



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERIOR**

**TESIS
APLICACIÓN DEL SISTEMA TOHA PARA EL
TRATAMIENTO DE RILES GENERADOS EN LA
PLANTA AGROMAR INDUSTRIAL S.A.
SULLANA-2012**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERIOR**

AUTOR(ES):

**Bach. Arias Fernandez, Yessenia Gisselly
Bach. Tiquillahuanca Mechan, Yuliana Lizeth**

ASESOR:

Ms. Mechato Anastasio, Augusto Antonio

**Línea de Investigación:
Diseño y desarrollo de nuevos productos.**

**Pimentel – Perú
2018**

**“APLICACIÓN DEL SISTEMA TOHA PARA EL TRATAMIENTO DE
RILES GENERADOS EN LA PLANTA AGROMAR INDUSTRIAL
S.A, SULLANA- 2012”**

Aprobación de la tesis

**ARIAS FERNÁNDEZ Yessenia Gisselly
Autor**

**TIQUILLAHUANCA MECHAN, Yuliana Lizeth
Autor**

**Msc. NAZARIO PURIHUAMAN Celso
Asesor Metodológico**

**Msc. MECHATO ANASTASIO, Augusto Antonio
Asesor Especialista**

**Msc. ESQUIVEL PAREDES, Lourdes
Presidente de Jurado**

**Msc. SÍMPALO LÓPEZ Walter
Secretario de Jurado**

**Ms. MECHATO ANASTASIO, Augusto Antonio
Vocal/Asesor de Jurado**

DEDICATORIA

A Dios que me protege y me lleva por un buen camino y me brinda salud e inteligencia para resolver los obstáculos que se me presentan día a día.

A mis padres Elma Fernández y Reinerio Arias y hermanos por todo el apoyo, comprensión, consejos y aliento que me brindaron durante todo el periodo universitario.

A mis maestros, y mis compañeros que me apoyaron incondicionalmente.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por todo el apoyo, comprensión, consejos y aliento que me brindaron durante la ejecución de mi tesis.

A mis maestros, y mis compañeros que me apoyaron incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ingeniero Juan Carlos Díaz Visitación por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis. Muchas gracias Profesor y espero verlo pronto.

INDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1 Situación problemática	15
1.2 Formulación del problema	16
1.3 Delimitación de la investigación	16
1.4 Justificación e importancia de la investigación	17
1.5 Limitaciones de la Investigación	18
1.6 Objetivos de la investigación:	18
1.6.1 Objetivo general.	18
1.6.2 Objetivos específicos.	18
1.4 Objeto de estudio y campo de acción	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes de Estudios	20
2.2. Estado del Arte	26
2.3. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.	27
2.3.1 Aspectos generales sobre las aguas residuales	27
2.3.2. Tratamiento de aguas residuales	41
2.3.3. Desinfección.	48
2.3.4 La lombricultura	54
2.3.5 Características del Sistema Toha.	63
2.3.6. Legislación vigente.	74
2.4. Definición conceptual de la terminología empleada.	80
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	83
3.1. Tipo y diseño de investigación	83
3.1.1 Tipos de investigación	83
3.1.2 Diseño de la investigación	83
3.2. Población y muestra	83
3.2.1 Población: Residuos líquidos generado en La Empresa Procesadora Agromar Industrial S.A	83
3.2.2 Muestra:	83
3.3. Hipótesis	83
3.3.1 Hipótesis de investigación:	83

3.4. Variables – Operacionalización. _____	83
3.4.1 Variable independiente _____	83
3.4.2 Variable dependiente _____	83
3.4.3 Operacionalización de las variables _____	84
3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos. _____	84
3.5.1 Recolección de las muestras _____	84
3.5.2 Construcción de Sistema Toha (Sistema Tohá) _____	85
3.5.2 Análisis de los parámetros controlados _____	92
3.6 Procedimientos para la recolección de los datos. _____	92
3.6.1 Toma de muestras para los análisis. _____	92
3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos. _____	92
CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS _____	93
5.1 Monitoreo y autocontrol _____	93
5.2 Resultados _____	93
5.3 Discusión de los resultados: _____	103
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	104
6.1. Conclusiones _____	104
6.2. Recomendaciones _____	106
REFERENCIAS _____	107
ANEXOS _____	109

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Valores representativos de contaminantes en aguas residuales industriales.....	30
Cuadro N° 2 Variables, indicadores e instrumento	84
Cuadro N° 3 Parámetros de aguas	85
Cuadro N° 4 Porcentaje de Remoción de DBO5 aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.	93
Cuadro N° 5 Resúmenes de casos de cuadro 4.	93
Cuadro N° 6 Porcentaje de Remoción de SST aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.	95
Cuadro N° 7 Resúmenes del cuadro 6	95
Cuadro N° 8 Porcentaje de Remoción de A y G aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.	97
Cuadro N° 9 Resúmenes de los casos de cuadro 8.....	97
Cuadro N° 10 Porcentaje de Remoción de Coliformes fecales aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.	99
Cuadro N° 11 Resúmenes de los casos del cuadro 10	99
Cuadro N° 12 Variación de pH después de la aplicación de un Sistema Toha a los Riles de empresa Agromar Industrial S.A.	101
Cuadro N° 13 Resumen de los casos de la tabla 12.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 : Esquema general del Sistema Toha	67
Figura N° 2: Capas del Sistema Toha	70
Figura N° 3: Diagrama de flujo de Sistema Toha	86
Figura N° 4: DBO5 de ingreso y salida de aguas de Riles	94
Figura N° 5: De Solidos suspendidos total	96
Figura N° 6: De aceites y grasas	98
Figura N° 7: De coliformes fecales	100
Figura N° 8: pH de ingreso y salida de riles	102
Figura N° 9: Visitando La Empresa Agromar Industrial S.A.....	109
Figura N° 10: Verificando el problema del sistema de alcantarillado	109
Figura N° 11: Sistema de alcantarillado	110
Figura N° 12: Obteniendo muestras.	110
Figura N° 13: En INIA informándonos sobre la lombricultura	111
Figura N° 14: Armandó el biofiltro	111
Figura N° 15: Obteniendo muestras finales	112
Figura N° 16: Analisis EPSEL M1	112
Figura N° 17: Analisis UNPRG M2	113
Figura N° 18: Analisis UNPRG M3	114
Figura N° 19: Analisis UNPRG M4	115
Figura N° 20: Analisis UNPRG M5	116
Figura N° 21: Analisis UNPRG M6	117

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categoría 3 de riego de vegetales y bebidas animales	75
--	----

RESUMEN

Se aplicó un sistema de Sistema Toha para el tratamiento de Riles generados en la planta Agromar industrial S.A. La investigación se centró en determinar la eficiencia de remoción de DBO, Solidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Coliformes fecales, y cambio de pH, con la finalidad de obtener una agua apta para riego de plantas y bebidas de animales (Agua categoría 3). Además de la disminución de la contaminación del agua residual también se obtuvo humus, muy útil en la agricultura orgánica.

Con tal fin se construyó un Sistema Toha de escala piloto con las características de diseño siguientes: área de filtración 25 cm x 25 cm, altura de lecho filtrante 85 cm, repartidos en 25 cm de piedra de 2-3 cm, 20 cm de gravilla, 5 cm de arena gruesa, 25 de aserrín de madera y 10 cm de humus conteniendo la lombriz *Eisenia Foetida*. La lombriz se obtuvo de INIA. El sistema completo incluye en la salida del Sistema Toha la dosificación de lejía para disminuir el contenido de coliformes totales.

Para la operación en continuo del Sistema Toha se alimentó un promedio de 6.25 (caudal) litros por día, lo cual fue regulado durante 5 días, después de los cuales se tomaron muestras en la entrada y salida del Sistema Toha para la evaluación de los parámetros previstos. El tiempo de retención del equipo fue de 40 minutos. Para la evaluación de la eficiencia del Sistema Toha se tomaron muestras de 200 mL en la entrada y salida (después de 40 minutos) y enviaron a su respectivo análisis a la empresa EPSEL S.A. de Chiclayo y UNPRG de Lambayeque. Los resultados obtenidos fueron: disminución de DBO₅ en 95.5%, Solidos Suspendidos Totales 98.7%, Aceites y Grasas 95.1% y Coliformes fecales 95.1%, y en cuanto a la variación del pH fue de + 2.1.

Se concluye que el sistema de Sistema Toha ensayado es eficiente para tratar el agua residual de la empresa Agromar Industrial S.A y el agua obtenida cumple con los requisitos exigidos por el MINAG.

Palabras clave: Aguas residual, DQO, Solidos Suspendidos Totales, Sistema Toha

ABSTRACT

A worm filter system was applied to the wastewater treatment plant generated at Agromar Industrial S.A. The research focused on determining the removal efficiency of BOD, TSS, oils and fats, fecal coliform, and pH change, in order to obtain water suitable for irrigation of plants and animals drinks (Water category 3). Besides decreasing water pollution also obtained residual humus, very useful in organic agriculture.

To this end Sistema Toha constructed a pilot scale with the following design features: area of filtration 25 cm x 25 cm, height 85 cm filter bed spread over 25 cm distance of 2-3 cm, 20 cm of gravel, 5 cm of coarse sand, sawdust, 25 and 10 cm of humus containing the earthworm *Eisenia Foetida*. The worm was obtained from INIA. The complete system includes at the outlet the dosing of bleach to reduce the content of total coliforms.

For operation in continuous food Sistema Toha is an average of 6.5 liters per day, which was regulated during 5 days, after which samples were taken at the inlet and outlet for evaluating Sistema Toha milestones. The device retention time was 40 minutes.

For the evaluation of the efficiency of Sistema Toha sampled in 200 mL of input and output (after 40 minutes) and sent to their respective business analysis Epsel SA of Chiclayo.

The results obtained were: BOD5 reduction of 95.5%, 98.7% in OSH, A and G in 95.1% and 95.1% in faecal coliforms and about pH variation was + 2.1.

It is concluded that the wormfilter system is efficient to treat wastewater from the company AGROMAR INDUSTRIAL SA and the resulting water will meet the requirements of the MINAG.

KEY WORD: Residual waters, DQO, SST, wormfilter.

INTRODUCCIÓN

Los países en desarrollo como el Perú tienen que acelerar el desarrollo económico pero al mismo tiempo tienen que cumplir los requisitos de preservación del medio ambiente. Las industrias, en especial la de alimentos son necesarias para satisfacer diversas necesidades del hombre. En forma simultánea, sus actividades generan una gran cantidad de residuos desagradables, que llegan a contaminar las aguas residuales. En los últimos años, las regulaciones medioambientales han experimentado grandes cambios. Como resultado de ello, las tecnologías convencionales de tratamiento han sido mejoradas y nuevas tecnologías se están aplicando o están en fase de desarrollo para satisfacer los nuevos criterios más estrictos de calidad de agua.

Muchos sistemas actuales de tratamiento de aguas residuales están basados en una "disposición de flujo lineal". Necesitamos modificar nuestro sistema industrial lineal para convertirlo en uno circular, de ciclos cerrados, en el que las industrias nuevas y antiguas reciclen los efluentes desechados. De esta manera se promueve la conservación del agua y la fuente de nutrientes. Entre los diferentes métodos biológicos de tratamiento de aguas residuales adoptados, los Sistema Tohas están ganando una amplia popularidad.

Los anélidos han probado ser agentes maestros de bioprocesamiento para el manejo de efluentes orgánicos de diferentes fuentes que van desde aguas residuales domésticas hasta residuos industriales. Sorprendentemente, convierte los efluentes que son una molestia indeseable dentro de la planta industrial en codiciados probióticos en forma de humus de lombriz.

Actualmente existen en el mundo sistemas de tratamiento que han sido utilizados por mucho tiempo, denominados sistemas convencionales, donde sus características, ventajas y desventajas son muy conocidas.

Sin embargo las plantas de tratamiento convencionales son muy caras de construir,

tienen altos costos de operación (especialmente eléctrica) y mantenimiento, requieren de personal calificado y generan subproductos indeseables (lodos). Entonces, surge la necesidad de buscar algún método alternativo, que lo haga económicamente factible y auto sustentable su utilización para poder cumplir con las normas de emisión, protegiendo la salud de las personas y el medio ambiente.

Uno de los principales problemas de la contaminación de los recursos hídricos, es su incidencia en la salud de las personas que tienen contacto con las aguas contaminadas o con los alimentos contaminados por las mismas. La reutilización de las aguas servidas en diferentes actividades como el riego de cultivos agrícolas, tiene implicancias en la salud de las personas que ingieren estos productos, lo que hace necesario buscar alternativas eficientes en la remoción de microorganismos patógenos que son la causa principal de las afecciones gastrointestinales.

Los resultados obtenidos con este método mostraron la alta eficiencia del sistema utilizado en la remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos.

En este contexto, el presente trabajo de investigación se evaluará la aplicación de un Sistema Toha para el tratamiento de las aguas residuales de empresa Agromar Industrial de Sullana, con el objetivo principal de convertir el efluente de la planta en un agua tipo III, apta para regadío y consumo de animales de crianza.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación Problemática

Ha surgido la problemática de la contaminación de los recursos hídricos existentes en el planeta por efecto del aumento de la población y el creciente desarrollo en el área industrial, siendo las principales fuentes de contaminación las aguas residuales tanto urbanas como industriales. Por esta razón y como solución se toman medidas de gestión ambiental para mejorar la calidad de las aguas, entre estas medidas de gestión podemos mencionar la utilización de tecnologías que combinan aspectos químicos, físicos y biológicos, en la implementación de plantas de tratamiento, como las lagunas de estabilización, Biofiltro, entre otros.

El resultado de la descarga de residuos líquidos a cursos de aguas incide en la salud de las personas que tienen contacto con las aguas contaminadas o con los alimentos contaminados por las mismas.

En el ámbito nacional aún no se ha llevado a cabo la aplicación de este proyecto.

A nivel local no se ha realizado este sistema de tratamiento de riles, por lo cual en Agromar Industrial S.A. ubicada en la Mz C Calle D y E, Lote del 9 al 15 Zona Industrial –Sullana- Piura, Perú, se llevará a cabo la instalación de este sistema, ya que se realiza una fuente de contaminación de Residuos Industriales Líquidos (Ril) y residuos sólidos generados por los procesos

productivos que deben ser tratados a la brevedad, por su emanación de olores y contaminación al estero.

El Sistema Toha es un sistema de tratamiento de aguas servidas domésticas e industriales, desarrollado por el Dr. José Tohá Castellá y su grupo de investigación, con el propósito de buscar una alternativa ecológica de descontaminación de aguas residuales. Los resultados obtenidos con este método mostraron la alta eficiencia del nuevo sistema en la remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos (Fundación para la transferencia tecnológica, 2005).

Este trabajo tiene como propósito aplicar la Lombricultura o sistema Tohá como Biofiltro para tratar los residuos industriales de la empresa AGROMAR INDUSTRIAL S.A.

Una causa importante para tratar los riles en la industria es porque implica una ventaja competitiva con las demás industrias con respecto a proyectarse hacia otros mercados nacionales y extranjeros.

1.2 Formulación del problema

¿Permitirá el Sistema Toha reducir la contaminación y mejorar la calidad de los riles en la planta “Agromar Industrial S.A.”?

1.3 Delimitación de la investigación

El proyecto considerará la instalación y operación de un sistema de tratamiento

de riles tipo Sistema Toha a escala piloto en los ambientes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Señor de Sipán.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

Este proyecto se realizará con el fin de atender las aguas residuales industriales, provenientes de las diferentes áreas que radican en la empresa.

El sistema no genera nuevas descargas, además, permite, dependiendo de sus especificaciones de diseño, el cumplimiento de la Norma Legal Peruana, Decreto Supremo N° 002-208-MINAM, que Aprueba los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3: Riego de vegetales bebidas de animales.

En cuanto al medio ambiente se demanda que las aguas resultantes de procesos industriales sean devueltas al ambiente sin agentes contaminantes. En las actividades agroindustriales e industrias los principales contaminantes son las sustancias orgánicas. Se trata, generalmente, de residuos de limpieza originados por el lavado de los distintos equipos e infraestructura.

Los resultados obtenidos con este método tendrán beneficio en la salud de las personas que tienen contacto con las aguas contaminadas o con los alimentos contaminados por las mismas.

Esta ejecución del proyecto en la empresa traerá a la vez un beneficio económico ya que al ser realizado se obtendrán sub productos a partir de las aguas residuales que serán tratados para riegos y abonos de sus propios

fundos de igual manera se facilitara la obtención de certificaciones y con ello el crecimiento de la empresa.

1.5 Limitaciones de la investigación

La principal dificultad fue obtener muestras representativas y en el momento de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A.C, principalmente por su lejanía.

Otra dificultad prevista fue el ajuste y estabilización de los flujos y de la operación del Sistema Toha.

Fue difícil realizar análisis de las aguas residuales (influyente y efluente) por no contar con los reactivos y equipos necesarios para dichos análisis.

1.6 Objetivos de la investigación:

1.6.1 Objetivo general.

Aplicar un Sistema Toha al tratamiento de riles generados en la planta Agromar Industrial S.A.

1.6.2 Objetivos específicos.

Determinar la disminución de DBO_5 de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. por la aplicación de un Sistema Toha.

Determinar la disminución de SST (sólidos suspendidos totales) de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. por la aplicación de un Sistema Toha de aceites y grasas de las aguas residuales de la empresa

Agromar Industrial S.A. por la aplicación de un Sistema Toha.

Determinar la disminución de Coliformes fecales de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. por la aplicación de un Sistema Toha.

Medir el cambio de pH de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. por la aplicación de un Sistema Toha.

1.4 Objeto de estudio y campo de acción

El objeto de estudio será los riles, obtenidas en la empresa Agromar Industrial S.A, que son residuos industriales líquidos, generadas en el establecimiento industrial como resultado de un proceso y actividad.

Los residuos industriales son todos aquellos residuo sólido o líquido, o combinaciones de éstos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no pueden asimilarse a los residuos sólidos domésticos (DS N°745/92 del Ministerio de Salud que establece el reglamento sobre condiciones ambientales y sanitarias mínimas en los lugares de trabajo). Por su parte, el residuo sólido industrial es todo desecho sólido o semi-sólido resultado de cualquier proceso u operación industrial que no vaya ser reutilizado, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial. Junto con los residuos sólidos, también existen los residuos industriales líquidos (RILES) y las emisiones industriales.

Este tipo de residuos presentan distintas características según el tipo de industria o la naturaleza de sus constituyentes.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios

Tesis: Anteproyecto De Construcción Para Aplicación De Lombricultura Al Tratamiento De Planta Llau-Llao De Salmonera Invertec S.A.-Valdivia-Chile-2005.

Autores: Yessica Pamela Hernández Bórquez.

Resumen:

La presente Tesis se refiere a un anteproyecto que contempla una solución para la empresa procesadora de Salmones Invertec S.A. de Llau- Llao en lo referido al tratamiento y disposición de sus Residuos Industriales Líquidos.

La construcción del sistema de tratamiento de residuos industriales líquidos logra cumplir la normativa de descarga de aguas residuales a aguas superficiales sin poder de dilución.

El anteproyecto describe la reutilización de las unidades existentes, tales como el sistema de separación de sólidos. Analiza las actuales condiciones de trabajo de la instalación, parámetros de contaminación presentes en los riles y los esperados una vez aplicado el Sistema Toha. Además incluye consideraciones técnicas para diseñar las instalaciones nuevas y las estructuras necesarias a construir de acuerdo a la cantidad de agua que se debe tratar.

El sistema en cuestión obedece a la necesidad de la empresa de tratar sus residuos líquidos industriales, utilizando un sistema de tratamiento que es efectivo y con costos bajos de inversión y de operación.

Tesis: Factibilidad técnico económica de operación interna de planta tratamiento de riles en empresa elaboradora de snacks y correlación actual entre materias primas utilizadas en procesos y generación de desechos-noviembre 2005.

Autores: Fernando Valenzuela Lozano; Jorge López Garín

Resumen:

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la factibilidad técnico económica de la operación interna de la planta de tratamiento de residuos industriales líquidos (RILes) de una empresa elaboradora de snacks ubicada en la ciudad de Santiago.

Se realizó un análisis de costos directos e indirectos implícitos en la operación, los cuales se dividen en fijos y variables. Paralelo al análisis de costos se llevó a cabo la licitación de la operación de la planta de tratamiento RILes, para lo cual se invitó a participar a 3 empresas del rubro. Una de ellas es la que operaba la planta antes de la licitación.

Luego de analizar los costos de las 4 alternativas, se recomendó a la Empresa Elaboradora de Snacks continuar tercerizando dicha operación con la empresa que operaba la planta de riles desde los inicios de ésta.

Esto debido a que se logró, luego de la licitación, un ahorro real de un 7%, lo que equivale a más de 9 millones de pesos anuales.

Otro objetivo de este estudio fue evaluar la correlación entre las materias primas utilizadas en proceso y la generación de desechos. Esto se realizó mediante análisis estadísticos efectuados en el programa Statgraphics plus 4.0. Se determinó que existe correlación entre los kilos de residuo de papa de la criba por tonelada de papa que ingresa a la planta de producción y el tiempo. También se encontró una relación estadísticamente significativa entre la cantidad de papas que ingresan a producción y la cantidad de lodos generados en el CAF (cavitation air flotation) de la planta de RILes. Por último, se determinó que existe una correlación entre los kilos de lodo generados en el CAF por tonelada de papas que ingresa a proceso y el tiempo.

De esta manera, se recomienda a la empresa utilizar mensualmente los polinomios seleccionados, ya que al tener conocimiento de la cantidad de desechos generados, en función del tiempo y de la cantidad de materia prima, es posible controlar y minimizar la generación de desperdicios en los procesos productivos.

Tesis: Desarrollo de un modelo predictivo para el tratamiento biológico de riles en una planta de celulosa con blanqueo ECF - Santiago de Chile Agosto 2008.

Autores: *Braulio Brunaud Sánchez*

Resumen:

Las plantas industriales tienen la responsabilidad de mantener una convivencia armoniosa con el medio ambiente con el que interactúan a través de los recursos que usan y de los residuos que vierten. En una planta de celulosa la mayor cantidad de residuos son líquidos, por lo que, para cuidar el ambiente en que se encuentran, deben realizar esfuerzos para optimizar la operación de su planta de tratamiento de RILES.

El presente trabajo desarrolla una herramienta para estos propósitos: un modelo predictivo para el tratamiento biológico de RILES. Una representación del proceso útil para adquirir conocimientos sobre los principios del proceso y para optimizar su operación.

El modelo propuesto está basado en el Modelo de Lodos Activados número 1, (ASM1 por sus siglas en inglés), incluyendo expresiones para lidiar con la remoción de ion clorato, un contaminante de gran presencia en un proceso de celulosa con blanqueo ECF (libre de cloro elemental), donde ClO_2 es el agente de blanqueo.

Se propuso una metodología para la caracterización del flujo de entrada. Además, se determinaron los parámetros y condiciones iniciales del modelo usando antecedentes bibliográficos, experimentos a escala de laboratorio y optimización matemática. Se diseñó un montaje experimental para el trabajo de laboratorio, el cual tiene un gran potencial de aplicación para futuras estimaciones de parámetros o estudios relacionados.

Se implementó una plataforma de simulación, simple y eficiente, basada en GNU Octave en combinación con código compilado escrito en C++. La eficiencia de la plataforma fue comprobada comparando con otras alternativas de implementación. La inclusión de código compilado en C++ disminuyó el tiempo de ejecución de 239 a 11 segundos, es decir, una reducción en un factor superior a 20.

Se obtuvieron las concentraciones de cada variable a lo largo del sistema de reacción. A partir de ellas es posible hacer una lectura de los principios de operación del sistema, sin embargo, resulta necesario comprobar su fidelidad realizando una caracterización de los RILES en cada reactor.

La capacidad de predicción del modelo fue determinada considerando datos históricos de entrada y salida del tratamiento biológico. Se logró predecir la salida de la DQO con una eficiencia superior al 93%. A su vez, las predicciones de los SST y el ion clorato arrojaron valores en el orden de magnitud de los valores referenciales. En el caso de las predicciones de las variables nitrogenadas los resultados fueron menos precisos, por lo que se requiere mayor información sobre el comportamiento de estas variables a lo largo del sistema de reacción para poder ajustar los parámetros necesarios para describir adecuadamente estas variables.

Finalmente, se logró desarrollar un modelo matemático para el tratamiento biológico de RILES. Con el grado de desarrollo alcanzado, constituye una herramienta aplicable para la optimización del proceso.

Artículo: Aplicación de Sistema Toha en la planta de tratamiento a escala piloto de el manejo de efluentes líquidos de la industria de gelatina. Vapi, Gujarat-India (2010)

Autores: Sudhir D. Chatnekar; Mahavash F. Kavian, y Santosh M. Sharma.

El presente artículo describe la aplicación de Sistema Toha para convertir los efluentes líquidos de una fábrica de gelatina en un agua limpia y “bio-segura”. El experimento se realizó a escala piloto. El protocolo comprendió un sistema de pre-tratamiento de los efluentes de la planta de gelatina aplicando una combinación de proteasas y celulasas. Luego se inoculo una mezcla de cultivos de *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Nitrobacterwinogradskyi*, *Spirulinaplantensis*, *Oscillatoria princeps* y *Chlorellavulgaris*. Los efluentes fueron pasados a través de una serie de tres tanques Sistema Tohas, donde la capa mas superior de cada uno consistía de un lecho de material inoculado con las enzimas seleccionadas, microorganismos y además colonias de *Lombricus rubellus* que sirvió como biofiltro. Después de los Sistema Tohas se instaló un filtro por goteo. El agua resultante del sistema de Sistema Tohas presentó una disminución significativa en DQO de $90.08 \pm 0.176\%$ y de DBO de $89.24 \pm 0.544\%$.

Después de tres meses, la cantidad total de lombrices en la capa superior de los Sistema Tohas exhibieron un aumento exponencial lo cual indica el gran potencial de degradación de la materia orgánica presente en el efluente tratado. El material del lecho superior se convierte en un vermi compost humedificado con los cuales se desarrolló semillas de *Canna indica*. El líquido

obtenido del sistema de Sistema Toha fue limpia y bio-segura y evaluó usándolo para irrigación y cultivo de *Spirulina*.

Inauguración de Planta Minera Florida (9 enero 2012)

Inauguración de Planta Minera Florida. Minera Florida, perteneciente a Yamana Gold Inc., Inaugura su primera planta de tratamiento de aguas servidas para su campamento de administración. Gracias a los buenos resultados, se construirá una nueva planta de tratamiento en el sector de Relave y se proyectan dos proyectos más para él 2012, en el sector de la mina, comuna de Alhué.

« Barrick Zaldívar Gana Premio Medio Ambiental Asociación de Industriales de Antofagasta Premia la Gestión Sustentable de Barrick Zaldívar »

Barrick Zaldívar Gana Premio Medio Ambiental (9 enero 2012)

Barrick Zaldívar Gana Premio Medio Ambiental: LA Compañía Minera Barrick Zaldívar, quien posee dos plantas de tratamiento de aguas servidas – para 1.000 y 1.500 personas- respectivamente, gana premio de Barrick Gold, a la innovación ambiental por sus plantas de tratamiento en base a tecnología “Sistema Tohá®”, reutilizando las aguas servidas, que antes se perdían en fosas de infiltración, en riego de caminos, ahorrando más de 170 millones de litros de agua anuales.

2.2. Estado del Arte

Asociación de Industriales de Antofagasta Premia la Gestión Sustentable de Barrick Zaldívar (16 Marzo 2012)

Asociación de Industriales de Antofagasta Premia la Gestión Sustentable de

Barrick Zaldívar Con el proyecto SISTEMA TOHÁ, planta de tratamiento que recicla el 100% del agua servida que se genera en la operación, la Compañía minera se hizo merecedora del Premio Gestión Sustentable 2010 que entregó la asociación en su cena anual. En la tradicional Cena Anual de la Asociación de Industriales de Antofagasta (AIA), que este año contó con la presencia del Ministro de Economía, Fomento y Turismo, Juan Andrés Fontaine, y el Ministro de Minería (s), Pablo Wagner San Martín, Barrick Zaldívar fue reconocida con el Premio Gestión Sustentable, por su innovador proyecto “Planta de Tratamiento de Aguas Servidas- bajo el Sistema Tohá”.

http://www.barricksudamerica.com/noticias/detalle_comunicados.php?titulo=asociacion-de-industriales-de-antofagasta-premia-la-gestion-sustentable-de-barrick-zaldivar&id=433&info=Noticias

2.3. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.

2.3.1 Aspectos generales sobre las aguas residuales

2.3.1.1 Definición y origen de las aguas residuales

Puede definirse agua residual, como el agua suministrada a una población que habiéndose aprovechado para diversos usos, ha quedado impurificada. La contaminación de las aguas es un término que está relacionado con el uso específico del agua y su origen puede ser, desde totalmente natural o producto de descarga de sistemas de alcantarillado doméstico o industrial. Hay muchas otras fuentes de contaminación de las aguas, tales como la contaminación del aire (lluvia ácida), determinadas prácticas agrícolas, aguas lluvias, etc.

El origen de las aguas residuales determina la composición y concentración

de las sustancias presentes en ella. A continuación se detallan algunos aspectos generales del origen de las aguas residuales más comunes.

Las aguas residuales más comunes corresponden a:

2.3.1.1.1 Aguas residuales domésticas.

Son las aguas de origen principalmente residencial y otros usos similares que en general son recolectados por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Contiene principalmente desechos humanos, animales y otros de tipo casero, además deben agregarse las aguas provenientes de infiltraciones subterráneas (Lacrampe, 2009).

2.3.1.1.2 Aguas residuales industriales.

Son aguas provenientes de los procesos industriales y la cantidad y composición de ella es bastante variable, dependiendo de la actividad productiva y de muchos otros factores (tecnología empleada, calidad de la materia prima, etc). Así esta agua pueden variar desde aquellos con alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos, industria de alimentos), otras con materia orgánica y compuestos químicos (industria de celulosa) y finalmente industrias cuyas aguas residuales contienen sustancias inorgánicas u orgánicas no degradables (metalúrgicas, textiles, químicas, minería).

2.3.1.1.3 Aguas residuales pluviales.

Proviene de escurrimientos superficiales de aguas lluvias, tales como los techos, pavimentos, y otras superficies naturales del terreno.

La escorrentía generada por aguas lluvias es menos contaminada que las

aguas residuales domésticas e industriales.

2.3.1.2 Características de las aguas residuales.

Un agua residual puede caracterizarse por medio de sus constituyentes más comunes, los que dependerán del origen de esas aguas. A continuación se detallan las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, describiendo la importancia de cada una de ellas en la calidad del agua. Además con la idea de tener una visión general de las magnitudes de las aguas residual es típicamente industriales, se incluye una tabla donde se señala los valores típicos de éstos (Tabla N° 2.1).

2.3.1.3 Características físicas

Dentro de éstas se pueden considerar las siguientes:

2.3.1.3.1 Partículas Sólidas: En un concepto general, los sólidos se definen como la materia que permanece como residuo después de someter a evaporación una muestra de agua a una temperatura entre 103 – 105°C (Metcalf& Eddy, 2008).

Las características físicas del agua se ven modificadas según varíe su contenido total de sólidos, no soliendo superar normalmente las 1.000 ppm en las aguas residuales industriales.

Cuadro N° 1

Valores representativos de contaminantes en aguas residuales industriales.

PARAMETROS	ALIMENTO	CARNES	METALES	TEXTIL
VOLUMEN (L)				
/tonelada/producto	10000	12000	-	100000
MPN (10 ⁶ /100mL)	0	-	0	0
DBO ⁵	1200	640	0	400
DQO	-	-	-	-
COT	-	-	-	-
Sólidos en suspensión	700	300	0	100
Sólidos disueltos		200		1900
N total	0	3	0	0
P total	0	-	0	0
PH	-	7.0	4 ò 10	10
Cobre	0.29	0.09	6	0.31
Cadmio	0.006	0.011	1	0.03
Cromo	0.15	0.15	11	0.82
Níquel	0.11	0.07	12	0.25
Plomo	-	-	-	-
Zinc	1.08	0.43	9	0.47

FUENTE: (Glynn, 2010)

2.3.1.3.2 Sólidos Totales (ST): se definen como toda la materia que queda como residuo después de someter a evaporación una muestra de agua a temperaturas comprendidas entre 103-105°C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor (Metcalf & Eddy, 2008).

Los sólidos totales pueden clasificarse de acuerdo a su condición física en sólidos: Sedimentables, Suspendidos y Disueltos; y de acuerdo a sus

características químicas en Fijos (inorgánicos) y Volátiles (orgánicos).

2.3.1.3.3 Sólidos Sedimentables (Ss): corresponden a los sólidos (de tamaño aproximadamente mayor a 10^{-2} mm.) que sedimentan en el fondo de un recipiente en forma de cono, llamado *Cono de Imhoff*, el cual puede ser de vidrio o plástico rígido, en donde se coloca un litro de muestra fresca y se deja en reposo durante un periodo de 60 minutos. Transcurrido este tiempo, se lee directamente en la gradación del cono, los mililitros de sólidos sedimentables, por litro de muestra. Están constituidos aproximadamente de un 75% de sólidos orgánicos y 25% de inorgánicos.

Los sólidos sedimentables constituyen una medida aproximada de la cantidad de lodo que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

2.3.1.3.4 Sólidos Suspendidos (SS): por definición corresponden a la fracción de sólidos que es retenida por el filtro, y que posteriormente queda como residuo, después de someter a evaporación a temperaturas entre 103-105°C.

Estos sólidos, de tamaño mayor a 10^{-3} mm., pueden separarse del agua servida por medios físicos o mecánicos como por ejemplo en la filtración. Están constituidos por un 70% de sólidos orgánicos y un 30% de sólidos inorgánicos. (Metcalf & Eddy , 2008)

2.3.1.3.5 Sólidos Disueltos (SD): por definición corresponden a la fracción de sólidos que no es retenida por el filtro y que posteriormente queda como residuo, después de someter a evaporación a temperaturas entre 103-105°C.

Determinar este parámetro nos da una estimación del contenido de sales disueltas presentes en la muestra (Metcalf & Eddy , 2008)

Los sólidos disueltos, están constituidos de sólidos en estado coloidal y estado disuelto, la fracción coloidal está compuesta por las partículas de materia de tamaños entre 10^{-3} y 10^{-6} mm. La fracción coloidal no puede eliminarse por sedimentación, por lo general, se requiere una coagulación u oxidación biológica complementada con la sedimentación para eliminar la fracción coloidal.

Los sólidos disueltos contienen aproximadamente un 40% de materia orgánica y un 60 % de materia inorgánica. (Metcalf& Eddy, 2008).

2.3.1.3.6 Sólidos Fijos y Volátiles: se utiliza esta clasificación para determinar el contenido orgánico e inorgánico presente en una muestra. Al incinerar una muestra de agua a temperaturas del orden de los 550°C, las cenizas resultantes corresponden a los sólidos inorgánicos (Fijos) y la fracción orgánica que se oxidará y desaparecerá en forma de gas, son los sólidos orgánicos (Volátiles) (Metcalf& Eddy, 2008).

Los sólidos orgánicos son en general los desechos orgánicos, producto de la vida animal y vegetal en donde también se incluyen compuestos orgánicos sintéticos. Son sustancias que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, pudiendo estar combinadas algunas con nitrógeno, azufre o fósforo. Están sujetos a degradación o descomposición por la actividad de las bacterias y

otros organismos vivos y además son combustibles.

Los sólidos inorgánicos, son sustancias inertes que no están sujetas a la degradación, excepto los sulfatos los cuales bajo ciertas condiciones se descomponen en sustancias más simples por ejemplo sulfuros. A estos sólidos inorgánicos se les conoce frecuentemente como sustancias minerales: arena, grava y sales minerales. En general los sólidos inorgánicos no son combustibles.

Temperatura: La temperatura, tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se llevan a cabo en el agua, por ejemplo, en la solubilidad de los gases, el efecto de la viscosidad sobre la sedimentación y en las reacciones biológicas, que tienen una temperatura óptima para poder realizarse.

La actividad biológica es mayor a temperaturas más altas, hasta los 30°C aproximadamente. A medida que aumenta la temperatura disminuye la viscosidad, obteniendo como resultado una mayor sedimentación.

Al aumentar la temperatura del agua producto de la descarga de las aguas servidas, disminuye la solubilidad del oxígeno en ésta, lo que asociado al desarrollo bacteriano, ocasiona un agotamiento acelerado del oxígeno disuelto. El problema se agudiza cuando el flujo es lento y la temperatura ambiente alta.

Olor: La evacuación de las aguas residuales frescas, son prácticamente inodoras. Los olores a podrido tales como: el ácido sulfúrico, mercaptanos (olor

a coles podridas), amoníaco y aminas (olor a pescado), indol, escatol, u otros productos de descomposición, indican claramente que las aguas están en estado de descomposición o aguas sépticas (Lacrampe, 2009).

Color: Generalmente, la coloración es indicadora de la composición y concentración de las aguas residuales, variando del gris al negro según la cantidad de materia orgánica que contenga. Las aguas residuales normales y muy frescas se caracterizan por su color gris. Ahora, si su color es negro o demasiado oscuro, podría indicar que están alteradas o son sépticas y con mayor razón si desprenden olores sépticos. Esto afecta a la difusión de la radiación en el medio (y por tanto a la fotosíntesis) a la vez que provoca una mayor absorción de energía solar, por lo que la temperatura puede aumentar ligeramente respecto a la esperable (Universidad de Sevilla, 2010).

Turbidez: La turbidez es debida a la existencia en el agua de materia en suspensión de pequeño tamaño: limos, arcillas, etc.; y cuanto mayor es, mayor es la contaminación del agua (Universidad de Sevilla, 2010).

2.3.1.4 Características químicas

Dentro de éstas se pueden considerar las siguientes:

2.3.1.4.1 Materia Orgánica: La materia orgánica es el factor característico de las aguas residuales domésticas debido a las proteínas, hidratos de carbono, aceites y grasas procedentes de los residuos industriales vertidos. Su

característica principal y más importante es la reducción del contenido en oxígeno disuelto, lo que provoca:

Desaparición de especies exigentes en oxígeno disuelto.

Evolución de condiciones aeróbicas a anaerobias. Esto además afecta a la composición química del agua además de la biológica, pues según el tipo de poblaciones de seres vivos se encuentren en el agua, las reacciones biológicas darán productos diferentes. Por ejemplo el carbono en condiciones aeróbicas produce CO_2 y en condiciones anaerobias produce CH_4 (Universidad de Sevilla, 2010).

La forma habitual de evaluar el grado de contaminación por materia orgánica es a través de la medición del oxígeno necesario para conseguir la oxidación de la materia orgánica, bien por “vía biológica” (DBO) o por “vía química” (DQO), o mediante la medición del dióxido de carbono producido en la incineración y pirolisis de la materia orgánica (COT).

2.3.1.4.2 pH: Mide la concentración de iones hidrógeno en el agua, teniendo valores que van desde 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino), siendo $\text{pH} = 7$ el valor neutro. Si es bajo, indica la acidificación del medio, por el contrario, un pH elevado indica una baja concentración de estos iones, y por tanto, una alcalinización del medio.

El pH es un factor clave en el crecimiento de los microorganismos, siendo un estrecho rango el ideal para el crecimiento de éstos. El agua con una concentración adversa de ion de hidrógeno es difícil de tratar por medios

biológicos y si la concentración no se altera antes de la evacuación, el efluente puede modificar la concentración de las aguas naturales.

2.3.1.4.3 Alcalinidad: La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio.

La alcalinidad es útil en el agua natural y en las aguas residuales porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios en el pH. Normalmente, el agua residual es bastante alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea y los materiales añadidos en los usos domésticos. La alcalinidad presente se expresa en términos de carbonato de calcio, CaCO_3 (Quezada, 2011).

2.3.1.4.4 Cloruro: Responsable por el sabor salobre en el agua; es un indicador de posible contaminación del agua residual debido al contenido de cloruro de la lejía empleada en el proceso de lavado de los vegetales. El sabor se hace presente con 250-500 (mg/lit). Una concentración de hasta 1500(mg/lit) es poco probable que sea dañina para consumidores en buen estado de salud (Quezada, 2011).

2.3.1.4.5 Compuestos Tóxicos: Es frecuente que en las aguas residuales industriales aparezcan pequeñas cantidades de tóxicos, tanto orgánicos como inorgánicos, y que provienen de su uso como tales en la producción diaria (desinfectantes y biosidas en general) o por formar parte de sustancias vertidas

o puestas en contacto con el agua, como suele ocurrir con ciertos metales y tóxicos inorgánicos. Estos metales y compuestos inorgánicos, son necesarios para el desarrollo de la vida, pero a partir de ciertas concentraciones pueden inhibirla. (Lacrampe, 2009)

2.3.1.4.6 Nitrógeno Total: Es un elemento importante, ya que las reacciones biológicas solo pueden realizarse en presencia de suficiente nitrógeno. El contenido total en nitrógeno está compuesto por:

Nitrógeno Orgánico: en forma de proteínas, aminoácidos y urea.

Nitrógeno Amoniacal: como sales de amoniaco o como amoniaco libre.

Nitrógeno de Nitritos: una etapa intermedia de oxidación que normalmente se presenta en grandes cantidades.

Nitrógeno de Nitratos: producto final de la oxidación de nitrógeno.

Las concentraciones relativas de las diferentes formas del nitrógeno dan una indicación útil de la naturaleza y del tipo de contaminación. Es decir, si el agua contiene nitrógeno orgánico y amoniacal altos, con poco nitrógeno de Nitritos y Nitratos, se considera insegura debido a su reciente contaminación. Por otro lado sino contiene nitrógeno orgánico y algo de nitrógeno de nitrato, se considera insegura ya que la nitrificación ya ocurrió y su contaminación no podría ser reciente. (Quezada, 2011)

2.3.1.4.7 Fósforo Total: El fósforo es esencial en el crecimiento de organismos y puede ser el nutriente que limita la productividad primaria en un cuerpo de agua. Las descargas de aguas residuales (domésticas e industriales)

o drenajes agrícolas ricos en fósforo pueden estimular el crecimiento de micro y macro organismos fotosintéticos (principalmente algas) en cantidades excesivas, proceso denominado Eutrofización. Dadas las razones anteriormente expuestas, existe actualmente mucho interés en controlar la cantidad de los compuestos de fósforo que entran a las aguas superficiales a través de los vertidos de aguas residuales domésticas, industriales y de las escorrentías naturales. (Quezada, 2011)

2.3.1.4.8 Oxígeno Disuelto: El oxígeno es poco soluble en el agua y es un elemento muy importante en el control de la calidad del agua. Para mantener las formas superiores de vida su presencia es esencial.

La concentración de oxígeno en cursos de aguas que presentan baja concentración suele variar entre 7 a 10 mg/lit, concentraciones inferiores a 2 mg/lit puede tener serios efectos en la vida acuática superior (Quezada, 2011).

2.3.1.4.9 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): La cantidad de oxígeno utilizada durante la descomposición de la materia orgánica es lo que se conoce como "***Demanda Bioquímica de Oxígeno***" (DBO). La DBO nos permite determinar la fracción biodegradable de la materia orgánica presente en una muestra y además nos sirve como indicador de la comida disponible para el sistema biológico (materia orgánica).

Esencialmente, la oxidación biológica completa de la materia orgánica, lleva aproximadamente 20 días. Sin embargo, la experiencia muestra que el análisis de la DBO realizada por 5 días de incubación (DBO5) es suficiente. Este

ensayo se realiza por un periodo de 5 días a una temperatura de 20 °C (Metcalf & Eddy , 2008)

La oxidación se realiza en dos etapas: en la primera etapa se oxidan los compuestos carbonáceos y en la segunda, los compuestos nitrogenados. En los análisis rutinarios, la DBO se considera sólo la primera etapa, ya que experimentalmente en 5 días la DBO ejercida es 70% a 80% de la demanda total.

La DBO se calcula de la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y final.

La DBO₅ suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas servidas domésticas e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. (Metcalf & Eddy , 2008)

Demanda Química de Oxígeno (DQO): La DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de Dicromato de Potasio, en una solución de Ácido Sulfúrico y convertirla en dióxido de carbono y agua, en consecuencia la DQO representaría la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar químicamente una muestra.

Las principales limitaciones de la DQO son: no revelar si la materia orgánica es o no biodegradable, no dar una idea del porcentaje de materia biológicamente activa que sería estabilizada en un flujo.

Las principales ventajas de la DQO son: el corto tiempo requerido para realizar el análisis (sólo 3 horas), y que ayuda localizar condiciones tóxicas y materias no biodegradables.

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅, puesto que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. Es común utilizar como indicador de estabilidad la razón DQO/DBO; en aguas residuales domésticas esta razón se encuentra entre 1,8 – 2,2 y en efluentes muy estabilizados la relación puede llegar hasta valores cercanos a 10.

2.3.1.5 Características biológicas

El análisis bacteriológico de los abastecimientos de agua es el parámetro más sensible. Casi todos los desechos orgánicos contienen grandes cantidades de microorganismos: el agua servida contiene más de 10⁶ col/mL, pero los números reales presentes regularmente no se determinan. Después del tratamiento convencional del agua servida, el efluente todavía contiene una gran cantidad de microorganismos, al igual que muchas de las aguas superficiales naturales. Los tipos y números de los diferentes grupos de microorganismos están relacionados con la calidad del agua y otros factores ambientales.

Una característica de la mayoría de las aguas residuales es que contienen una amplia variedad de microorganismos que forman sistema ecológico balanceado.

Estos organismos microscópicos vivos pertenecen a dos tipos generales: bacterias y otros organismos vivos más complejos.

Bacterias: Éstas componen la mayor parte de los microorganismos presentes en las aguas residuales. Las bacterias para su desarrollo necesitan alimento como todos los organismos, éstas cuando se encuentran en las aguas residuales obtienen dicho alimento de las distintas sustancias presentes en el agua dando origen a compuestos más estables.

Dentro de las bacterias que se encuentran en las aguas residuales industriales del proceso de alimentos destacan unas bacterias filamentosas llamadas *Alpha proteobacterias*. Se ha determinado como dominantes 17 morfo tipos distintos (Levantes Jet, 2009).

2.3.2. Tratamiento de aguas residuales

El objetivo de los diferentes tipos y niveles de tratamiento es en general, reducir la carga de contaminantes del vertido (o agua residual) y convertirlo en inocuo para el medio ambiente y la salud humana.

A continuación se realiza una introducción general a los mecanismos de depuración, que intervienen en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Para comenzar podemos decir que los mecanismos de depuración se clasifican en tres categorías:

Mecanismos físicos

Mecanismos químicos

Mecanismos biológicos

Entre los mecanismos o proceso físicos podemos mencionar:

Desengrasado, decantación, sedimentación, adsorción y filtración mecánica.

Entre los mecanismos químicos podemos mencionar: floculación y coagulación,

oxidación y reducción, intercambio iónico, neutralización y precipitación química.

Entre los mecanismos biológicos se hace mención a sistemas de tratamiento en que la diferencia sustancial, para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, consiste en el medio de cultivo empleado, por ejemplo, sistemas de Lodos Activados utilizan cultivo biológico en suspensión, en tanto que los Biofiltros, cultivo biológico adherido.

Como se puede ver existen muchos factores o procesos que pueden intervenir en un sistema de tratamiento de aguas, quedando determinada la elección del proceso por las características del afluente a tratar y/o del efluente a conseguir. Sin embargo, un mismo sistema de tratamiento de aguas puede estar compuesto por varios procesos, ya sea físico, químico o biológico, teniendo lugar en reactores separados o en uno que los conjugue.

2.3.2.1 Mecanismo de remoción asociado a la tecnología Seleccionada.

Esta tecnología de tratamiento no convencional (Sistema Tohá o Sistema Toha), es principalmente de carácter Biológico. Para comprender de mejor manera el proceso de depuración asociado a esta tecnología, a continuación se revisa a grandes rasgos, antecedentes generales del tratamiento Biológico.

Cabe destacar que como objetivo principal de esta tecnología de tratamiento, está el remover la contaminación por materia orgánica carbonosa del agua servida. Sin embargo, también es importante conocer la aplicabilidad que tiene la remoción de nutrientes, razón por la cual se incluyen algunos conceptos

asociados a la remoción biológica de nutrientes.

2.3.2.2 El tratamiento biológico

Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual industrial, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y, en muchos casos, la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Metcalf & Eddy , 2008).

La depuración biológica se fundamenta gracias a la acción depuradora que ejercen los microorganismos sobre las aguas servidas, desde donde éstos obtienen materias orgánicas y nutrientes para sus procesos metabólicos. Puede considerarse de esta manera que un sistema de tratamiento biológico trata de proporcionar las condiciones favorable que provoquen el máximo desarrollo bacteriano posible.

Los principales microorganismos responsables del tratamiento biológico de las aguas residuales son: bacterias, protozoos y rotíferos, hongos y algas. Sin embargo dentro de estos microorganismos, juega un importante papel la acción de las bacterias, encargadas de la descomposición de la materia orgánica del efluente.

Bacterias: Son los microorganismos más importantes en el tratamiento biológico, producen la descomposición de la materia orgánica y son los elementos esenciales que garantizan la presencia de la vida, manteniendo los

ciclos esenciales del nitrógeno y carbono, procesos conocidos como metabolismo bacteriano. Las condiciones ambientales como: pH y temperatura, juegan un papel importante en la supervivencia y crecimiento de las bacterias. Si bien las bacterias pueden sobrevivir en un intervalo bastante amplio de valores de temperatura y pH, el crecimiento óptimo suele ocurrir en un intervalo muy restringido de valores de estos dos parámetros. En el caso del pH, la mayoría de las bacterias no toleran niveles por debajo de 4,0 ni superiores a 9,5. En general, el pH óptimo para el crecimiento bacteriano se sitúa entre 6,5 y 7,5.

Según el comportamiento frente al oxígeno libre, las podemos clasificar como:

Aeróbica: requieren de oxígeno libre.

Obligadas

Facultativas

Anaeróbicas: no requieren presencia de oxígeno libre.

Estrictas

Facultativas

Protozoos y rotíferos: Los protozoos en su mayoría son heterótrofos aerobios, aunque algunos son anaerobios. Los protozoos suelen ser mayores que las bacterias, y suelen alimentarse de ellas para la obtención de energía. De hecho, al consumir las bacterias y materia orgánica, los protozoos actúan como depuradores de los efluentes de procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas. Los rotíferos es un animal aerobio, heterótrofo. Al igual como los protozoos actúan como depuradores de los efluentes; son muy eficaces en la eliminación de bacterias dispersas y floculadas, así como pequeñas

partículas de materia orgánica. Los rotíferos, son indicadores de un sistema biológico particularmente estable. (Quezada, 2011)

Hongos: Los hongos son protistas heterótrofos, no fotosintéticas y en su mayoría son aerobios estrictos. Algunos hongos pueden participar en la formación de los flóculos en ciertas condiciones: Contaminación rica en glúcidos, pH bajo y deficiencias de nitrógeno y fósforo. La capacidad de los hongos para sobrevivir en condiciones de pH bajos y escasa disponibilidad de nitrógeno los convierte en organismos de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales de origen industrial y en la formación de compuestos a partir de residuos sólidos orgánicos.

Algas: Las algas son autótrofas y fotosintéticas. Su importancia en los procesos de tratamiento biológico radica en dos hechos: en las lagunas de estabilización, la capacidad de las algas para generar oxígeno por fotosíntesis es vital para la ecología del medio ambiente acuático y la presencia de las algas es necesaria para suministrar el oxígeno, requerido por las bacterias para su respiración aerobia.

2.3.2.3 Remoción de la materia orgánica.

Las bacterias se encargan de degradar la materia orgánica, a través de su acción enzimática, desde donde obtienen energía y nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. Estos procesos pueden desarrollarse tanto vía aerobia, anaerobia o facultativa, utilizando sistema de cultivo fijo o en suspensión.

Así pues, el metabolismo de las células bacterianas se efectúa mediante reacciones químicas de *oxidación* y de *síntesis*, las cuales son producto del resultado de distintos procesos de la célula, que se desarrollan a través de numerosas reacciones catalizadas por enzimas que oxidan una fracción de la materia orgánica dando lugar a productos finales y liberando la energía necesaria para la síntesis de nuevo tejido celular, es decir nuevas células bacterianas.

En ausencia de materia orgánica, el tejido celular será utilizado endógenamente, produciéndose productos gaseosos finales y materia residual. En la mayoría de los sistemas de tratamiento biológicos estos tres procesos (oxidación, síntesis y respiración endógena) tienen lugar simultáneamente (Metcalf& Eddy, 2008).

2.3.2.4 Remoción biológica de nutrientes.

Al igual que la remoción de materia orgánica carbonacea, la remoción de nutrientes (N y P) también es posible mediante un sistema de tratamiento de tipo biológico, requiriéndose para este efecto condiciones específicas de operación, dado que en general el proceso es sensible ante los factores medioambientales.

Remoción de nitrógeno:

El nitrógeno en el agua residual puede existir de cuatro formas: nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal y como nitrógeno en forma de nitritos y nitratos. El nitrógeno orgánico y amoniacal son las formas predominantes de un agua

residual no tratada. Los problemas asociados con las descargas de nitrógeno al medio ambiente se relacionan con la demanda de oxígeno que el nitrógeno amoniacal pueda ejercer y, siendo el nitrógeno un nutriente, el peligro de **eutroficación** que pueda ocasionar en lagos y lagunas principalmente.

Los dos principales mecanismos para la remoción de nitrógeno son la asimilación bacteriana y el proceso de nitrificación – desnitrificación. Dado que el nitrógeno es un nutriente, los microbios presentes en el proceso de tratamiento, asimilarán nitrógeno amoniacal incorporándolo a su masa celular. Producto de la muerte y respiración endógena de las bacterias una fracción de este nitrógeno amoniacal retornará al agua residual (Metcalf& Eddy, 2008).

El proceso de nitrificación – desnitrificación consta de dos etapas, en la primera etapa (nitrificación) el amoníaco es oxidado convirtiéndose en nitrito (NO_2) y posteriormente en nitrato (NO_3), sin embargo esto no implica una remoción de nitrógeno sino una transformación de un estado a otro. En la segunda etapa (desnitrificación) el nitrato es reducido a nitrógeno gaseoso (N_2) estado en el cual es removido.

Remoción biológica de fósforo:

El fósforo se encuentra en las aguas residuales en forma de ortofosfato (PO_4^{3-}), polifosfato (P_2O_7) y fósforo orgánico. Siendo los dos últimos componentes cerca del 70% del fósforo proveniente de un agua residual industrial.

Los microbios utilizan fósforo en la síntesis celular y transporte de energía.

Como consecuencia de ello, entre el 10 y 30 % del fósforo presente es removido en un tratamiento biológico secundario. Para conseguir bajos niveles de concentración en el efluente, se requiere que los microorganismos consuman más fósforo del requerido para sus procesos celulares normales y síntesis, lo que puede ser logrado bajo ciertas condiciones aerobias. De igual manera, si se está en presencia de condiciones anóxicas el fósforo puede ser liberado de las células. En consecuencia, la remoción biológica del fósforo puede ser producida bajo una secuencia de condiciones ambientales favorables dentro del reactor de tratamiento.

La bacteria ***Acinetobacter*** es uno de los principales organismos responsables de la remoción biológica del fósforo.

En resumen para la remoción de fósforo se requiere la exposición de los microorganismos a zonas anaerobias seguida de una zona aeróbica, dentro del mismo reactor o en reactores separados, más condiciones ambientales favorables.

2.3.3. Desinfección.

La desinfección es un proceso de destrucción o inactivación de los microorganismos patógenos que pueda haber en el agua que ha sido sometida a los tratamientos primarios o secundarios.

Los efectos de inactivación dependen del tipo de microorganismos, de la dosis y del tipo de desinfectante empleado y el tiempo de contacto.

Los desinfectantes de uso común en el tratamiento de las aguas pueden clasificarse en:

Desinfectantes químicos: se emplea cloro en varias formas (cloro gas, hipoclorito, dióxido de cloro), ozono, ácido paracético, etc.

Desinfectantes físicos: dentro de este grupo se encuentran solo los rayos ultravioletas (UV).

Los sistemas de desinfección más utilizados en las aguas servidas pueden concretarse en cloración, ozonización y radiación ultravioleta, los cuales se detallan a continuación.

2.3.3.1 Cloración.

El cloro, es el desinfectante más usado para el tratamiento del agua residual industrial porque destruye los organismos al ser inactivados mediante la oxidación del material celular. El cloro puede ser suministrado en muchas formas que incluyen el gas de cloro y las soluciones de hipoclorito (hipoclorito de sodio o de calcio), la reacción química por la que se obtiene la purificación y saneamiento es la misma.

Cuando se agrega cloro al agua la acción desinfectante y sanitaria que resulta es efectuada mediante un agente químico intermedio, el “Ácido Hipocloroso”. El cloro y el agua reaccionan para formar el ácido hipocloroso(EPA, 2010).

El ácido hipocloroso es el que realmente mata a los microorganismos presentes en el agua. Esto se debe a que el ácido hipocloroso tiene la capacidad de difundirse a través de las paredes de las células y de llegar así a las partes vitales de la célula bacteriana. Además, tiene efectos residuales por lo que

actúa sobre el contaminante en tratamiento posterior.

El cloro residual es el término que se aplica al cloro disponible que permanece después que la demanda de cloro (cantidad de cloro requerida para destruir las bacterias y la materia orgánica) ha sido satisfecha. La presencia de cloro residual disponible en una fuente de agua es seguro contra nuevas contaminaciones.

La ventaja del sistema de desinfección por cloración es su bajo costo respecto de la desinfección con ozono y la radiación UV (excepto cuando la descloración es requerida, para evitar efectos tóxicos en el medio receptor, operación que en muchos casos anula la ventaja económica de la cloración respecto a la radiación UV.

Otra ventaja es, el cloro residual que permanece en el efluente de agua servida puede prolongar el efecto de desinfección aún después del tratamiento inicial.

El cloro tiene el problema de oxidar ciertos tipos de materiales orgánicos del agua residual generando compuestos más peligrosos tales como los metanos trihalogenados, así como la formación de compuestos cancerígenos (Arango, 2008). Cabe destacar también que el cloro residual, aún en bajas concentraciones, es tóxico a los organismos acuáticos y por ello puede requerirse la descloración. Se desconocen los efectos a largo plazo de la descarga de compuestos de la descloración al medio ambiente.

El grado de desinfección requerido de cualquier sistema de desinfección por

cloración puede ser obtenido mediante la variación de la dosis y el tiempo de contacto. La dosis de cloro varía con base en la demanda de cloro, las características del agua residual y los requisitos de descarga del efluente.

2.3.3.2. Ozono.

La desinfección por ozono es el resultado de la desintegración de la pared celular del microbio debido a la oxidación. Es un gas de olor característico, de color azul, muy inestable, detectable y fácilmente reconocible por su olor picante con concentraciones entre 0,08 y 0,1 mg/L.

La aplicación del ozono en el tratamiento de aguas residual es muy variado, se usa en (Arango, 2008):

Desinfección bacteriana.

Inactivación viral.

Reducción de metales pesados.

Nitrificación.

Eliminación de color, sabor y olor.

Eliminación de turbiedad.

Eliminación de algas.

Oxidación de compuestos orgánicos

Oxidación de compuestos inorgánicos (cianuros, sulfuros y nitritos).

El ozono tiene la ventaja que es un desinfectante rápido y activo contra bacterias y virus, porque destruye la proteína celular principalmente por inactivación de los sistemas enzimáticos críticos, enzimas esenciales para la

vida microbiológica.

Su desventaja es que los efectos no permanecen después del tratamiento, por lo tanto no tiene efecto residual como el cloro. El ozono es un gas de más complicado manejo que el cloro ya que es inestable (por ello debe producirse en el propio lugar de utilización) y además es más caro.

2.3.3.3. Radiación ultravioleta.

Es una alternativa de desinfección al uso del cloro y ozono en muchas aplicaciones de agua potable y aguas residuales.

La radiación ultravioleta (UV) actúa de forma que penetra a través de la pared celular de un microorganismo vivo, modificando la estructura del ADN (ácido desoxirribonucleico) y evitando con ello su reproducción. Una célula que no se puede reproducir se considera muerta (Aguamarket, 2012).

Los microorganismos son inactivados por la luz ultravioleta como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos afectados por una longitud de onda, con valores entre 250 a 260 nm.

La reducción de los componentes orgánicos depende de los siguientes parámetros:

Intensidad de la luz UV en el equipo, que es una función de las lámparas (watts).

Tiempo de paso (o retención) del fluido en el equipo esterilizador, lo que

depende exclusivamente de variables de diseño del mismo.

Resistencia relativa a los microorganismos a destruir, ya que no todos son igualmente resistentes.

Transparencia del fluido a esterilizar, ya que la presencia de partículas en el agua puede ocultar los microorganismos de la luz germicida a la vez que la dispersan, por lo que en estos casos se recomienda el uso de filtros orientados a la remoción de la materia sólida en suspensión.

El funcionamiento de este sistema, es conducir el flujo a través de una cámara de irradiación, en cuyo interior se ubica, aislada por un tubo de cuarzo, una lámpara generadora de luz UV.

Esta lámpara es un tubo largo de cuarzo, sellado en sus extremos en cuyo interior hay gas de mercurio a baja presión.

Los equipos que se utilizan para producir la radiación ultravioleta, deben ser manejados con bastante precaución, de manera de evitar que los operadores de los dispositivos sufran algún tipo de exposición prolongada.

Los tubos de cuarzo pueden ser removidos en cosa de minutos y sólo es necesario cambiarlos cada 5 años de uso continuo. Sin embargo, es muy importante que se mantengan limpios, lo que depende fundamentalmente del medio en que opera el equipo, asegurando así, una máxima irradiación, y con ello una óptima desinfección (Biolight Tecnologías, 2012).

La ventaja de utilizar éste método de desinfección, es por su rapidez, confiabilidad y eficiencia para la eliminación de microorganismos patógenos, sin agregar al agua productos químicos que puedan generar compuestos tóxicos, como es el caso del cloro. Por otra parte, el uso de energía ultravioleta no requiere de grandes estanques para el almacenamiento del agua, puesto que no necesita los tiempos de retención que requieren para actuar los agentes activos de otro sistemas como Cloro, Ozono, etc., así como tampoco produce cambios físicos o químicos en el fluido, y por lo tanto, en el medio ambiente .
(Biolight Tecnologías, 2012)

2.3.4 La lombricultura

2.3.4.1 Definición

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.

Ya en el antiguo Egipto se consideraba a la lombriz como un animal valioso. Se considera que la fertilidad del Valle del Nilo, se debe en parte, a la actividad desarrollada por las lombrices, que reciclan los nutrientes y los dejan disponibles para los cultivos anuales. El gran filósofo griego Aristóteles las definió certeramente como "los intestinos de la tierra", porque excava en el terreno galerías, volviéndolo poroso y facilitando la oxigenación y permeabilidad al agua.

Los primeros estudios profundos sobre el tema y las primeras nociones sobre el hábitat y el sistema de reproducción de las lombrices, datan de 1837. Estos estudios e investigaciones fueron dirigidos por el biólogo Charles Darwin.

A partir de la década del 50, los primeros criaderos intensivos fueron desarrollados en el estado de California, EE.UU.

Desde entonces no se han dejado de efectuar estudios e investigaciones que han tenido como resultado la obtención de varios tipos de lombrices cada vez más selectas. Actualmente los tipos más utilizados en la lombricultura son tres de ocho mil especies existentes:

Eisenia Foetida

Lombricus Rubellus

Rojo Híbrido

En nuestro país, la lombricultura se ha fundamentado básicamente en el aprovechamiento de estiércoles animales y desechos agrícolas en general. La especie utilizada en Perú corresponde a la *Eisenia Foetida*, que al igual que todas las lombrices de tierra pertenece al phylum (o tronco) de los Anélidos, de la clase de los Oligoquetos (INIA, 2012).

2.3.4.2. Características Físicas De La Eisenia Foetida

Este animal 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. Son invertebrados que se mueven por contracción de sus anillos y músculos.

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 excretores, 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. Unas células especiales colocadas a lo largo de su cuerpo le avisan de la presencia de la luz, que es su terrible enemiga. Los rayos ultravioletas le matan en pocos segundos, por esta razón expuesta a los rayos solares por unos minutos muere (INIA, 2012).

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. Cuando ésta llega al estómago, unas 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 expulsado por el ano, que se encuentra en la parte terminal.

En cada metámero se ubica un corazón y un par de riñones, razón por la cual,

si se parte una lombriz en dos, una de las dos partes sobrevive, precisamente la parte anterior, la que tiene boca.

La lombriz también está dotada, entre otros, de sistema circulatorio, nervioso y muscular. El sistema muscular está muy desarrollado, tanto en sentido longitudinal como en sentido perimetral (circular), permitiéndole efectuar cualquier tipo de movimiento.

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. El clitelo se sitúa en la parte anterior del cuerpo, aproximadamente a la altura de su primer tercio, si se considera la longitud total de la lombriz. El clitelo está encargado de segregar un líquido especial a través de glándula, para proteger los huevos, por lo tanto es importantísimo en la etapa de reproducción.

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. El aparato genital masculino está integrado por los testículos que son glándulas secretoras de esperma. El aparato genital femenino recibe el esperma y lo retiene hasta el momento de la fecundación.

Dos lombrices en fase de acoplamiento giran en sentido opuesto la una de la otra, de esta manera entra en contacto el aparato genital masculino de una con el aparato genital femenino de la otra.

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. Si bien es cierto este tipo de lombriz se alimenta de desechos orgánicos, no es el único agente que tiene tal misión. 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.

2.3.4.3 Principales cualidades del anélido Eisenia Foetida

No todas las especies de lombrices son aptas para la cría, la mayoría requiere condiciones muy precisas y difíciles de lograr. Sin embargo ésta especie no sólo es la que mejor se adapta al cautiverio, sino que posee características que la hacen muy útil. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 15 a 16 años y no contrae ni transmite enfermedades (Pastorelly, 2009).

La lombriz Eisenia Foetida es una especie Eurífoga, es decir, se alimenta con los más diversos desechos, especialmente, los de tipo orgánico, caracterizándose por su gran voracidad. En periodos cuando disminuye el aporte de nutrientes orgánicos, las lombrices pueden sobrevivir mejor en

presencia de residuos carbónicos, independientemente de nutrientes orgánicos tales como nitrógeno, fósforo y potasio. Esto demuestra la importancia de la celulosa en la dieta de la Eisenia Foetida.

Esta lombriz ingiere una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformándolo en humus, siendo el 40% restante en síntesis celular, respiración y otros procesos vitales (INIA, 2012).

Es una especie que tiene gran tolerancia a la aglomeración, pudiendo cohabitar entre 4.000 a 50.000 individuos por metro cuadrado (INIA, 2012).

Es una especie muy prolífica, tiene una tasa de reproducción anual de 1:16, significando que cada 3 meses duplica su población (Pastorelly, 2009). Esta alta tasa de reproducción depende de un adecuado manejo, de una alta densidad poblacional en criadero que favorezca el factor encuentro entre animales y su copulación y de las condiciones ambientales que se les otorgue en sus lechos productivos.

La actuación de la Eisenia Foetida, durante 24 horas tiene una zona o franja operativa de 25 cm. la que es notablemente inferior a la de la lombriz común, que va de 2 a 6 mt. Esto permite domesticar con facilidad y cultivar humus sin riesgo de evaporación y dilución de deyecciones.

2.3.4.3 Condiciones ideales y desfavorables de su hábitat.

Las condiciones ideales del hábitat de la lombriz corresponden a una

temperatura que oscile entre los 15° y 24° C, siendo óptima aquella que se acerque lo más posible a la de su propio cuerpo (aproximadamente 20° C); un pH neutro entre 6.5 y 7.5; oxígeno libre; materia orgánica; baja luminosidad ya que teme a la luz (pues los rayos ultravioleta las matan) y humedad disponible. Esta última es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción, una humedad superior al 85% hace que las lombrices entren en un periodo de latencia, afectando en la producción de humus y en la reproducción de éstas. Las condiciones más favorables para la lombriz produzca y se reproduzca se presentan a una humedad entre el 70% - 80%. Debajo de 70% de humedad es una condición desfavorable, por otro lado niveles de humedad inferiores al 55% son mortales para las lombrices.

La prueba para medir el porcentaje de humedad en el sustrato se conoce como prueba de puño, la cual consiste en tomar una cantidad de sustrato con el puño de una mano, posteriormente se le aplica una fuerza, lo normal de un brazo, y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80% aproximadamente

En cualquier caso es mejor utilizar un medidor de humedad.

Sin perjuicio de lo anterior, si las condiciones ambientales no son las mejores las lombrices tienen la capacidad de acomodarse para optimizar el aprovechamiento del medio.

De todas formas, y a pesar de su resistencia ante condiciones adversas, debe tenerse cierto cuidado con aquellos factores que puedan afectar su funcionamiento.

En este sentido debe indicarse que la Eisenia Foetida teme tanto al frío excesivo (0°C) como al calor elevado (más de 42° C), ante los cuales disminuye su actividad sexual y producción de humus. De esta manera, la temperatura es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción de Humus o vermicompost y fecundidad de las cápsulas. Si la temperatura desciende por debajo de 15° C las lombrices entran en un periodo de latencia, disminuyendo su actividad. Dejan de reproducirse, crecer y producir humus; además que alarga el ciclo evolutivo, puesto que los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan las condiciones del medio favorables.

La lombriz acepta sustratos con pH de 4.5 a 8.5. Fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Con un pH ácido en el sustrato (< 7) se desarrolla una plaga llamada Planaria (Pastorelly, 2009).

El exceso de humedad puede ser otro problema para la lombriz. Si el lecho se encuentra demasiado mojado, fallará la oxigenación indispensable para poder garantizar la supervivencia de las lombrices. Peor aún si existen zonas donde el agua pueda quedar estancada, pues el agua queda retenida debajo de los lechos, matando a las lombrices.

Otro aspecto importante a la hora de proteger el buen funcionamiento de las lombrices, se refiere a que éstas no tienen ningún órgano de defensa, por lo que cualquier animal puede dañarla o matarla y no siempre involuntariamente.

Hay una serie de seres que la buscan afanosamente, la cazan y se la comen. Entre estos destacan las ratas y los ratones, las serpientes, los sapos, los topos y los pájaros, siendo estos últimos los más peligrosos debido a la facilidad con que pueden entrar en acción. Para evitar este problema sería aconsejable cubrir el lecho con sombrajos o redes antigranizo, protegiendo a las lombrices de los pájaros.

2.3.4.4 El Humus

El humus corresponde a las deyecciones de las lombrices, que tal como se mencionó, equivalen al 60% de la cantidad de alimento consumido por la lombriz.

Estas deyecciones son abono orgánico con una riqueza en flora bacteriana de prácticamente el 100% (2×10^{12} colonias/gr.) con 2 billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de humus producido.

Tiene un aspecto similar a la tierra, suave, granulado e inodoro, tiene altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micro elementos en cantidades al menos cinco veces superiores a las de un buen terreno fértil.

Como abono orgánico tiene un alto valor nutritivo, pero lo más importante es la alta disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Posee un pH neutro, lo cual se atribuye a la segregación de iones de calcio por las glándulas calcíferas de las lombrices y su uso en forma excesiva no daña ni quema las plantas como es el caso de los fertilizantes químicos.

2.3.5 Características del Sistema Toha.

Se puede decir que el Sistema Toha, 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. La que encuentra su aplicación en generación de: humus de lombriz, alimentos para mascotas y/o animales, avicultura, piscicultura y carnada para peces.

A diferencia de los sistemas tradicionales de lombricultura, en el Sistema Toha, 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 Sistema Toha está compuesto, fundamentalmente, por 3 capas y lombrices del tipo *Eisenia Foetida*. Esto es, una base filtrante de piedras, 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 (Quezada, 2008).

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, que cada cierto tiempo puede extraerse y ser utilizado como abono orgánico para el suelo.

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.

El tratamiento biológico que se realiza en el Sistema Toha tiene el carácter de tratamiento de tipo aeróbico, dado que la acción de la *Eisenia Foetida* ayuda a mantener la permeabilidad del lecho impidiendo la colmatación de éste, debido a que las lombrices consumen el material orgánico retenido en el filtro integrándolo al suelo en forma de humus, cuya estructura granular de éste (humus) al ir produciendo se aumenta en forma progresiva la porosidad del medio filtrante y facilitando la oxigenación, producto de las constantes excavaciones que realiza en el terreno, en forma de túneles y canales, a través

de los movimientos migratorios de ésta (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009).

Otra característica importante es el alto índice de absorción del Sistema Toha, 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; adicionalmente, durante los periodos en que el sistema puede estar en descanso (por ejemplo en conjuntos residenciales de ocupación estacional) la capacidad del mismo se mantiene vigente ya que las lombrices cuentan con la reserva alimenticia del aserrín constituyente del filtro. Esto explica la capacidad del sistema de ser puesto en marcha en forma rápida y con los grados de eficiencia.

Se caracteriza además por sus bajos costos operacionales, al tener bajos requerimientos energéticos, ya que básicamente requiere energía eléctrica para activar las bombas de la planta elevadora y los equipos de desinfección (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009).

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.

No obstante, por el hecho de ser un tratamiento biológico debe destacarse que su principal desventaja, común en la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, es su sensibilidad a variaciones bruscas de carga orgánica y parámetros químicos de agua residual. Las variaciones bruscas de carga orgánica no constituyen un peligro al sistema a excepción de las variaciones bruscas de parámetros químicos o la descarga clandestina de sustancias tóxicas, que debe ser evitado con adecuadas normas en los sectores industriales (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009).

2.3.5.1 Parámetros de diseño.

El diseño del Sistema Toha se basa en la realización de un balance de masas que considera: el número de lombrices que puede cohabitar por unidad de área, cantidad de materia orgánica que éstas son capaces de digerir y la tasa máxima de riego que puede soportar el lecho para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a 1 m³/m²/día (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009).

De esta manera se considera para el diseño:

Conocido el caudal de diseño, y asumiendo una tasa de riego se puede determinar el área requerida para el tratamiento.

$$TRiego \leq 1m^3/m^2/dia$$

2.3.5.2 Eficiencia del Tratamiento.

Según información recopilada de sistemas del Sistema Toha o Sistema Tohá, muestran los siguientes niveles de remoción de contaminantes 31:

95% de la DBO

95% de Sólidos Totales.

93% de los Sólidos Suspendidos Volátiles.

80% Aceites y Grasas.

60% a 80% de Nitrógeno Total.

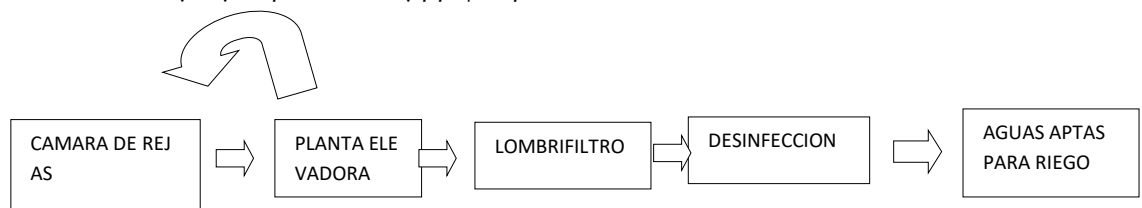
60% a 70% del Fósforo Total.

Coliformes fecales: 99%.

2.3.5.3 Descripción Del Sistema Toha.

El Sistema Toha, representado esquemáticamente en la figura, está compuesto fundamentalmente por:

Φιγυρα Νº 1: Εσθυεμα γενεραλ δελ λομβριφιλτρο



Fuente: (Elaboración propia).

Previo al Sistema Toha, se encuentra una cámara de rejillas o canastillo, que cumple la función de tamizar las aguas servidas y evitar la entrada de

materiales que no deben ser tratados en la planta, como plásticos, basuras, etc.

Entre la cámara de rejillas y el Sistema Toha se encuentra la planta elevadora, que tendrá por objetivos, elevar el caudal de agua servida afluente a los módulos del Sistema Toha para poder ser tratada y otro porcentaje de agua será devuelta a la cámara de rejillas, cuyo objetivo es disgregar los sólidos orgánicos que hayan sido retenidos en la cámara de rejillas o canastillo.

El afluente se retiene por un tiempo breve en la planta elevadora, para luego ser impulsada hacia el Sistema Toha. Para esto, en el fondo de esta piscina se encuentra la bomba sumergida la cual funciona con un sensor de nivel, el cual indica las partidas de la bomba, según la llegada del afluente.

Cabe mencionar, que para el caso de una residencia privada, la planta elevadora además de cumplir con la función de elevar las aguas servidas al Sistema Toha, ésta funcionará como una cámara de rejillas. Esto es, dentro de la planta elevadora, se ubicará un canastillo en el punto de llegada del afluente, donde va quedando retenido los sólidos. Al igual, como se mencionó anteriormente, la bomba elevará el caudal de agua servida afluente a los módulos de Sistema Toha y otro porcentaje de agua será devuelta al canastillo, cuyo objetivo es disgregar los sólidos orgánicos que no hayan sido retenidos en éste.

A continuación de la planta elevadora, el agua es llevada hasta el Sistema

Toha, construido de hormigón armado y albañilería reforzada, cuya profundidad mínima es de un metro, el ancho y largo dependerán del diseño (volumen de agua residual a tratar), en donde el agua residual escurre por gravedad a través de éste.

Esto es, el agua residual es regada a través de un sistema de aspersion o un dosificador de flujo, sobre un lecho compuesto por distintos estratos, conteniendo en su parte superior un alto número de lombrices. El afluente percola a través de los distintos estratos del filtro, quedando retenida la materia orgánica en las capas superiores del mismo, para luego ser consumida por las lombrices y la flora bacteriana asociada (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009).

La materia orgánica del agua es consumida por las lombrices, oxidándola a anhídrido carbónico y agua, pasando una parte menor de ella a constituir masa corporal de las lombrices y otra mayor en deyecciones de las mismas, lo que constituye el humus de lombriz (Quezada, 2008).

Los microorganismos presentes en el agua residual son reducidos en desórdenes de magnitudes debido a sustancias que son generadas por las lombrices y los demás microorganismos consumidores de materia orgánica que viven junto con las lombrices.

Desde que el agua es asperjada sobre el filtro y sale del sistema transcurren aproximadamente 40 minutos. Este lapso es corto para que no se generen olores: el agua servida no alcanza a perder oxígeno suficiente para su

descomposición. Luego, el efluente del Sistema Toha es derivado a una **cámara de desinfección**. La cual puede estar compuesta por una cámara ultravioleta o decoloración en donde se logra la eliminación de las bacterias patógenas. Lo que permitirá entregar un efluente que cumpla con la Norma Chilena N° 1.333 Calidad de agua para diferentes usos.

El estanque de acumulación es optativo, en el cual se instalará una pequeña bomba impulsora. La que tendrá como finalidad, de utilizar las aguas tratadas de mejor manera (para riego) (Quezada, 2011).

2.3.5.4 Descripción de las capas del Sistema Toha.

El Sistema Toha estará compuesto de un medio filtrante y un soporte.

El medio filtrante será una capa de humus de espesor teórico 2 cm de profundidad, en el cual habitan en mancomunidad microorganismos y lombrices de la especie *Eizenia Foetida*. El soporte estará constituido por tres capas, la primera de ellas de aserrín o viruta (debajo del humus), la segunda, ripio o grava y la tercera de bolones.

Figura N° 2: Χαπασ δελ λομβριφιλτρο



Fuente: (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009)

La primera capa de soporte y que también sirve de filtro, el aserrín o viruta, puede ser de ulmo o tepa (principalmente), cuyo espesor debe ser, por lo menos, de 25 cm. para lograr la franja operativa necesaria de la lombriz. Además, tiene como finalidad principal servir de alimento a las lombrices en el eventual caso que la carga contaminante del afluente no sea suficiente (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009).

La segunda capa estará constituida por ripio o grava y la tercera capa será de bolones con un espesor aproximado de 25 cm., las piedras de mayor tamaño van en la parte inferior y las de menor en la parte superior, esta capa está destinada al drenaje y aireación del sistema. En las piedras también se forma flora bacteriana que digiere la materia orgánica del agua que pasa por ella y que no fue retenida en las capas superiores del Sistema Toha.

Entre los estratos de aserrín y arena se dispone una malla tipo Raschell, que sirve como elemento de separación y retención para el estrato de aserrín y las lombrices (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009)

El piso del filtro, también denominado falso fondo, consiste en un radier con cierta pendiente (aproximadamente de un 1%) para que fluya el agua hacia la canaleta de evacuación, la cual también posee cierta pendiente (0.50%).

Sobre el radier, existen pastelones de cemento vibrado, apoyados en soportes que pueden ser de cualquier material resistente e inerte. Estos pastelones pueden ser de distinto tamaño, separados aproximadamente 2 cm. entre sí. Sobre éstos se posan las piedras más grandes del soporte, principalmente las

de diámetro mayor a 2 cm., para así no permitir que éstas pasen más abajo (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009). Este piso falso sostiene las capas del soporte y el lecho de filtrado y además crea una sola guía de agua.

En el perímetro interno del Sistema Toha se instalan tubos de PVC de 110mm de diámetro, cada 2 metros aproximadamente, los cuales van en forma vertical, apoyados en su parte inferior en el radier y su parte superior sobresale 20 cm. De lecho filtrante (humus). Estos tubos se perforan con orificios (10mm. de diámetro) los 20 cm. de su parte inferior y 8 cm. de la superior. Los tubos perforados permitirán airear el sector del falso fondo y la capa inferior del soporte.

2.3.5.5 Mantenimiento del Sistema Toha o sistema Tohá.

Para procurar el correcto funcionamiento del sistema del Sistema Toha, se requiere realizar las siguientes labores de mantenimiento (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2009): 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 horqueto 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 Sistema Toha, 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.

Entre las ventajas que se pueden distinguir del Sistema Toha están:

No produce lodos inestables.

El lecho filtrante no se impermeabiliza. Cuya característica se debe principalmente a la acción de las lombrices que, con su movimiento, crean túneles que aseguran en todo momento la alta permeabilidad del filtro. Los materiales sólidos orgánicos presentes en el agua residual, que colmatan o tapan otros filtros, en este caso son digeridos por las lombrices.

Diseño modular, esto es debido a su facilidad de ser dimensionado a cualquier escala mediante módulos.

El sistema es ecológico, ya que en el proceso no se usan aditivos químicos ni se producen residuos contaminantes (lodos), lo que redundará en muy poco

consumo de energía.

Eficiente, ya que alcanza un alto grado de purificación con una remoción de hasta un 95% de DBO y sólidos suspendidos. Requiere de poco espacio para instalarlo, por ejemplo para el tratamiento de aguas residuales de 5 a 10 personas, pueden ser tratadas en 1 m² de Sistema Toha.

La operación del sistema es simple y semejante a prácticas agrícolas, de fácil asimilación por planteros del sector rural o de pequeñas comunidades agrarias.

No genera olores.

Produce un excelente abono agrícola, cuyo uso incluso en forma excesiva no daña ni quema las plantas como es el caso de los fertilizantes químicos.

El agua se puede utilizar para riego, ya que cumple con la Norma Peruana Calidad de agua para diferentes usos.

Entre las desventajas que presenta el Sistema Toha son:

En climas extremadamente fríos puede afectar en la proliferación de las lombrices en el lecho.

Necesidad de horqueteo que complica su aplicación en grandes instalaciones.

Necesidad de incorporar viruta de madera cada 4 meses para no alterar las bondades de su tratamiento.

2.3.6. Legislación Vigente.

2.3.6.1 Marco Legal

El marco jurídico nacional cuenta con numerosas disposiciones o reglamentos de relevancia ambiental. En este sentido, la Constitución de la República otorga a las personas “el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación” e impone al Estado el deber de velar por la preservación de la naturaleza. Dentro

de este contexto jurídico, a través de sus atribuciones y deberes, el Estado ha implementado normativas referidas a la contaminación de las aguas. La finalidad de las normas es intervenir para evitar la contaminación, estas normas son ambientales creadas con el fin de establecer límites a elementos que produzcan daño a personas y al ambiente. Son disposiciones legales, herramientas de gestiones ambientales que implantan niveles de tolerancia para sustancias contaminantes, sin que corra peligro el ser humano ni el medio ambiente.

La política nacional del ambiente según el Decreto Supremo N° 012-MINAM-2009, publicada en el Diario Oficial El Peruano el 23 de Mayo de 2009 “Mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona”.

2.3.6.2 Estándares Nacionales Para La Calidad Ambiental Del Agua

Tabla 1

Categoría 3 de riego de vegetales y bebidas animales

PARAMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS			
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ECOSISTEMAS MARINOS COSTEROS ESTUARIOS	MARINOS
FISICOS Y QUIMICOS						
aceites y grasas	mg/L	ausencia de películas visibles			1	1

demanda biológica de oxígeno	mg/L	< 5	< 10	< 10	< 15	< 10
nitrógeno amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3°C
oxígeno disuelto	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Ph	Unidad	6,5 - 8.5	6,5 - 8.5		6,5 - 8.5	6,5 - 8.5
solidos disueltos totales	mg/L	500	500	500	500	
solidos suspendidos totales	mg/L	≤ 25	≤ 25- 100	≤ 25- 400	≤ 25- 100	30,00

PARAMETRO PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO ALTO Y TALLO BAJO

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	
Fisicoquimicos			
Bicarbonato	mg/L	370	
Calcio	mg/L	200	
Carbonato	mg/L	5	
Cloruros	mg/L	100-700	
Conductividad	Us/cm	<2000	
<i>Fuen</i>	Demanda bioquimica de oxigeno	mg/L	15 <i>te: M</i>
<i>INA</i>	Demanda quimica de oxigeno	mg/L	40
	Fluoruros	mg/L	1
	Fosfatos-p	mg/L	1
	Nitratos(NO3-N9)	mg/L	10
	Nitritos (NO2-N)	mg/L	0.06
	Oxigeno disuelto	mg/L	>=4
	Ph	Unidad de ph	6.5-8.5
	Sodio	mg/L	200
	Sulfato	mg/L	300
	Sulfuros	mg/L	0.05
	INORGANICOS		
	Aluminio	mg/L	5
	Arsenico	mg/L	0.05
	Bario total	mg/L	0.7
	Boro	mg/L	0.5-6
	Cadmio	mg/L	0.005
	Cianuro wad	mg/L	0.1
	Cobalto	mg/L	0.05
	Cobre	mg/L	0.2
	Cromo (6+)	mg/L	0.1
	Hierro	mg/L	1
	Litio	mg/L	2.5
	Magnesio	mg/L	150

2.3.6.3 Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Art.5º.- Implementación del ECA para Agua y la Zona de Mezcla

En aquellos cuerpos de agua utilizados para recibir vertimientos de efluentes, la Autoridad Nacional del Agua deberá verificar el cumplimiento de los ECA para AGUA fuera de la zona de mezcla, considerando como referente la categoría asignada para el cuerpo de agua. La metodología y aspectos para la definición de la zona de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Ministerio del Ambiente y con la participación autoridad ambiental del sector correspondiente

2.3.6.3 Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Art.6º.- Metodologías y Criterios para el Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Corresponde a la autoridad competente establecer el protocolo de monitoreo de Calidad Ambiental del Agua en coordinación con el MINAM y con la participación de los sectores a fin de estandarizar los procedimientos y metodologías para la aplicación de los ECA para Agua. Para el monitoreo de la calidad ambiental para agua, se considerarán los siguientes criterios sin ser excluyentes:

Metodologías estandarizadas para la toma de muestras, acondicionamiento y su transporte para el análisis.

Metodologías estandarizadas para la ubicación de las estaciones de monitoreo y características de su ejecución como por ejemplo, su frecuencia.

Metodologías de Análisis de Muestras o Ensayos estandarizados internacionalmente realizados por un laboratorio acreditado.

Homologación de Equipos para las Mediciones de Parámetros de lectura directa en campo.

2.3.6.4 Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Disposiciones Transitorias y Complementarias

Segunda.- En tanto la ANA no apruebe el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Agua, se utilizarán las normas vigentes sobre la materia; y de manera complementaria los lineamientos que el MINAM establezca para tal fin en coordinación con la ANA.

2.3.6.5 Reglamento de la Ley de RRHH 'Ley N° 29338 D.S. N° 001-2010-AG

Artículo 126°.- Protocolo para el monitoreo de la calidad de las aguas.

126.1 El monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el Protocolo aprobado por la ANA.

126.2 En tanto no se implemente el protocolo mencionado; la recolección, preservación y análisis de muestras de agua podrá realizarse de acuerdo a los métodos y procedimientos establecidos en las normas técnicas peruanas aprobadas por el Instituto de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI, o en su defecto por los métodos de análisis internacionalmente reconocidos.

2.6.3.6 Lineamientos para protocolos de monitoreo

Permitir la Verificación del cumplimiento del ECA y/o LMP.

Evaluación de Riesgos Ambientales y Sanitarios.

Aplicación de procedimientos estandarizados. Establezca frecuencia, selección de ubicación, georeferenciación, entre otros.

Descentralizado y Participativo.

Control de calidad: Equipos idóneos y adecuadamente calibrados; capacitación continua del personal.

Acorde con requerimientos: geografía, acceso.

2.4. Definición conceptual de la terminología empleada.

Sistema Toha: método nuevo, ecológico, eficiente y económico de tratamiento de aguas residuales.

Tratamiento de riles: Los tratamientos de Riles son la manera en la cual se reduce la carga orgánica u otra que poseen para que cuando sean depositados a los cursos de agua, no afecten las condiciones ambientales y biológicas que se encuentren en aquel.

Lombricultura: biotecnología que utiliza, a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus.

Aguas servidas: Las aguas servidas son los fluidos procedentes de vertidos

cloacales, de instalaciones de saneamiento; son líquidos con materia orgánica, fecal y orina, que circulan por el alcantarillado.

Rises: residuos industriales sólidos, es decir, sólidos provenientes de fábricas.

Riles: residuos industriales líquidos, es decir, aguas provenientes de fábricas.

Aguas residuales: tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.

DQO: demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

DBO₅: demanda 'bioquímica' de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión.

Sst: sólidos solubles totales, ayudan a determinar la concentración de sacarosa por 100 mililitros de una solución, los sólidos solubles totales se determinan con el índice de refracción, el cual se expresa con los grados brix (°Brix) a una temperatura estándar de 20°centígrados

PH: potencial de hidrógeno es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias.

Floculación: es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales

Materia orgánica: compuesta por **residuos animales o vegetales**. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipos de investigación

Descriptivo -evaluativo: Se describió, analizó e interpreto los resultados obtenidos al aplicar el sistema Tohá a las RILES de empresa Agromar Industrial S.A.

3.1.2 Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño experimental del tipo cuasi-experimental para evaluar el efecto del sistema Tohá sobre los parámetros físico-biológicos de los RILES generados en la empresa Agromar Industrial S.A.

3.2. Población y muestra

3.2.1 Población: Residuos líquidos generado en La Empresa Procesadora Agromar Industrial S.A

3.2.2 Muestra: 6.25 litros por día de residuos líquidos.

3.3. Hipótesis

3.3.1 Hipótesis de investigación:

La aplicación de un Sistema Toha permitirá reducir la contaminación de los riles de la planta Agromar industrial S.A.

3.4. Variables – Operacionalización.

3.4.1 Variable independiente: Sistema Toha

3.4.2 Variable dependiente: Eficiencia de remoción de DBO₅, SST, A y G, y

Coliformes totales; y variación de pH.

3.4.3 Operacionalización de las variables

Cuadro N° 2

Variables, indicadores e instrumento

Variable	Indicador	Instrumento
Vi: Sistema Toha	Área de filtración (m ²) por m ³ por día de RILES.	Sistema Toha
Vd: DBO ₅	% de remoción	Análisis DBO, botella de incubación, 5 días, 20°C
Solidos Suspendidos Totales	% de remoción	
Aceites y Grasas	% de remoción	Método con secado 103-105°C
Coliformes totales	% de remoción	Método de extracción de Soxhlet
Ph	Variación de pH	Método del número más probable. pHmetro.

Fuente: las autoras

3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.5.1 Recolección de las muestras

En coordinación con la empresa Agromar Industrial S.A. se dispuso de 6.5 litros por día de agua residual filtrada. Asimismo para indicar que por no contar con los reactivos correspondientes para análisis respectivos la empresa EPSEL y la Universidad Pedro Ruiz Gallo nos realizó dichos análisis. Por tanto los parámetros promedio de estas aguas fue la siguiente:

Cuadro N° 3

Parámetros de aguas

PARAMETROS	CANTIDADES
DBO5	2000 mg/L
SST	80 mg/L
A&G	17 mg/L
pH	5.7
Coliformes	2500 UFC
Fecales	

Fuente: Propia

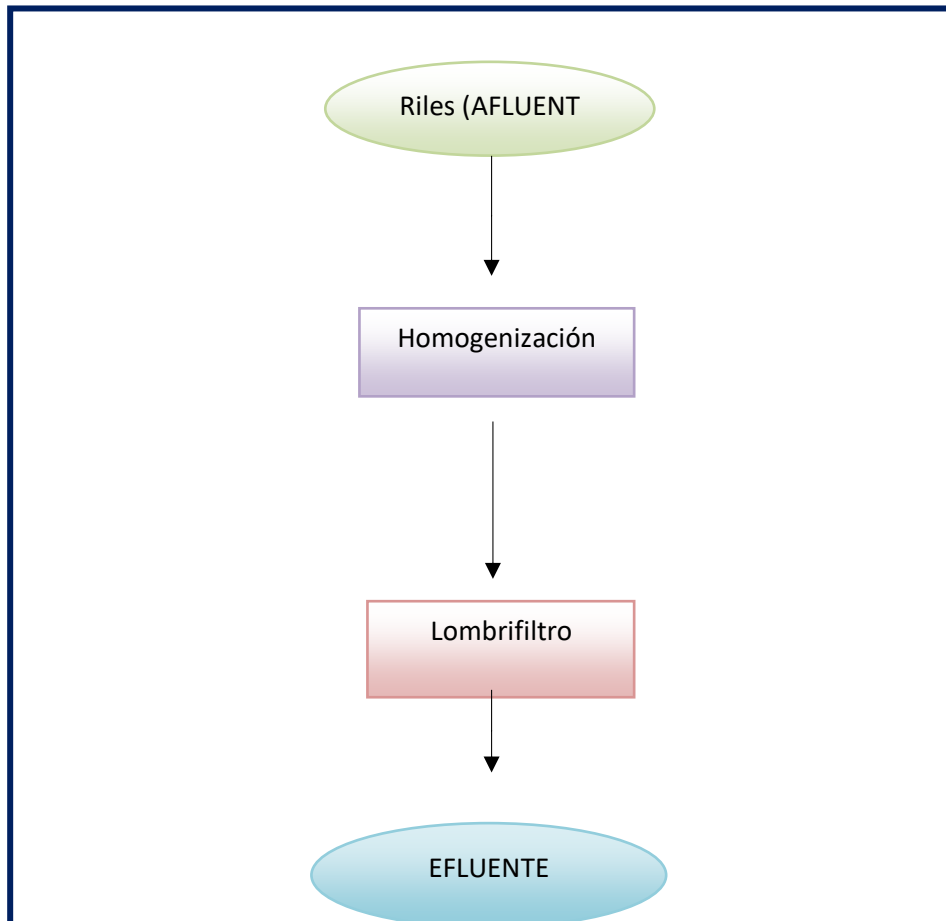
3.5.2 Construcción de Sistema Toha (Sistema Tohá)

3.5.2.1 Sistema de tratamiento.

Se construyó e instaló un sistema de tratamiento a escala piloto para las aguas generadas en Agromar Industrial S.A. El diseño contempla la utilización de sistemas primarios de tratamiento, tales como un riego por aspersión para irrigar el sistema de manera general.

“Biofiltro Dinámico y Aeróbico” también conocido como “Sistema Toha”, para finalmente desinfectar el agua y disponerla para descarga en canales de riego.

Φιγυρα Ν° 3: Διαγραμα δε φλυφο δε Λομβριφιλτρο



Fuente: las autoras

3.5.2.2 Funcionamiento del sistema de tratamiento a nivel piloto

El sistema de tratamiento de riles consiste básicamente en un proceso Físico, Biológico, con etapas de regulación de caudal y ecualización, separación de sólidos, sistema biológico, y desinfección.

La proveniencia de las aguas a tratar corresponden a las aguas generadas en Agromar Industrial S.A, las que pasarán por cada una de las unidades de tratamiento antes mencionada, de forma tal que las cargas resultantes cumplan

con los límites permitidos según las normas nacionales vigentes para la descarga de residuos líquidos para aguas superficiales sin poder de dilución.

Como tratamiento principal se dispone de la Tecnología llamada Biofiltro Dinámico y Aeróbico, o “Sistema Toha u Sistema Tohá”, en honor a su creador el Dr. José Tohá.

3.5.2.3 Especificaciones de las unidades de tratamiento a nivel piloto

El piloto del Sistema Toha se está realizando en el Campus de la Universidad Señor de Sipan por tal motivo traemos el agua para llevar acabo el tratamiento y los respectivos análisis.

3.5.2.4 El sistema cuenta con los siguientes componentes:

3.5.2.4.1 Tanque para distribución de agua

Los caudales que recibe el sistema de tratamiento no son constantes a lo largo del tiempo, por lo que se hace necesaria la instalación de un estanque para la regulación de caudal, que además cuenta con canastillo para retener las partículas más finas que contiene el afluente y que pueda tapar el sistema de riego. Esta unidad de tratamiento, además tiene como función recibir el agua servida para posteriormente enviarla, al sistema Biofiltro Dinámico y Aeróbico.

El caudal se programó para cumplir una recomendación de diseño, que indica que se debe utilizar 10 m² por 1 m³/día. Para nuestro sistema instalado de 25 cm x 25 cm equivale a un caudal de 6.25 litros por día

3.5.2.4.2 Biofiltro dinámico y aeróbico

El Biofiltro fue alimentado con las aguas servidas contenidas en tanque instalado para la distribución, la que contiene un sistema regulable para mantener la presión requerida para el riego. Estos líquidos se esparcieron en forma homogénea en la parte superior del Biofiltro.

La composición estratigráfica del relleno de cada módulo se determinó según las normas asignadas por el profesor Tohá en la que la altura total es de 1.00 m y 85 cm de altura de trabajo distribuido en cuatro capas: una inferior de 25 cm de piedra de 2 a 3 cm de grosor, luego 20 cm de gravilla, 5 cm de arena gruesa, 25 de aserrín de madera, que sirve de filtro, de soporte para el sistema y de alimento para las lombrices y por último 10 cm de humus u eyecciones conteniendo los anélidos en una cantidad de 400 unidades. Además de las condiciones de drenaje requeridas por el mismo.

Entre los estratos de aserrín y arena gruesa se dispone de una malla tipo, que sirve como elemento de separación y retención para el estrato de aserrín y lombrices. El sistema de drenaje inferior es suficientemente resistente para soportar el peso del medio, de la película biológica, y del agua de riles. Este doble fondo también sirvió para ventilar el filtro, proporcionando el aire que precisan los microorganismos de la película biológica, por lo cual debe estar comunicado con el exterior a través de atravesos horizontales en la sección del muro perimetral del Biofiltro.

Hay que destacar que el proyecto del sistema de tratamiento realizado de residuos líquidos no prevé filtraciones hacia el suelo o área de emplazamiento de dicho sistema.

Por último el sistema de drenaje del Biofiltro Dinámico y Aeróbico permite la recuperación del líquido una vez que éste ha pasado por sus distintos estratos, el líquido recuperado cumplirá con las normas establecidas para riego, todo esto porque al pasar por los distintos estratos del Biofiltro, han quedado retenidas la mayor parte de la materia orgánica, la cual será transformada en humus por la acción de las lombrices y los microorganismos que conviven con ellas.

3.5.2.4.3 Estanque de desinfección

En la parte inferior del Sistema Toha se adaptó una tubería de salida del efluente para el tratamiento final por cloración para eliminar los Coliformes fecales. El proceso consta básicamente en la aplicación de hipoclorito de sodio a un estanque de contacto para así eliminar las bacterias patógenas que el efluente contiene.

La fórmula empleada en este proceso fue la siguiente:

Cantidad de líquido obtenido: 1 L Concentración del producto comercial: 4.9%

En la práctica totalidad de los casos de desinfección de superficies se manejan cantidades de 5000 ppm (o lo que es lo mismo, 5000 mg/L, o 5 g/L).

Solución:

$$\begin{aligned}\% \text{HIPOCLORITO DE SODIO} &= \frac{(1 \text{ L}) \times \left(\frac{0.20 \text{ mg}}{\text{L}}\right)}{5.000 \text{ mg/L}} \times 1.000 \\ &= 0.04 \text{ mL}\end{aligned}$$

Siendo así que el agua procesada en el sistema Tohá se sometió a un proceso de desinfección empleando lejía para obtener un agua de categoría 3. La dosificación empleada fue de 6-8 gotas por litros de agua residual.

3.5.2.4.4 Análisis del proceso y su descarga

Los principales factores a tener en cuenta a la hora de predecir el funcionamiento del biofiltro son las cargas orgánicas y el grado de purificación requerido. Esto se traduce en diseñar el sistema de tratamiento en base a la DBO5 de entrada, requerimiento de salida, y el caudal a tratar.

Como resumen, se pueden destacar las siguientes ventajas que presenta este sistema de tratamiento:

No produce lodos inestables: Este nuevo sistema de tratamiento degrada la totalidad de sólidos orgánicos del agua servida, sin producir lodos inestables como el resto de los sistemas de tratamiento. El Biofiltro no necesita ningún tipo de decantador de sólidos orgánicos como tratamiento previo; sólo es necesario instalar una cámara de rejillas o canastillo para retener sólidos inorgánicos que son erróneamente descargados en el agua servida y sólidos grandes que pudieran tapar las cañerías o los sistemas de riego de los filtros.

El lecho filtrante no se impermeabiliza: El Biofiltro tiene una diferencia muy importante respecto de otros sistemas de filtros, nunca se colmata o

impermeabiliza. Esta característica se debe principalmente a la acción de las lombrices que, con su incansable movimiento, crean túneles y canales que aseguran en todo momento la alta permeabilidad del filtro. Los materiales sólidos orgánicos presentes en el agua servida, que colmatan o tapan otros filtros, en este caso son digeridos por las lombrices.

Ahorro energético: En general el Biofiltro tiene bajos requerimientos energéticos ya que se está realizando a nivel

Produce un subproducto que puede ser utilizado como abono natural:

Debido a que la materia orgánica de las aguas servidas es convertida en masa corporal de lombrices y en humus de lombriz, cada cierto tiempo puede extraerse los excesos de humus, y así reconstituir la estratigrafía inicial del Biofiltro, y ser utilizados como excelente abono agrícola cuyo uso incluso en forma excesiva no daña ni quema las plantas como es el caso de los fertilizantes químicos. Adicionalmente, se puede destacar que las lombrices pueden ser utilizadas como alimento de aves o como fuente de materia rica en proteínas.

3.5.2.4.5 Disposición final de los lodos provenientes del tratamiento.

Este sistema de tratamiento se caracteriza porque genera humus, el cual es un material orgánico útil para la agricultura como fertilizante

3.5.2.4.6 Impacto del agua de riles en el cuerpo receptor.

Debido a los altos porcentajes de eficiencia del Sistema biológico en la

remoción de la carga orgánica, se cumplirá con la norma de agua para riego. El agua descontaminada se puede disponer sin ningún problema a cualquier curso de agua superficial, ya que no generará ningún impacto negativo en el cuerpo receptor.

3.5.2.5 Disposición final del efluente tratado.

La disposición final del agua tratada en canales de aguas y reutilización para riegos ornamentales, la planta de tratamiento cumplirá con los siguientes valores:

3.5.2 Análisis de los parámetros controlados

Para la obtención de los valores de los parámetros de control del sistema Tohá se requirió los servicios del Laboratorio de la Empresa EPSEL S.A. de Chiclayo y del laboratorio de la universidad nacional Pedro Ruiz Gallo.

3.6 Procedimientos para la recolección de los datos.

3.6.1 Toma de muestras para los análisis.

Antes y después del tratamiento con el Sistema Toha se tomaron 200 mL de muestra para cada realizar un análisis de cada parámetro controlado: DBO₅, SST, A y G, Coliformes fecales y pH.

Para cada parámetro se realizó tres repeticiones para obtener el promedio.

Se hizo un registro en un formulario que indica la fecha, hora y valor del parámetro controlado.

3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos.

Los datos obtenidos se tabularon según el parámetro controlado. Para cada parámetro se obtuvo tres valores con los cuales se obtuvieron los promedios.

Para evaluar la eficiencia del Sistema Toha se calculó el porcentaje de remoción de DBO₅, SST, A y G, y Coliformes fecales; y el cambio de pH.

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

5.1 Monitoreo y autocontrol

Durante el tiempo que trabajo el biofiltro hemos realizados 3 análisis de las aguas de ingreso y de salida en DBO₅, SST, A y G, PH y Coliformes fecales por que los resultados obtenidos fueron:

5.2 Resultados

Cuadro N° 4

Porcentaje de Remoción de DBO₅ aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.

MUESTRA	DBO ₅ INGRESO, mg/L	DBO ₅ SALIDA, mg/L	% REMOCION
1	346	13	96.2%
2	312	16	94.8%
3	321	14	95.5%
PROMEDIO	326.3	14	95.5%

Fuente: las autoras

Cuadro N° 5

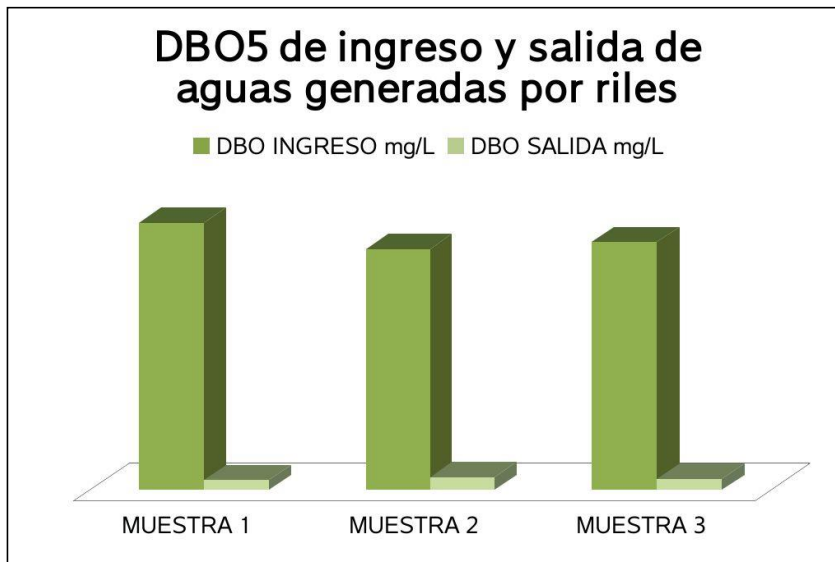
Resúmenes de casos de cuadro 4.

DBO ₅ INGRESOS mg/L	DBO ₅ SALIDA mg/L	% REMOCIÓN
-----------------------------------	---------------------------------	------------

1	346	13	96,2
2	312	16	94,9
3	321	14	95,6
Media	326,33	14,33	95,584
Mínimo	312	13	94,9
Máximo	346	16	96,2
Varianza	310,333	2,333	,472
Desv. típ.	17,616	1,528	,6871
a. Limitado a los primeros 100 casos.			

Fuente: las autoras

Φιγυρα Ν° 4: ΔΒΟ₅ δε ινγρεσο ψ σαλιδα δε αγυασ δε Ριλεσ



Φυεντε: λασ αυτορας

El cuadro 4 visualizamos el DBO₅ de las muestras 1, 2 y 3 ingresadas, de lo cual el promedio del porcentaje de remoción nos arroja un valor de 95.584%, el valor mínimo de remoción nos da 94.9%, mientras que el máximo equivale a 96.2%. Asimismo, la varianza equivale a 0.472%, y siendo la Desviación estándar la raíz cuadrada de la varianza, ésta nos da 0.6871%, siendo este valor muy importante para saber qué la variación entre los valores encontrados es mínima, lo que demuestra un buen control del proceso.

El efluente obtenido tiene un promedio de 14.33 mg/L de DBO5, valor que está por debajo del requerido para agua tipo III por el ministerio de agricultura. (15 mg/L)

El porcentaje de remoción de DBO5 promedio de 95,584% es bastante mayor que el obtenido por otros autores. Sudhir D. Ghatenkar, *et al.*, en su trabajo de aplicación de Sistema Toha con aguas residuales de una industria de gelatina obtuvo un porcentaje de remoción de DBO5 de $89.24 \pm 0.544\%$. El valor obtenido en este trabajo de investigación es semejante al obtenido por Lacramphe H. en su trabajo de aplicación de lombricultura aplicado a aguas residuales en sectores rurales, quien obtuvo en promedio 95% para la remoción de DBO5.

Cuadro N° 6

Porcentaje de Remoción de SST aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.

MUESTRA	SST INGRESO, mg/L	SST SALIDA, mg/L	% REMOCION
1	85	8.5	90.0%
2	72	10.0	86.1%
3	81	8.0	90.1%
PROMEDIO	79.3	8.8	88.7%

Fuente: las autoras

Cuadro N° 7

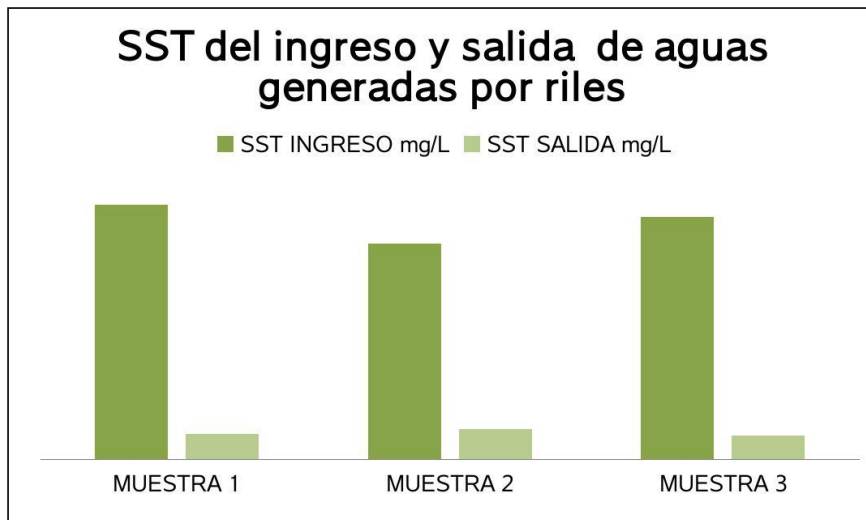
Resúmenes del cuadro 6

	SST INGRESO mg/L	SST SALIDA mg/L	% REMOCIÓN
1	85	8,5	90,0
2	72	10,0	86,1

3	81	8,0	90,1
Media	79,33	8,833	88,745
Mínimo	72	8,0	86,1
Máximo	85	10,0	90,1
Varianza	44,333	1,083	5,206
Desv. típ.	6,658	10,408	22,817
a. Limitado a los primeros 100 casos.			

Fuente: las autoras

Φιγυρα Νº 5: Δε σολιδος συσπενδιδος τοταλ



Φυεντε: λασ αυτορας

En el cuadro 6 se visualiza el SST de las muestras 1, 2 y 3 ingresadas, de lo cual el promedio del porcentaje de remoción nos arroja un valor de 88,745%, el valor mínimo de remoción nos da 86,1%, mientras que el máximo equivale a 96.2%. Asimismo, la varianza equivale a 5,206%, y siendo la Desviación estándar la raíz cuadrada de la varianza, ésta nos da 2,2817%, siendo este valor muy importante para saber qué la variación entre los valores encontrados es mínima, lo que demuestra un buen control del proceso.

El efluente obtenido tiene un promedio de 8,833 mg/L de SST, valor que está por debajo del requerido para agua tipo III por el ministerio de agricultura (25

mg/L)

El porcentaje de remoción de SST promedio de 88,745% es mayor que el obtenido por otros autores. Sudhir D. Ghatenkar, *et al.*, en su trabajo de aplicación de Sistema Toha con aguas residuales de una industria de gelatina obtuvo un porcentaje de remoción de SST de 77.56%. El valor obtenido en este trabajo de investigación es menor al obtenido por Lacramphe H. en su trabajo de aplicación de lombricultura aplicado a aguas residuales en sectores rurales, quien obtuvo en promedio 93% para la remoción de SST.

Cuadro N° 8

Porcentaje de remoción de A y G aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.

MUESTRA	A y G INGRESO , mg/L	A y G SALIDA , mg/L	% REMOCION
1	16.2	0.75	95.4%
2	15.5	0.83	94.6%
3	17.8	0.81	95.4%
PROMEDIO	16.5	0.79	95.1%

Fuente: las autoras

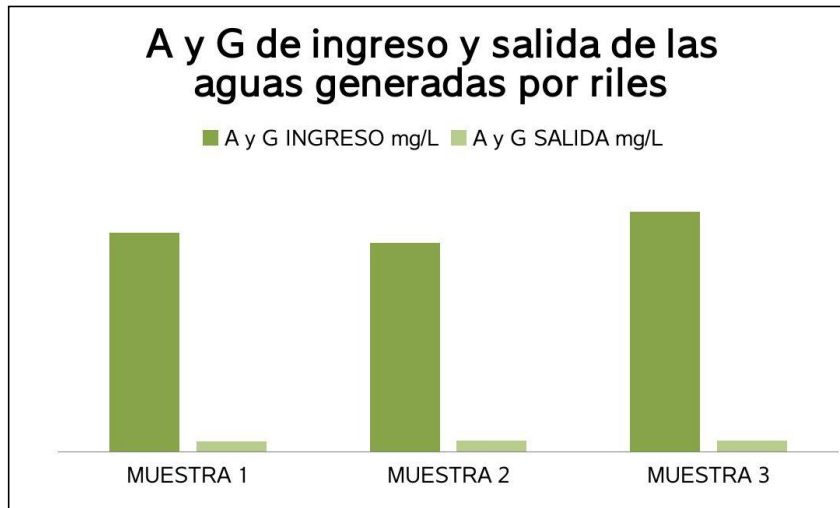
Cuadro N° 9 Resúmenes de los casos de cuadro 8

	A y G INGRESO mg/L	A y G SALIDA mg/L	% REMOCIÓN
1	16,2	,75	95,4
2	15,5	,83	94,6
3	17,8	,81	95,4
Media	16,500	,7967	95,155
Mínimo	15,5	,75	94,6
Máximo	17,8	,83	95,4
Varianza	1,390	,002	,197
Desv. típ.	11,790	,04163	,4433

a. Limitado a los primeros 100 casos.

Fuente: las autoras

Figura N° 6: Δε αχειτεσ ψ γρασασ



Φυεντε: λασ αυτορασ

En el cuadro 8 se visualiza A y G de las muestras 1, 2 y 3 ingresadas, de lo cual el promedio del porcentaje de remoción nos arroja un valor de 95,155%, el valor mínimo de remoción nos da 94,6, mientras que el máximo equivale a 95,4. Asimismo, la varianza equivale a 0,197, y siendo la Desviación estándar la raíz cuadrada de la varianza, ésta nos da 0,4433, siendo este valor muy importante para saber qué la variación entre los valores encontrados es mínima, lo que demuestra un buen control del proceso.

El efluente obtenido tiene un promedio de 0,7967mg/L de A y G, valor que está por debajo del requerido para agua tipo III por el ministerio de agricultura (ausencia de películas visibles)

El porcentaje de remoción de A y G promedio de 95,155% es mayor que el obtenido por otros autores. Sudhir D. Ghatenekar, *et al.*, en su trabajo de aplicación de Sistema Toha con aguas residuales de una industria de gelatina obtuvo un porcentaje de remoción de A y G de 81.32%. El valor obtenido en este trabajo de investigación es menor al obtenido por Lacramphe H. en su trabajo de aplicación de lombricultura aplicado a aguas residuales en sectores rurales, quien obtuvo en promedio 80% para la remoción de A y G.

Cuadro N° 10

Porcentaje de Remoción de Coliformes fecales aplicando un Sistema Toha a los Riles de la empresa Agromar Industrial S.A.

MUESTRA	Coliformes fecal es INGRESO, UFC/ mL	Coliformes fecal es SALIDA, UFC/m L	% REMOCION
1	2860	120	95.8%
2	2790	140	94.9%
3	2480	136	94.5%
PROMEDIO	2710	132	95.1%

Fuente: Las autoras

Cuadro N° 11

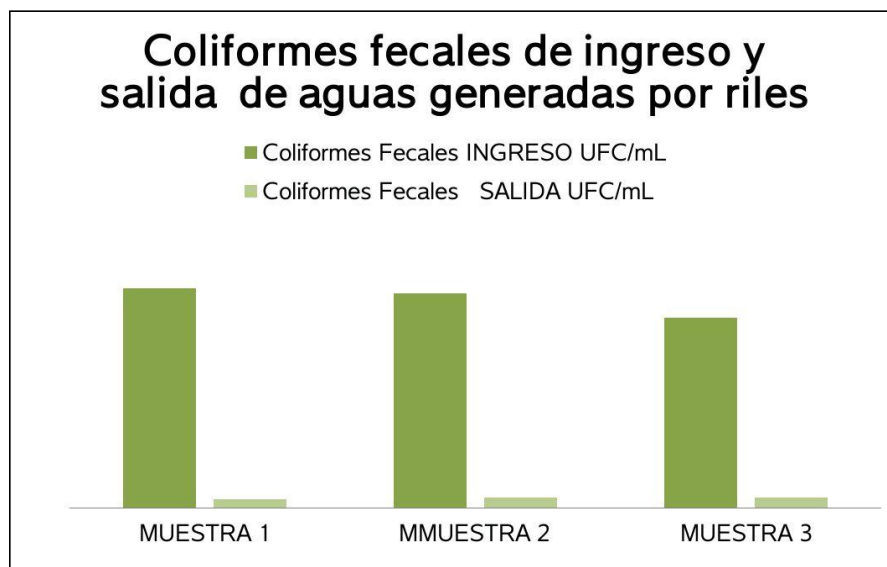
Resúmenes de los casos del cuadro 10

	Coliformes Fecales ingreso UFC/mL	Coliformes Fecales salida UFC/MI	% REMOCIÓN
1	2860	120	95,8
2	2790	140	95,0
3	2480	136	94,5
Media	2710,00	132,00	95,101
Mínimo	2480	120	94,5
Máximo	2860	140	95,8
Varianza	40,900,000	112,000	,425

Desv. típ.	202,237	10,583	,6522
a. Limitado a los primeros 100 casos.			

Fuente: las autoras

Φιγυρα Ν° 7: Δε χολιφορμεσ φεχαλεσ



Φυεντε: Λασ αυτορασ

En el cuadro 10 se visualiza Coliformes fecales de las muestras 1, 2 y 3 ingresadas, de lo cual el promedio del porcentaje de remoción nos arroja un valor de 95,101%, el valor mínimo de remoción nos da 94,5%, mientras que el máximo equivale a 95,8%. Asimismo, la varianza equivale a 0,425%, y siendo la Desviación estándar la raíz cuadrada de la varianza, ésta nos da 0,6522%, siendo este valor muy importante para saber qué la variación entre los valores encontrados es mínima, lo que demuestra un buen control del proceso.

El efluente obtenido tiene un promedio de 132,00mg/L de Coliformes fecales, valor que está por debajo del requerido para agua tipo III por el ministerio de agricultura.

El porcentaje de remoción de Coliformes fecales promedio de 95,101% es mayor que el obtenido por otros autores. Sudhir D. Ghatenekar, *et al.*, en su trabajo de aplicación de Sistema Toha con aguas residuales de una industria de gelatina obtuvo un porcentaje de remoción de Coliformes fecales de 87.48%. El valor obtenido en este trabajo de investigación es menor al obtenido por Lacramphe H. en su trabajo de aplicación de lombricultura aplicado a aguas residuales en sectores rurales, quien obtuvo en promedio 99% para la remoción de coliformes fecales.

Cuadro N° 12

Variación de pH después de la aplicación de un Sistema Toha a los Riles de empresa Agromar Industrial S.A.

MUESTRA	pH INGRESO,	pH SALIDA,	Variación
1	5.4	7.8	+2.4
2	5.7	7.2	+1.5
3	5.6	8.1	+2.5
PROMEDIO	5.6	7.7	+2.1

Fuente: las autoras

Cuadro N° 13

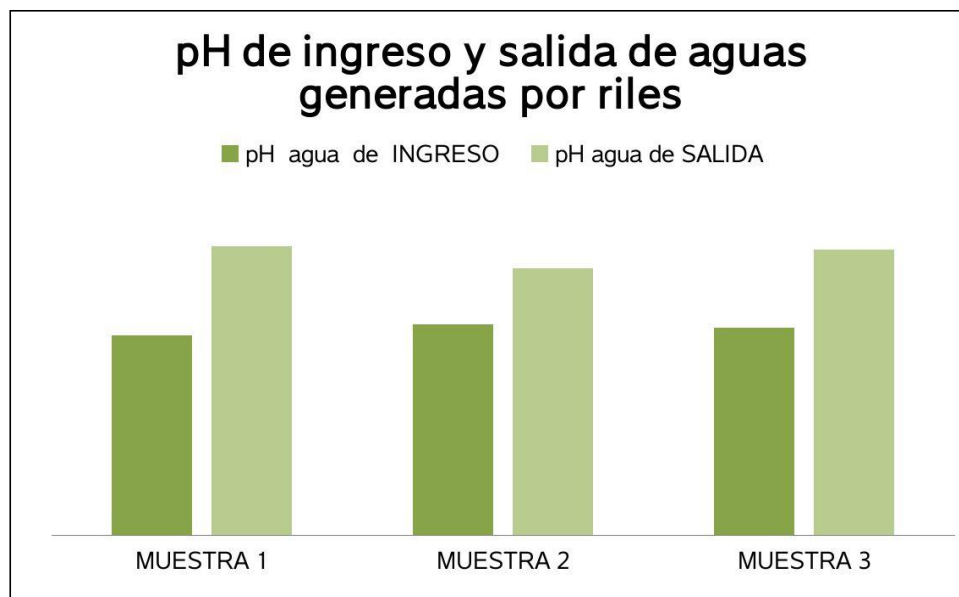
Resumen de los casos de la tabla 12

	pH INGRESO	pH SALIDA	VARIACIÓN
1	5,4	7,8	2,40
2	5,7	7,2	1,50
3	5,6	7,7	2,10
Media	5,567	7,567	20,000

Mínimo	5,4	7,2	1,50
Máximo	5,7	7,8	2,40
Varianza	,023	,103	,210
Desv. típ.	,1528	,3215	,45826
a. Limitado a los primeros 100 casos.			

Fuente: las autoras

Φιγυρα Ν° 8: pH δε ιγγρεσο ψ σαλιδα δε ριλεσ



Φυεντε: λασ αυτορας

En el cuadro 12 se visualiza el pH de las muestras 1, 2 y 3 ingresadas, de lo cual el promedio del porcentaje de remoción nos arroja un valor de 2,0000%, el valor mínimo de remoción nos da 1,50%, mientras que el máximo equivale a 2,40%. Asimismo, la varianza equivale a 0,210%, y siendo la Desviación estándar la raíz cuadrada de la varianza, ésta nos da 0,45826%, siendo este valor muy importante para saber qué la variación entre los valores encontrados es mínima, lo que demuestra un buen control del proceso.

El efluente obtenido tiene un promedio de 7,567mg/L de pH, valor que está por debajo del requerido para agua tipo III por el ministerio de agricultura (6.5 a 8.5

mg/L)

El cambio de pH promedio de 2,00 es mayor que el obtenido por otros autores. Sudhir D. Ghatenekar, *et al.*, en su trabajo de aplicación de Sistema Toha con aguas residuales de una industria de gelatina obtuvo un aumento de pH de 0.56. El valor obtenido en este trabajo de investigación es menor al obtenido por Lacramphe H. en su trabajo de aplicación de lombricultura aplicado a aguas residuales en sectores rurales, quien obtuvo una variación promedio de 1.8 de pH.

5.3 Discusión de los resultados:

De los resultados obtenidos mediante ensayos a nivel piloto, muestran que el Sistema Toha o sistema Toha constituye un sistema de tratamiento altamente eficiente para la depuración de RILes provenientes de industrias del procesamiento de pulpas de maracuyá y mango congelado, obteniéndose remociones por sobre el 95.5% de DBO, 88.7% de Solidos suspendidos totales (Sst), 95.1% de aceites y grasas, 95.1% de coliformes fecales y una varianza de pH de 2.1. Por lo tanto, este sistema natural y simple puede ser una alternativa muy atractiva para el tratamiento de aguas industriales, presentando una serie de importantes ventajas frente a los sistemas más tecnificados.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La aplicación de un Sistema Toha con riles generados en Agromar Industrial S.A. resultó ser muy efectivo en cuanto a la remoción de los parámetros analizados como dbo_5 , SST, A y G, coliformes fecales y pH. además cumple con los requisitos de calidad de agua establecidos en la Norma peruana según el MINAG, para agua de uso de categoría 3.

La aplicación del Sistema Toha en cuanto a la DBO_5 de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. ha demostrado ser eficiente contando con ingreso de 346 mg/L y se obtuvo una salida de 13 mg/L de DBO_5 y la remoción es de 95.5% como resultado se han obtenido aguas aptas para uso de la categoría 3 y cumplen con los parámetros exigidos según el MINAM.

La aplicación del Sistema Toha en cuanto a los SST de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. ha demostrado ser eficiente contando con ingreso de 79.3 mg/L y se obtuvo una salida de 8.8 mg/L de SST y la remoción es de 88.7% y como resultado se han obtenido aguas aptas para uso de la categoría 3 y cumplen con los parámetros exigidos según el MINAM.

La aplicación del Sistema Toha en cuanto a Los A y G de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. ha demostrado ser eficiente contando con ingreso de 16.5 mg/L y se obtuvo una salida de 0.79 mg/L de A y G, la

remoción es de 95.1% ya que como resultado se han obtenido aguas aptas para uso de la categoría 3 y cumplen con los parámetros exigidos según el MINAM.

La aplicación de un Sistema Toha en cuanto a Los coliformes fecales de las aguas residuales de la empresa Agromar Industrial S.A. ha demostrado ser eficiente contando con ingreso de 2710 UFC/mL y se obtuvo una salida de 132 UFC/mL de coliformes fecales y la remoción es de 95.1% de tal manera que como resultado se han obtenido aguas aptas para uso de la categoría 3 y cumplen con los parámetros exigidos según el MINAM.

El pH obtenido por la salida es de 7.7 y la variación fue de +2.1, cumple con los parámetros establecidos según el MINAM por lo tanto obtenemos un agua apta para uso en la categoría 3.

Los datos obtenidos según los análisis realizados demuestran que la utilización de la tecnología de Sistema Toha resulta ser un sistema eficiente.

Aplicando una adecuada dosis de cloración o de UV, se puede lograr una remoción total de microorganismos patógenos, para beneficio social.

La lombricultura se considera un sistema ecológico para el tratamiento de aguas residuales industriales que pueden ser reusadas en agricultura y en la industria.

La lombricultura al nivel de escala de tratamiento de aguas residuales ha

demostrado ser eficaz y operativo en plantas de tratamiento de pequeñas y mediana escala.

6.2. Recomendaciones

El resultado de este estudio demuestra la sustentabilidad de la tecnología de Lombrifiltración para el tratamiento de aguas residuales por lo que se recomienda la utilización de este sistema no solo para el tratamiento de riles de la planta Agromar Industrial S.A. sino también aplicarse a otras empresas y así contribuir al cuidado del medio ambiente

Se recomienda evaluar la lombricultura no solo para empresas industriales, sino también con otro tipo de aguas como por ejemplo domésticas.

REFERENCIAS

ARANGO L, (2008). Tesis. “Evaluación Ambiental del Sistema Tohá en la Remoción de Salmonella en aguas servidas Domésticas”. Santiago Universidad de Chile:, Facultad de Ingeniería.

A.V.F.(2009), INGENIERÍA AMBIENTAL. Fundación para la Transferencia Tecnológica. Universidad de Chile. “Programa de Descontaminación de Aguas, Biofiltro”

GLYNN J., 2010. Ingeniería Ambiental. Editorial Prentice Hall, pag. 430.

INIA, 2012. Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad. Producción y uso del humus de lombriz. Instituto Nacional de Investigación Agraria –INIA, Lima, Peru.

LACRAMPE GUSTAVO, 2009. Apuntes “Aguas Servidas”. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile.

LEVANTESI, C., BEIMFOHR, C; GEURKINSKI, B. Alphaproteobacteria Filamentous en plantas de tratamiento de aguas residuales industriales. Applied Microbiology, **27**, 716-727.

METCALF & EDDY, 2008. “Ingeniería de Aguas residuales. Redes de Alcantarillado y Bombeo”. Editorial McGraw-Hill. Madrid.

PASTORELLY R.; 2009. Agricultura orgánica – Lombricultura.

QUEZADA PAULO, 2008. Tesis: “Planta de Tratamiento de Residuos Industriales Lácteos”. Temuco, Universidad de la Frontera.

AGUAMARKET, 2012. "Desinfección sin químicos con luz ultravioleta. http://www.aquamarket.com/sql/temas_interes/tema_interes.asp?id_tema_interes=40

BIOLIGHT TECNOLOGIAS, 2012. Equipos para desinfección con luz ultravioleta. <http://www.biolight.cl/index.php/productos/desinfeccion-uv>.

EPA, 2010. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <http://www.epa.gov/owm/mtb/cs-99-062.pdf>.

UNIVERSIDAD DE CHILE, 2011. <http://www.tamarugo.cec.uchile.cl>.

UNIVERSIDAD DE SEVILLA; 2010. Tecnología Ambiental. <http://www.us.es/grupotar/tar/ebliblioteca/documentacion/arus.htm>

ANEXOS

Calculo del caudal diario

Parámetro de diseño: 10 m² por 1 m³/día

Área del sistema TOHA = 25 cm * 25 cm = 0.0625 m²

Caudal del Sistema Toha: 0.00625 m³/día = 6.25 litros/día = 262 mL/h

Φρα Ν° 9: ζισιτανδο Λα Εμπρεσα Αγρομαρ Ινδυστριαλ Σ.Α



Φιγυρα Ν° 10: ζεριφιχανδο ελ προβλεμα δελ σιστεμα δε αλχανταριλλαδο



Φιγυρα Ν° 11: Σιστημα δε αλχανταριλλαδο



Φιγυρα Ν° 12: Οβτενιενδο μυεστρασ.



Φιγυρα Ν° 13: Εν ΙΝΙΑ τνφορμ(νδονοσ σοβρε λα λομβριχυλτυρα




Φιγυρα Ν° 14: Αρμανδο ελ βιοφιλτρο



Φιγυρα Ν° 15: Οβτενιενδο μυεστρασ φιναλεσ



Φιγυρα Ν° 16: Αν(λι)σις ΕΠΣΕΛ Μ1



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

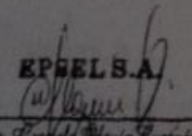
"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD. CÚDELA NO LA DESPERDICIE"

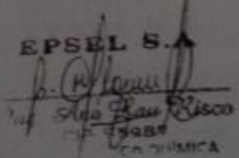
EPSEL S.A.
GERENCIA OPERACIONAL
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS QUIMICOS
Agrumar Industrial S.A. Piura - Sullana



PARAMETROS	Muestra
Código de la muestra	LCC-4870-12
Fecha de Análisis:	23/11/2012
DBO ₅	346
Sólidos sedimentables suspendidos totales, mg/L	85
PH	5.4
Aceites y Grasas	16.2
Coliformes fecales	2860

OBSERVACIONES:
Las muestras fueron recolectadas y entregadas al Laboratorio de la Oficina de Control de Calidad por el interesado.


EPSEL S.A.
 Ing. Gerardo Alvarado Escobedo
 DNI 97441
 OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD


EPSEL S.A.
 Srta. Rosa Córdova
 DNI 79987
 OFICINA QUIMICA

Φιγυρα Νο 17: Αναλιστασ YNΠΠΓ Μ2

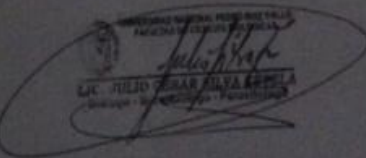

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA


ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS No. 040226

SOLICITANTE : YESSYENIA GISELLE ARIAS FERNÁNDEZ
 ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL LÍQUIDA DE INDUSTRIA - PROCEDENCIA FUERA
 DENOMINACIÓN DE LA MUESTRA: M 001 - Contenido en frasco de vidrio, de boca ancha,
 transparente, presentable, limpio, aproximadamente 01 litro de capacidad.
 RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: YESSYENIA GISELLE ARIAS FERNÁNDEZ
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 22 de Noviembre del 2012
 FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO: 24 de Noviembre del 2012
 FECHA DE REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS: 24 de Noviembre del 2012
 Responsable del Análisis: Lic. Bgo. JULIO CÉSAR SILVA ESTELA (C.B.P. 2731)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO y MICROBIOLÓGICO (MUESTRA 001)

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	1,8 Aceptable (<15)
SOLIDOS SEDIMENTALES SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	8,5
DETERMINACIÓN DEL PH	Unidades de PH	7,8 Aceptable (6,5 a 8,4)
ACEITES Y GRASAS	mg/l	0,75 Aceptable (< 1)
MICROBIOLÓGICOS		
NUMERACIÓN DE COLIFORMES FECALES (Escherichia coli Termotolerante)	NMP/100 ml	120 (Aceptable < 1000)
DETERMINACIÓN DE Salmonella sp. (Patógeno)	Cultivo directo en placa Numeración de Colonias Positivas	AUSENTES
DETERMINACIÓN DE Vibrio cholerae (Patógeno)	Numeración de Colonias positivas	AUSENTES
Referencia : DECRETO SUPREMO N° 002 - 2008 - MINAM	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA	CATEGORÍA 3 : RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES


 Lic. JULIO CÉSAR SILVA ESTELA
 Microbiología - Parasitología

Φιγυρα Ν° 18: Αναλίστις ΥΝΠΡΓ Μ3



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS

SOLICITANTE : YESSSENIA GISELLE ARIAS FERNÁNDEZ
ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE MUESTRA : AGUA RESIDUAL LIQUIDA DE INDUSTRIA - PROCEDENCIA FUERA
DENOMINACIÓN DE LA MUESTRA: M 002 - Contaminada en frasco de vidrio, de boca ancha, transparente, presentable, limpio, aproximadamente 01 litro de capacidad.
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: YESSSENIA GISELLE ARIAS FERNÁNDEZ
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 25 de Noviembre del 2012
FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO: 26 DE Noviembre del 2012
FECHA DE REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS: 27 de Noviembre del 2012
Responsable del Análisis: Lic. Rigo JULIO CÉSAR SILVA ESTELA (C.B.P. 2733)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO y MICROBIOLÓGICO (MUESTRA 002)

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	312 NO Aceptable (<15)
SOLIDOS SEDIMENTALES	mg/l	72
SUSPENSIDOS TOTALES		
DETERMINACIÓN DEL PH	Unidades de PH	5.7 -Rango de Acidez Aceptable (6.5 a 8.4)
ACEITES Y GRASAS	mg/l	15.5 Aceptable (< 1)
MICROBIOLÓGICOS		
NUMERACIÓN DE COLIFORMES FECALES (Escherichia coli Termotolerante)	NMP/100 ml	2790 (Aceptable < 1000)
DETERMINACIÓN DE Salmonella sp. (Patógeno)	Cultivo directo en placa Numeración de Colonias Positivas	AUSENTES
DETERMINACIÓN DE Vibrios cholerae (Patógeno)	Numeración de Colonias positivas	AUSENTES
Referencia DECRETO SUPREMO N° 002 - 2008 - MINAM	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA	CATEGORÍA 3 - RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA
Lic. Rigo JULIO CÉSAR SILVA ESTELA
Responsable del Análisis

Φιγυρα N° 19: Αναλίσσισ YNΠΠΓ M4

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
 LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS Nº 900276

SOLICITANTE : YESSENIA GISELLEY ARIAS FERNÁNDEZ
 ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE MUESTRA : AGUA RESIDUAL LÍQUIDA DE INDUSTRIA - PROCEDENCIA PIURA
 DENOMINACIÓN DE LA MUESTRA: M 001 - Contenida en frasco de vidrio, de boca ancha, transparente, presentable, limpio, aproximadamente 01 litro de capacidad.
 RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: YESSENIA GISELLEY ARIAS FERNÁNDEZ
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 27 de Noviembre del 2012
 FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO: 28 DE Noviembre del 2012
 FECHA DE REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS: 28 de Noviembre del 2012
 Responsable del Análisis: Lic. Blogo. JULIO CÉSAR SILVA ESTELA (C.B.P. 2731)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO y MICROBIOLÓGICO (MUESTRA 001)

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	16 Aceptable (<15)
SÓLIDOS SEDIMENTALES SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	10
DETERMINACIÓN DEL PH	Unidades de PH	8.2 Aceptable (6.5 a 8.4)
ACEITES Y GRASAS	mg/l	083 Aceptable (< 1)
MICROBIOLÓGICOS		
NUMERACIÓN DE COLIFORMES FECALES (Escherichia coli Termotolerante)	NMP/100 ml	140 [Aceptable < 1000]
DETERMINACIÓN DE Salmonella sp. (Patógeno)	Cultivo directo en placa Numeración de Colonias Positivas	AUSENTES
DETERMINACIÓN DE Vibrión cholerae (Patógeno)	Numeración de Colonias positivas	AUSENTES
Referencia : DECRETO SUPREMO N° 002 - 2008 - MINAM	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA	CATEGORÍA 3 : RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES


 Lic. Blogo. JULIO CÉSAR SILVA ESTELA
 Responsable del Análisis

Φιγυρα Ν° 20: Αναλίσσισ YNΠΠΓ Μ5

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
 LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE: 000275

RESUMEN INDUSTRIALES LIQUIDOS

ANALIZANTE : VERONICA GISELY ARIAS FERNANDEZ
 ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL LIQUIDA DE INDUSTRIA - PROCEDENCIA FUERA
 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA: M 004 - Conservada en frasco de vidrio de boca ancha,
 hermeticamente sellado, tamaño aproximadamente 50 litros de capacidad.
 RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: VERONICA GISELY ARIAS FERNANDEZ
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 01 de Diciembre del 2022
 FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO: 02 de Diciembre del 2022
 FECHA DE REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS: 03 de Diciembre del 2022
 RESPONSABLE DEL ANÁLISIS: Lic. Rigo JULIO CÉSAR SILVA ESTELA (C.R.P. 2731)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO y MICROBIOLÓGICO (MUESTRA 001)

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	321 Aceptable (<15)
SÍNDROME MECANICAS	mg/l	81
SUSPENSIONES TOTALES		5.8
DETERMINACIÓN DEL PH	Unidades de PH	Aceptable (6.5 a 8.4)
ACEITES Y GRASAS	mg/l	17.8 Aceptable (< 1)
MICROBIOLÓGICOS		
NUMERACIÓN DE COLIFORMES FECALES (Escherichia coli Termotolerante)	NMP/100 ml	2480 (Aceptable < 1000)
DETERMINACIÓN DE Salmonella sp. (Patógeno)	Cultivo directo en placa Numeración de Colonias Positivas	AUSENTES
DETERMINACIÓN DE Vibrio cholerae (Patógeno)	Numeración de Colonias positivas	AUSENTES
Referencia : DECRETO SUPREMO N° 001 - 2008 - MINAM	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA	CATEGORÍA 3 : RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES



Φιγυρα Ν° 21: Αναλίστις ΥΝΠΡΓ Μ6