuato. Guanajuato, México.
 18. Rodríguez, F. (2012). *Evaluación del uso de un evaporador en el tratamiento primario de aguas residuales industriales de una empresa de procesamiento de subproductos cárnicos.* (Para optar al Título de Ingeniero Químico). Recuperado de: Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
 19. Rodríguez, T. (2008). *Biofiltros, una opción para mejorar las características de las aguas residuales provenientes de tratamientos convencionales,* Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/rodri.pdf> (Febrero, 2019)
 20. Romero, J. A. (2001). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño.* (1ra. Ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
 21. Salazar, P. (2005). *Sistema Tohá: Una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales.* (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero de Construcción Civil). Universidad Austral de Chile. Chile.
 22. Sinnott, R. (2005). *Chemical Engineering Design.* (5ta. Ed.). Ámsterdam, Inglaterra: Elsevier.



23. Valencia, G. (2014). *Filtros biológicos*. Recuperado de: http://es.scribd.com/doc/2402_231846/filtro-biologico#scribd (Abril, 2019)
24. Zamora, M. (2011). *Caracterización de los parámetros de calidad del agua desalojada por la empresa de productos lácteos Marco's con el fin de disminuir su contaminación en el Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua*. (Previa a la obtención del Grado Académico de Magister en Producción más limpia) Recuperado de: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1778/MSc.12.pdf?sequence=1> (Febrero, 2019)

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

Infraestructura		Equipos	
Laboratorio		Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio Instrumental	Análisis	Bomba de succión	Laboratorio Instrumental, Departamento de Ingeniería Química
		Balanzas analíticas	Laboratorio Instrumental, Departamento de Ingeniería Química
		Estufas	Laboratorio Instrumental, Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental		Digestor para DBO ₅	Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental
		Digestor para DQO	Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental
		Medidor de DQO	Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- *No aplica.*

6.3 Fondos Adicionales

- *No aplica*

Título del Proyecto:

Estudio de un sistema de tratamiento con base en un biofiltro utilizando lombrices "Eisenia Foetida", para aguas residuales provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP

Nº	Actividad	AÑO 1																																																			
		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1.	Objetivo específico 1: Caracterizar las aguas residuales de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP	X	X	X	X																																																
1.1.	Actividad 1: Caracterización física de las aguas residuales de la EMRAQ-EP	X																																																			
1.2.	Actividad 2: Caracterización química de las aguas residuales de la EMRAQ-EP	X	X																																																		
1.3.	Actividad 3: Caracterización biológica de las aguas residuales de la EMRAQ-EP			X																																																	
1.4.	Producto esperado 1: Caracterización física, química y biológica de las aguas residuales de la EMRAQ-EP	X	X	X	X																																																
2.	Objetivo específico 2: Evaluar un sistema de tratamiento con base en una trampa de grasa, un biofiltro y flotación por aireación a escala laboratorio																																																				
2.1.	Actividad 4: Evaluación de una trampa de grasa a escala laboratorio	X	X	X	X																																																
2.2.	Actividad 5: Evaluación de un biofiltro a escala laboratorio													X	X	X	X																																				
2.3.	Actividad 6: Evaluación del agua residual en un sistema de filtración a escala piloto																													X	X	X	X																				
2.4.	Producto esperado 2: Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de EMRAQ-EP a escala laboratorio	X	X	X	X																									X	X	X	X																				

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 4 - DECLARACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

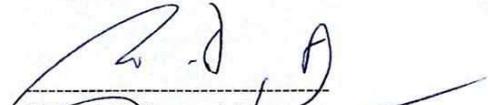
TÍTULO DEL PROYECTO

Estudio de un sistema de tratamiento con base en un biofiltro utilizando lombrices "Eisenia Foetida", para efluentes provenientes de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro EMRAQ-EP

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que todos los bienes adquiridos en proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto durante la ejecución del mismo.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.


Firma del Director del Proyecto

Nombre: Lucía Margarita Montenegro Aguas
C.I.: 171023521-7



DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de Ing. Química, en sesión del día 30.05.2019 mediante resolución No. SE-010-19

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.

Firma del Jefe del Departamento

Nombre: Ing. Omar Bonilla

C.I.: 1711500122