

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país fundamentalmente agrícola, pero también una de las grandes economías se mueve a través del desarrollo pesquero y camaronero, en las costas ecuatorianas.

Para las grandes exportaciones del sector camaronero, cuenta en el país con grandes empacadoras de camarón, donde dicha actividad se somete a un proceso, por el cual el alimento se conserva fresco y de calidad para su posterior exportación, que ocasiona por la actividad de producción residuos líquidos industriales, derivados del proceso de producción y la limpieza de las instalaciones.

En la actualidad se cuenta con información de publicaciones de artículos, folletos, revistas, del empleo de lombrices acuáticas, el tratamiento de aguas residuales domésticas, al ser una experiencia innovadora el logro de resultados positivos a obtener, mediante la investigación y contar con la bibliografía existente para el presente proyecto.

Como soporte de la investigación se efectuaron pruebas pilotos en sistema de tratamiento tipo laboratorio y en una planta de tratamiento de una empacadora de camarón de la ciudad de Guayaquil, mediante la adaptación y aplicación de lombrices acuáticas, al tener como objetivo principal la degradación de la materia orgánica, y llegar a resultados óptimos de tratamiento, y cumplir con las normas ambientales vigentes.

La presente investigación cuenta con seis capítulos bien estructurados y desarrollados.

Capítulo 1.- Donde se desarrolla el planteamiento del problema, al hacer un análisis minucioso y detallado del tema a investigarse, también una evaluación interna del mismo. Se presenta la construcción de los objetivos el general y los específicos, que sirven como guía y camino para llegar a un fin propuesto. Se menciona la justificación de la investigación donde se manifiesta, la importancia, trascendencia , utilidad científica y práctica que alcanzará la investigación, se describe los beneficiarios directos e indirectos, el aporte social y el impacto que tendrá el trabajo cuando se lo desarrolle en gran escala.

En el Capítulo 2.- Se describe la fundamentación teórica de los contenidos relevantes los cuales sirven para la estructura de la metodología y desarrollo de la investigación de campo. Se plantea la fundamentación legal donde se describen leyes, normas y reglamento que sustentan el presente trabajo de investigación.

En el Capítulo 3.- Se plantea la metodología a seguir en el desarrollo del proyecto al contar con métodos y técnicas de investigación.

En el Capítulo 4.- Se describe el desarrollo integral de toda la investigación realizada respecto al sistema de tratamiento planteado de acuerdo al tema de investigación.

En el Capítulo 5.- Se describe el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el trabajo de campo.

En el Capítulo 6.- Se plantea las conclusiones y recomendaciones a las que se llega, una vez que el trabajo de investigación se encuentra concluido, como aporte a futuras investigaciones en temas similares.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Definición del problema

La práctica para el tratamiento de aguas residuales industriales de muchas empacadoras de camarón en el Ecuador, se efectúa mediante la utilización de sistemas de tratamiento con bacterias, lo que conlleva a este procedimiento a ser el más utilizado, y las causas para ello es la poca investigación en el campo científico ecuatoriano para desarrollar otra forma de tratamiento con la utilización de materias primas que existan en nuestro medio como las lombrices (oligoquetos).

El problema se desarrolla en:

Campo: Investigación

Área: Ingeniería Ambiental

Aspecto: Degradación de la materia orgánica mediante la adaptación y aplicación de lombrices (oligoquetos)

Tema: Tratamiento de aguas residuales industriales

Formulación del problema.

¿Cómo se desarrolla la adaptación y aplicación de lombrices en la degradación de la materia orgánica, para el tratamiento de las aguas residuales industriales de una empacadora de camarón?

La evaluación del problema de investigación, se desarrolla en base a los siguientes aspectos: claro, concreto, delimitado, contextual y factible.

1.2. Antecedentes

En la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, se ha desarrollado un sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas, mediante la aplicación de lombrices, denominado técnica Tohá o Lombrifiltro, con resultados exitosos los cuales son eficientes en la remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos.

En el Ecuador donde se plantea la presente investigación no existe antecedente o información de que se haya desarrollado un sistema de tratamiento de similares características al planteado y mucho menos para aguas residuales industriales de empacadoras de camarón

1.3. Objetivos

1.3.1.- Objetivo general

- ❖ Recuperar en un porcentaje aceptable la calidad del agua, del efluente de una empacadora de camarón, mediante su tratamiento con lombrices (oligoquetos), y cumplir con las normas ambientales vigentes para descarga de aguas residuales industriales.

1.3.2.- Objetivos específicos

- ❖ Degradar la materia orgánica presente en el agua residual de camarón, mediante la aplicación de lombrices (oligoquetos), para no contaminar y proteger el medio ambiente.

- ❖ Generar información para la aplicación de lombrices (oligoquetos) en el tratamiento de otra clase de agua contaminada.
- ❖ Ejecutar un proyecto de investigación, con la finalidad de aprovechar un recurso natural que se posee en nuestro medio
- ❖ Cumplir con las normas ambientales vigentes para descarga de aguas residuales industriales

1.4. Justificación

En las empacadoras de camarón del país, se evidencia un inadecuado tratamiento de sus aguas residuales industriales, al utilizar siempre los sistemas tradicionales que es la aplicación de bacterias lo que se ha hecho una práctica general.

El tema de investigación es trascendental porque se hará un estudio para la adaptación de las lombrices (oligoquetos), a las características de las aguas residuales que se tratarán, permitir de esta manera alcanzar el porcentaje óptimo para la degradación de materia orgánica presente en el agua y conseguir un impacto significativo en la comunidad industrial, la población y el ambiente.

La investigación contribuirá a utilizar y optimizar recursos propios de nuestro país como la utilización de las lombrices (oligoquetos), métodos, talento humano, entre otros. Los beneficiarios directos de la investigación serán los empresarios que adopten este modelo de tratamiento, la población

que genere el tipo de materia prima a utilizar, y en general toda la población inmersa con la práctica ambiental en el país.

También tiene importancia social significativa, ya que los profesionales afines a la ingeniería ambiental o con prácticas en tratamiento de aguas residuales industriales, estarán en capacidad de aplicar el tratamiento desarrollado en la presente investigación para resolver los problemas ambientales del país.

La presente investigación se considera factible por cuanto la comunidad industrial y profesional de nuestro país siempre busca cambios positivos y la aplicación del presente tratamiento para aguas residuales industriales de empacadoras de camarón es un cambio para mejorar. Es sostenible ya que los profesionales inmersos en la rama que adquieran este sistema de tratamiento, se convertirán en multiplicadores de la presente técnica.

1.5. Hipótesis

La utilización de lombrices acuáticas (Oligoquetos) es un sistema de tratamiento eficiente para la degradación de la materia orgánica en aguas residuales de una empacadora de camarón.

1.6. Ubicación geográfica

La investigación de campo se desarrollará en una planta piloto en una empacadora de camarón ubicada en la ciudad de Guayaquil, Km 5,5 vía a Daule, (ver anexo plano de ubicación)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1.- Naturaleza de las aguas residuales industriales

Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales, que pueden tener diferentes orígenes como: agua usada como medio de transporte, de lavado y de enjuague, de transformaciones químicas usar el agua como disolvente, como subproducto de procesos físicos de filtración o destilación. El desarrollo de una política en medio ambiente en los países industrializados, que asegure el propio proceso productivo, implica una limitación cada vez más estricta sobre los contaminantes.

- Algunos de ellos, especialmente metales pesados, y ciertas sustancias orgánicas, están sometidos a diversas restricciones, y para algunas industrias se requieren autorizaciones basadas en estudios de impacto ambiental.

Los contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y por su naturaleza química pueden ser orgánicos e inorgánicos, como por ejemplo:

- Materia orgánica soluble, medida como DBO, DQO o COT
- Aceites, grasas y material flotante
- Nutrientes
- Sólidos en suspensión y materia coloidal

- Color, turbidez y olor
- Acidez o alcalinidad
- Metales pesados
- Contaminantes orgánicos especiales.

2.1.2.- Criterios de un tratamiento de agua residual industrial

En el análisis de la solución más económica, además de los criterios financieros, intervienen los consumos de productos químicos, la energía, la mano de obra y los rendimientos y pérdidas de agua en el tratamiento. La energía no es el componente más importante en la mayoría de tratamientos, que generalmente se la utiliza para el bombeo, circulación o agitación. Una excepción importante es la ósmosis inversa donde la energía es un término principal y en contrapartida el consumo de reactivos es mínimo.

El factor de mano de obra es importante al momento de decidir entre equipos muy automatizados o equipos de funcionamiento manual.

Históricamente las aguas residuales industriales no han sido un factor intrínseco de la producción y se suponía que el medio ambiente las absorbía y les daba un tratamiento natural. El progreso cultural e industrial acabó llevando aquella práctica a situaciones límite.

El costo de consumo de agua en la producción y el costo derivado de los vertidos de aguas residuales han orientado a recomponer muchos procesos industriales para disminuir ambos costos. El estudio de un tratamiento de aguas se inicia por un análisis de inventarios de vertidos y su posible reducción, y del potencial reciclado de aguas después de su

depuración. Una depuración suficiente puede significar la reutilización de importantes volúmenes de agua y del correspondiente ahorro en el consumo.

Para dimensionar una depuradora, necesariamente hay que hacer un balance de los efluentes, con sus caudales instantáneos y medios. No es suficiente partir de consumos de agua, especialmente si parte es absorbida por los procesos de fabricación o hay pérdidas por evaporación.

La selección del tratamiento suele requerir ensayos previos del laboratorio o planta piloto. Los ensayos físico químicos son de relativa rapidez, pero los biológicos pueden requerir meses hasta obtener resultados fiables.

La neutralización química de efluentes es un tratamiento necesario en la mayoría de las industrias, y a veces el único.

Para el tratamiento de aguas residuales industriales: la fisicoquímica y la biológica. El tratamiento fisicoquímico tiene un costo de reactivos químicos elevados, mientras que las depuraciones biológicas aerobias son grandes consumidoras de energía, utilizada en añadir el reactivo principal que es el oxígeno del aire.

Las depuraciones biológicas anaerobias, no sólo reducen el consumo energético sino que pueden ser productoras de energía, pero necesitan inversiones costosas y sólo actúan de forma estable sobre algunos sustratos orgánicos naturales.

La depuración biológica tiene su campo de aplicación limitado a vertidos que contienen compuestos orgánicos. Para el resto de vertidos el único medio puede ser el tratamiento fisicoquímico que, frente a un elevado costo de reactivos altos, puede requerir menores inversiones.

2.1.3.- Selección de un tratamiento

El objetivo de cualquier tratamiento es eliminar los componentes definidos como contaminantes, molestos o con efectos nocivos para el medio ambiente, y ajustar la calidad del agua vertida a las especificaciones legales.

La mejor forma de tratar un agua residual depende de una serie de factores:

- ✓ Caudal
- ✓ Composición
- ✓ Concentraciones
- ✓ Calidad requerida del efluente
- ✓ Abundancia de agua
- ✓ Posibilidad de reutilización
- ✓ Posibilidad de vertido a una depuradora municipal
- ✓ Tasas de vertido.

Así dentro del tratamiento de aguas residuales industriales, se tiene varias etapas donde las aguas remueven parte de su componente tóxico y contaminante. A continuación se menciona las diferentes etapas del tratamiento:

2.1.3.1.- Pretratamiento

En el desbaste se retienen los sólidos de mayor tamaño, que podrían provocar un mal funcionamiento de los quipos posteriores, pueden usarse diferentes quipos: rejas, tamices autolimpiantes, microfiltros.

La homogenización tiene como objeto uniformizar los caudales y características del efluente cuando los vertidos son irregulares discontinuos o diferentes.

La neutralización de vertidos persigue eliminar la acidez o alcalinidad que presentan casi todas las aguas residuales. A veces se consigue un cierto grado de neutralización al mezclar vertidos de pH opuestos. Los vertidos ácidos se neutralizan por adición de un álcali, en general se usa cal por razones de costo, y dosificarla como lechada de cal, o hacer que el vertido atraviese un depósito relleno con carbonato de calcio.

2.1.3.2.- Tratamientos primarios

Los tratamientos primarios preparan las aguas residuales para su tratamiento biológico, eliminan ciertos contaminantes y reducen las variaciones del caudal y concentración de las aguas que llegan a la planta.

Los decantadores primarios se utilizan para separar los sólidos en suspensión por un proceso de sedimentación, las partículas más densas que el agua se separa por acción de la gravedad, algunas partículas como la arena, sedimentan en forma discreta, otras muestran tendencia a aglomerarse. El mayor tamaño de los flóculos ayuda a decantar mejor. Este fenómeno se aprovecha para incluirlo en las partículas difícilmente decantables, en un proceso previo de coagulación.

Se distinguen, por tanto, el proceso de decantación simple del proceso de decantación físico- químico que puede realizarse en equipos independientes, o combinadas en un solo equipo.

2.1.3.3.- Tratamientos secundarios – Procesos biológicos.

El objetivo principal del tratamiento biológico es estabilizar la materia orgánica, coagular y remover los sólidos coloidales que no sedimentan y que se encuentran en las aguas residuales, al depender de las circunstancias locales se puede incluir otros objetivos tales como la remoción de nutrientes como el nitrógeno y fósforo, así como rastros de compuestos orgánicos.

El nivel fundamental, del tratamiento biológico comprende:

- ✓ La conversión de la materia orgánica carbonácea disuelta y en estado coloidal en diferentes gases y tejidos celulares.
- ✓ La formación de copos biológicos compuestos de materia celular y de los coloides orgánicos presentes en las aguas residuales
- ✓ Remoción de los copos biológicos por medio de sedimentación por gravedad.

Se debe tener en cuenta que si el tejido celular no se retira por precipitación, este ejercerá una DBO en las aguas residuales y el tratamiento será incompleto.

A continuación se describe los tratamientos biológicos tradicionales más comúnmente empleados para la degradación de la materia orgánica en aguas residuales industriales a nivel mundial y en nuestro país.

Tratamientos aerobios

Los tratamientos aerobios son aquellos en los que la biomasa está constituida por microorganismos aerobios o facultativos consumidores de oxígeno. El carbono de la materia orgánica disuelta en el agua se convierte parcialmente en CO₂, con producción de energía, y en parte es anabolizada para sintetizar materia celular.

Existen distintos tipos de proceso aerobio, cuya selección depende del volumen, concentración, características de la sustancia disuelta, variabilidad del vertido y del costo de energía.

Proceso de fangos activos

El proceso de fangos activos, consiste en poner en contacto en un reactor el agua residual, la biomasa y el oxígeno disuelto, en condiciones de agitación para mantener la biomasa en suspensión y asegurar un buen contacto con oxígeno disuelto. Aunque el aporte de oxígeno se calcula en función de la carga orgánica del vertido, hay que verificar que su introducción se realice al añadir la energía suficiente para la mezcla de los componentes.

Después de un tiempo de reacción suficiente, la masa de fangos activos se lleva a un decantador secundario donde se separa el agua clarificada. Parte de los fangos sedimentados se devuelve al reactor para mantener la concentración de biomasa requerida y el resto se elimina como purga.

La proporción de fangos que hay que recircular es un parámetro fundamental para el control de una depuradora biológica, con él se regula la carga másica del trabajo del reactor al reintroducir solamente aquella

cantidad de células necesarias para mantener la relación de la carga especificada.

Sistemas de tratamiento con lagunas

Mc. Gauhey. (1968)

Las lagunas no son más que excavaciones realizadas en un terreno para el tratamiento de aguas residuales. (Pág. 87).

Las lagunas en el tratamiento de aguas residuales poseen una profundidad variable, pueden ser poco profundas o bastante hondas. Las lagunas se clasifican al tener en cuenta concentración de oxígeno disuelto (nivel de aerobividad), y la fuente que suministra el oxígeno necesario para la asimilación bacteria de compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales, y las clasifica de la siguiente manera.

Cuadro N° 2.1.- Clasificación de las lagunas con base en la presencia y fuente de oxígeno

Clases de lagunas	Presencia de oxígeno
Aerobia	La fotosíntesis suministra el oxígeno necesario para mantener condiciones aerobias en toda la columna de agua
Facultativa	La zona superficial es aeróbica La zona superficial puede ser anóxica o anaeróbica
Aireada con mezcla parcial	La aireación superficial produce una zona aerobia que puede alcanzar la totalidad de la profundidad, que depende del ingreso del oxígeno y de la profundidad de la laguna
Anaerobia	La totalidad de su profundidad es anaerobia

Fuente: Crites, p 528

REED, (1995).

Aunque el efluente de un sistema de lagunas facultativas contenga sólidos en suspensión, las características de estos, difieren en el carácter de los sólidos suspendidos presentes en el afluente, por tratarse básicamente de algas en suspensión. (P. 187).

Muchas de las lagunas con descarga controlada o de control hidráulico son facultativas. Y todas las clases de lagunas pueden funcionar con descarga continua.

Lombrifiltros o sistema Tohá

Los tratamientos de aguas residuales domésticas e industriales por métodos convencionales hoy en día son remplazados por tecnologías más favorables con el medio ambiente y de fácil acceso desde el punto de vista económico , por ende se hace necesario cambiar las tecnologías convencionales con métodos no tradicionales, que permiten de esa manera abrir un campo de estudio en donde se puede obtener un sistema de tratamiento para mejorar la calidad de los efluentes, y de sus desechos los cuales puedan ser reutilizados en diferentes actividades.

La técnica del sistema TOHÁ o LOMBRIFILTRO, es estructurado por varios estratos filtrantes inertes y orgánicos, el cual es usado para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Este sistema se desarrolló en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

En el estrato superior, del LOMBRIFILTRO, se tiene una gran densidad de lombrices y microorganismos que se encargan de degradar la materia orgánica presente en el agua residual industrial.

Una de las ventajas de esta técnica es que, para su tratamiento no necesita de tiempos de retención, ya que la alimentación del agua cruda se la hace por aspersión, la cual ingresa por infiltración hacia el interior del LOMBRIFILTRO.

El proceso de mantenimiento y operación de la planta LOMBRIFILTRO, es sumamente bajo, ya que no necesitan muchos operarios ni mucho consumo de energía, en cuanto al espacio físico, se necesita de un área media reducida para la implantación y funcionamiento del sistema.

2.1.4.- Clasificación científica

Los Anélidos.- son gusanos celomados segmentaos, incluyen las familias de las lombrices de tierra, marinas y sanguijuelas, y otras especies dulceacuícolas y marinas.

Estas especies presentan en su cuerpo tres regiones:

- ✓ **Cabeza.-** Está representado por el primer segmento llamado Prostomio.
- ✓ **Tronco.-**
- ✓ **Pigidio.-** Es la parte terminal del cuerpo que lleva el ano

Los anélidos presentan tres clasificaciones:

- ✓ **Poliquetos.-** Polychaeta, gusanos marinos
- ✓ **Oligoquetos.-** olygochaeta, lombriz de tierra, acuática
- ✓ **Hirudineos.-** hirudinea, sanguijuelas.

De acuerdo a la presente clasificación descrita, y a la característica del agua residual industrial de una empacadora de camarón, se establece trabajar con los oligoquetos conocidos como lombrices de tierra y acuáticas

Reino: animalia - Filo. Anélida - Clase: clitellata - Subclase: oligochaeta

Fotografía 2.1.- Lombriz de Tierra (Oligoqueto)



Fuente: Zoología de Invertebrados (Rupper Barner) 1997

Los oligoquetos (Oligochaeta; del griego oligos, poco, pequeño, y del latín chaetae, cerdas) es una subclase del filo Annelida, (anélidos o gusanos segmentados), Clase Clitellata (que poseen un clitelo, o 'collar' que forma un cocón reproductivo), que incluye de 3.500 a 4.000 especies, las cuales se encuentran en una gran variedad de hábitats: terrestres (la gran mayoría), marinos, dulciacuícolas y de vida parasitaria (muy pocos).

A diferencia de los poliquetos, los oligoquetos están desprovistos de parapódos y las quetas son pequeñas y escasas; en los oligoquetos marinos, dichas quetas son más largas y abundantes que en los terrestres. El oligoqueto más representativo es la lombriz de tierra.

Otras especies de oligoquetos son los tubifex (Tubificidae), *Lumbriculus variegatus* (Lumbriculidae) comedores de detritus, filtradores y predadores como *Agriodrilus* y *Phagodrilus*.

2.1.5.- Morfología externa

La forma general del cuerpo es casi cilíndrica. Como en el resto de anélidos, el cuerpo está dividido en metámeros, y posee tres regiones:

- **Prostomio** o región cefálica, que, a diferencia de los poliquetos, carece de apéndices.
- **Tronco** o región mediana, constituido por metámeros homónomos, en un número que oscila de 7 a 600. Salvo raras excepciones presentan cuatro pares quetas por metámero, siempre menos numerosas que en los poliquetos. Las quetas anclan al animal en el desplazamiento y en la excavación de túneles.
- **Pigidio**, donde se abre el ano.

Ciertas especies poseen quetas sexuales, más largas, que son excitantes durante la cópula y que pueden actuar como órganos penetrantes para la inseminación.

La mayoría de los oligoquetos poseen en el dorso unos poros que conectan con el celoma por donde expulsan sustancias de carácter

defensivo, provista de antibióticos (en lombrices que viven en medios con materia orgánica en descomposición) o de olor y sabor repugnante.

Una formación muy evidente en los oligoquetos es el clitelo. Se trata de zona glandular con segmentos más hinchados que el resto y que es la manifestación externa de los órganos sexuales; a veces posee tubérculos prominentes que se usan en la sujeción de la pareja durante la cópula. El clitelo aparece en el momento de la madurez sexual y es el responsable de la formación del capullo donde se desarrollarán los huevos, y de la formación del cilindro mucoso que sirve para la cópula. El clitelo y sus anexos tienen una gran importancia en la sistemática del grupo.

2.1.6.- Anatomía

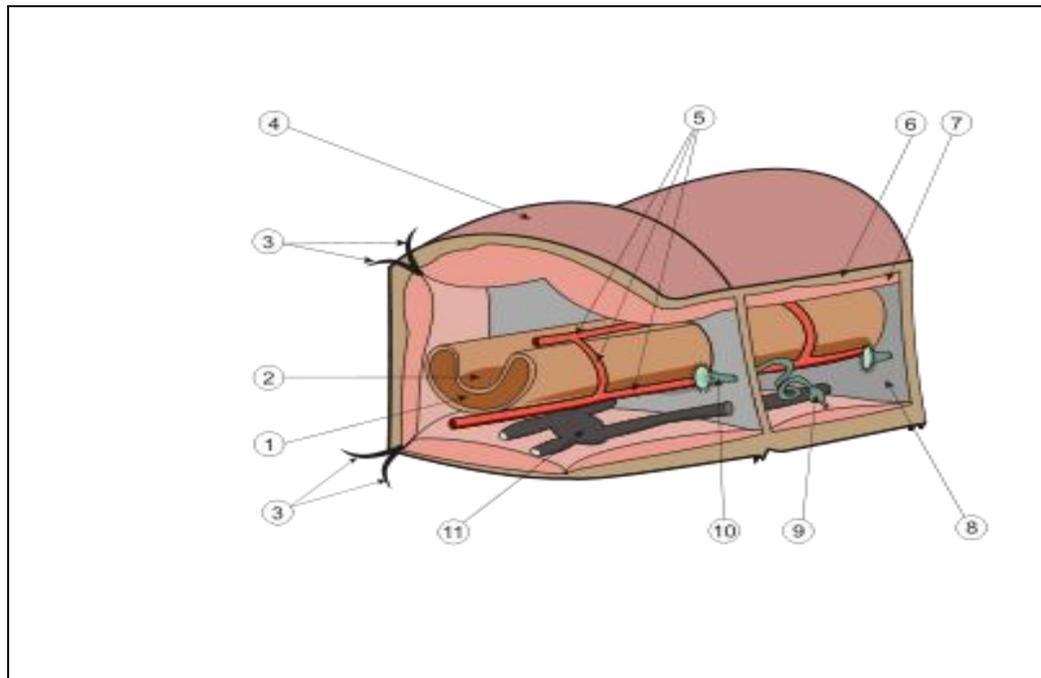
La cavidad general, llamada celoma, está llena de fluido en la cual están suspendidos el intestino y otros órganos. Los oligoquetos tienen típicamente un celoma espacioso que es usado como hidroesqueleto. El celoma está dividido en segmentos mediante tabiques transversales. El celoma comunica con el exterior por los poros dorsales y por los poros excretores de los nefridios situados en la región lateroventral.

Cada tabique separa un segmento del cuerpo, que incluye una porción de los sistemas nervioso y circulatorio, y permite que funcione de manera relativamente independiente; cada uno de estos segmentos se denomina metámero. Cada metámero está marcado externamente por uno o más anillos.

Cada metámero tiene una capa externa (una delgada cutícula y epidermis con abundantes células productoras de moco) y, por debajo, una

capa de músculo circular sobre una de músculos longitudinales, que son las responsables de los movimientos peristálticos con que se desplaza el animal. En la lombriz de tierra, los músculos longitudinales están reforzados por laminillas colagenosas.

Grafico. N° 2.1.- Diagrama Anatómico de un Oligoqueto



Fuente: Zoología de Invertebrados (Rupper Barner) 1997

Diagrama Anatómico de un Oligoqueto: 1.- lumen intestinal. 2.- tiflosolio. 3.- quetas. 4.- cutícula. 5.- vasos sanguíneos. 6.- musculatura circular. 7.- musculatura longitudinal. 8. - septo metamérico. 9. - vesícula metanefridial. 10. - metanefridio. 11. - ganglio nervioso ventral metamérico.

2.1.7.- Aparato digestivo y excretor

El aparato digestivo se inicia en la boca, que puede ser reversible, a la cual sigue la faringe, abundante en fibras musculares, capaz de producir una gran succión (forma de alimentación típica de las lombrices de tierra). A continuación vienen el estómago (formado por buche y molleja), el intestino el recto y el ano. El intestino posee un surco mediano dorsal denominado tiflosole que incrementa la superficie de absorción. La mayoría de oligoquetos se alimentan de materia orgánica en descomposición, hojas caídas y vegetación.

En la superficie externa del intestino, que rodea el vaso sanguíneo dorsal, se encuentra el llamado tejido cloragógeno, propio de oligoquetos. Éste está constituido por células peritoneales modificadas (células cloragógenas), y cumple una función análoga a la que realiza el hígado en otros grupos animales, a saber, sintetiza y almacena glucógeno y grasas.

Los metanefridios eliminan los desechos del metámero. Los oligoquetos acuáticos excretan amonio mientras que los terrestres excretan urea, mucho menos tóxica.

2.1.8.- Aparato circulatorio y respiratorio

La circulación es cerrada, con un vaso dorsal pulsátil provisto de válvulas que actúa como corazón, e impulsa la sangre hacia adelante, y un vaso ventral que la conduce hacia atrás; ambos están unidos por vasos transversales metaméricos. La sangre posee células ameboides incoloras; es roja ya que contiene, disuelta en el plasma, hemoglobina y, a veces, eritrocruorina.

El intercambio gaseoso es básicamente cutáneo, aunque algunos oligoquetos acuáticos poseen también respiración intestinal y otras branquias externas.

2.1.9.- Sistema nervioso

El sistema nervioso mantiene la estructura anélida básica, con ganglios cerebroides, collar pariesofágico y cordones longitudinales, con conectivos transversales y pares fusionados de ganglios en cada metámero. En el cerebro y en los ganglios ventrales hay células neurosecretoras, de función endocrina, que secretan neurohormonas que regulan la reproducción, los caracteres sexuales secundarios y la regeneración.

Los órganos de los sentidos son simples y están distribuidos por todo el cuerpo. Carecen de ojos pero tienen fotorreceptores en forma de lente por toda la epidermis, así como quimiorreceptores unicelulares; hay también muchas terminaciones nerviosas libre de probable función táctil.

2.1.10.- Reproducción y desarrollo

Los oligoquetos son hermafroditas proterándricos (las gónadas masculinas maduran antes que las femeninas), por lo que no pueden autofecundarse y necesitan aparearse; las gónadas están situadas en el clitelo. Los gametos son evacuados al celoma y salen al exterior por los gonoductos (oviductos y espermiductos). Generalmente presentan uno o dos pares de espermatecas, unos receptáculos donde se almacenan espermatozoides durante la cópula.

La mayoría de oligoquetos tienen fertilización externa (aunque en la familia africana de los Eudrilidae es interna). En el apareamiento, dos

individuos se acoplan ventralmente y en sentido opuesto y el clitelo segrega una sustancia mucosa que facilita que los espermatozoides de cada individuo, recubiertos por una cápsula quitinosa (tecocisto), pasan a las espermatecas del otro. Hay por tanto, intercambio mutuo de espermatozoides, y actúan los dos individuos como macho.

Tras la cópula, el clitelo segrega una sustancia que se coagula en contacto con el aire y forma un capullo gelatinoso en forma de anillo que se desplaza con los movimientos del cuerpo; primero pasa por los gonoporos femeninos donde recoge los óvulos y posteriormente por las espermatecas, donde recoge los espermatozoides, y se produce la fecundación. El capullo es luego depositado en el suelo o el limo. Su desarrollo es directo, no pasa por una larva trocófora.

La eclosión se retarda más cuanto más baja es la temperatura (de uno a cuatro meses), y lo mismo ocurre con la madurez sexual de los jóvenes (entre 6 y 10 meses).

En las formas más primitivas el modo normal de reproducción es la asexual, es la sexual una excepción. No obstante, dada la gran capacidad de regeneración, todos los oligoquetos pueden multiplicarse asexualmente por escisiparidad.

El crecimiento en muchos grupos ocurre por la duplicación de unidades segmentarias individuales. En otros el número de segmentos está fijado desde el desarrollo temprano.

2.1.11.- Sistemática

Recientes análisis cladísticos basados en datos moleculares sugieren que los oligoquetos y los hirudíneos serían subclases de la clase clitelados (Clitellata).

2.2. Fundamentación legal

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Reformada por la Asamblea Nacional Constituyente vigente R.O. N° 449 desde el 20 de octubre del 2008, contempla disposiciones del Estado sobre el tema ambiental e inicia el desarrollo del Derecho Constitucional Ambiental Ecuatoriano, los artículos de mayor importancia son:

Art 14

Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak Kawsay*

Art.15

El estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria ni afectará el derecho al agua.

• LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Expedida el 30 de julio de 1999 en el Registro Oficial No. 245, esta ley establece los principios y directrices de la política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

- **SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL** este reglamento se expidió como parte del Libro IV de la Calidad Ambiental. Los principios del Sistema Único de Manejo Ambiental son el mejoramiento, la transparencia, la agilidad, la eficacia y la coordinación interinstitucional de las decisiones relativas a proyectos propuestos con potencial impacto y/o riesgo ambiental.

- **TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE**

El texto unificado fue expedido mediante Decreto Ejecutivo 3399 R. O. 725 del 16 de Diciembre del 2002. El objetivo del Texto Unificado de legislación secundaria del Ministerio es actualizar la legislación en materia ambiental y permitir ubicar con exactitud la normativa vigente en cada recurso natural.

LIBRO VI DE LA CALIDAD AMBIENTAL. Anexo 1.- Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente: Recurso Agua.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para la descarga en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Criterios generales de descargas de efluentes

1. Normas generales para descargas de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.

Normas generales para descargas de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.

El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado, a los efluentes, análisis de laboratorio y disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus Normas, mediante ordenanzas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso de los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y control de la Contaminación.

Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deberán ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla y mantenimiento.

Los sistemas de drenaje para las aguas domesticas, industriales y pluviales que se generen en una industria deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos o sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistemas de aguas lluvias.

Norma de descarga de efluente al sistema de alcantarillado público

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Los cuales incluyen las sustancias descritas en los literales a, b, c, d, y e, del presente numeral.

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos con los valores establecidos en la tabla 11 de límites de descarga al sistema de alcantarillado público, que se encuentra en el ANEXO 1 - LIBRO VI.- Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: RECURSO AGUAS

CAPÍTULO III

LA METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la investigación

La modalidad de la investigación que se utilizará en el desarrollo de la metodología del presente trabajo de investigación será la de CAMPO

3.2. Procedimiento de la investigación

Los pasos secuenciales para el desarrollo de la investigación serán:

- Desarrollo de la investigación teórica, marco legal, y planteamiento de la hipótesis
- Diseño de la investigación mediante la modalidad de campo
- Desarrollo y descripción de la investigación experimental
- Descripción de las técnicas de recolección de la información: técnicas de campo(experimentación)
- Se plantean y se describen los instrumentos que se utilizan en la recolección de la información(experimentación)
- Procesamiento, análisis e interpretación de resultados
- Validación del instrumento mediante pruebas pilotos
- Presentación de los resultados
- Conclusiones y recomendaciones

3.3. Población

3.3.1.- Caracterización de la población

La población a utilizar para el desarrollo de la investigación corresponde a las aguas residuales industriales de una empaedora de camarón ubicada en la ciudad de Guayaquil.

3.3.2.- Tipo de investigación

La presente investigación corresponde a una investigación de campo donde se aplica la técnica documental y la de campo (experimentación).

3.4. Técnicas de la recolección de la información

Las técnicas que se utilizará para la recolección de la información y de los datos en el presente trabajo de investigación serán: Técnica documental (para la elaboración del marco teórico) y la técnica de campo (experimentación).

3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de los resultados

La técnica que se empleará para el tratamiento de la información será la técnica estadística. Se revisara los instrumentos utilizados para la recolección de datos, así confirmar la información recolectada.

3.5.1.- Tratamiento de la información

Se dará el tratamiento a la información mediante la tabulación de los datos obtenidos de acuerdo a cada resultado obtenido en la experimentación de campo.

3.5.2.- Técnica estadística

Mediante las técnicas estadísticas, se hará el cálculo de las frecuencias simples, y se tabulará en gráficos estadísticos.

3.5.3.- Presentación de la información

La presentación de la información se hará en presentación tabular (cuadros estadísticos) y en representaciones gráficas (gráficos).

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Origen y características de las aguas residuales generadas en una empacadora de camarón.

La fuente de generación del agua residual industrial objeto de la investigación se produce en la empacadora de camarón OCEANPAC.S.A, ubicada en el Km 7,5 vía a Daule.

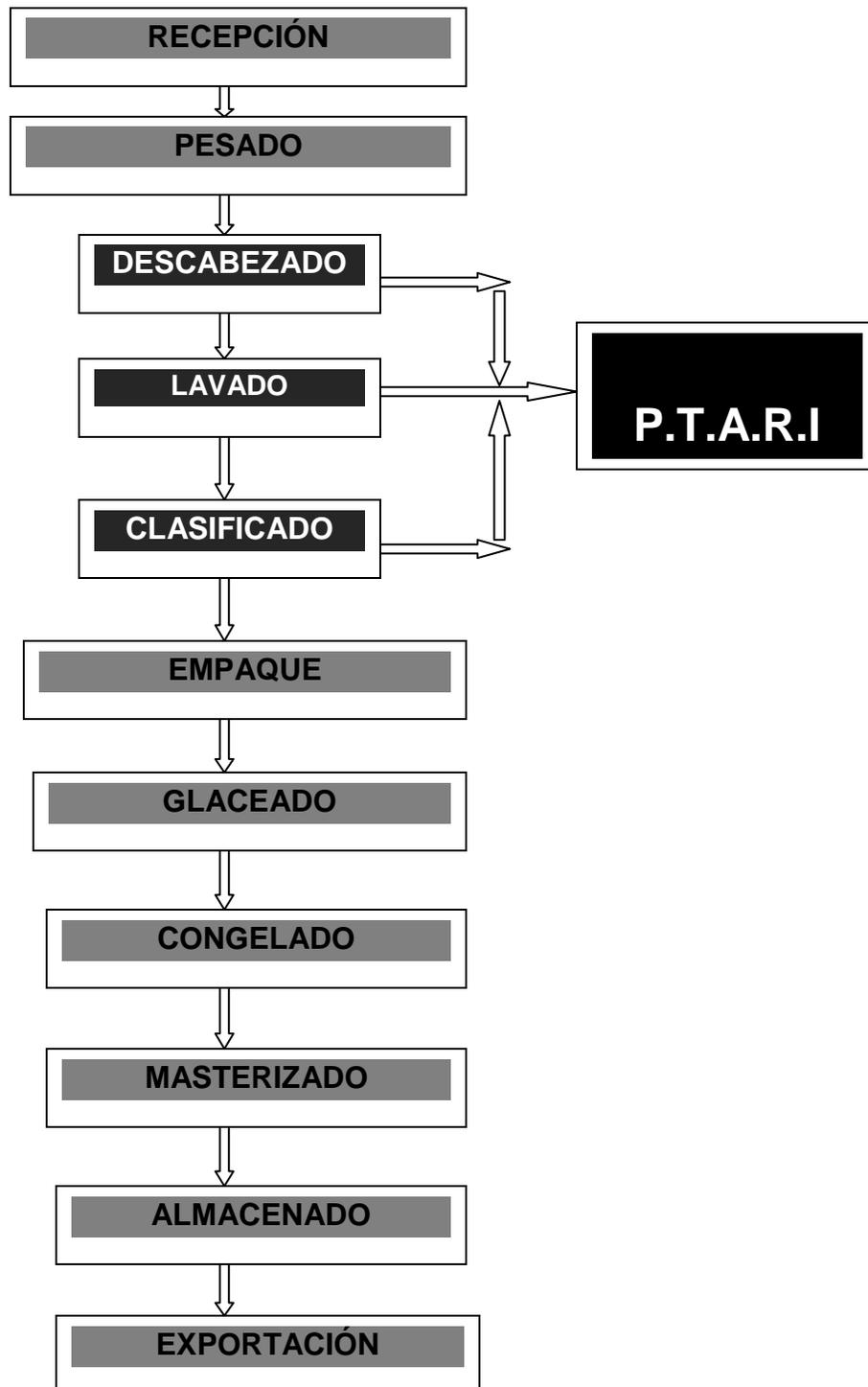
Las aguas residuales que genera la empacadora de camarón son del proceso de lavado de camarón y limpieza de planta. En el proceso de producción se utiliza como materia prima los camarones de la costa Ecuatoriana, aproximadamente 10.000 Lbs./mes de camarón pomada entero.

4.1.1.- Generación de agua de limpieza de camarón y planta

En la limpieza de camarón el agua se utiliza en el proceso de descabezado donde se limpia toda la sangre generada por esta actividad, en la clasificación se agrega agua al camarón para limpiar la grasa del mismo que tiene impregnado en el cuerpo y cola.

En la limpieza de planta, se usa agua para rosear toda superficie de trabajo como: mesas de trabajo, gavetas, recipientes usados en el proceso y todo el piso de la planta.

**Grafico N°4.1.- DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE PRODUCCIÓN
PLANTA DE CAMARÓN**



4.1.2.- Conducción y disposición del agua residual generada

El agua generada en la planta por la actividad de lavado de camarón y limpieza de planta, es conducida por canales abiertos, protegidos por rejillas, ubicadas en todas las áreas de la planta, hacia la parte frontal interior de la misma, la cual se descarga en una trampa de grasa, y seguidamente a un tanque de homogenización, para luego ser conducida por medio de bomba, hacia la planta de tratamiento de agua residual industrial, la misma que se encuentra ubicada en la parte anterior izquierda de la empacadora, para su respectivo tratamiento.

La planta de tratamiento de agua residual industrial de la empacadora donde se realizó la investigación, cuenta con las siguientes etapas de tratamiento:

- a) Desbaste de sólidos gruesos
- b) Trampa de grasa
- c) Un tanque de homogenización
- d) Un tanque sedimentador de dos fases
- e) Un tanque floculador mezclador
- f) Un tanque sedimentador de dos cámaras
- g) Un filtro ascendente de arena, grava, gravilla.
- h) Una cámara de aireación
- i) Descarga de agua residual tratada

La investigación sobre el tratamiento de aguas residuales industriales de una empacadora de camarón, se desarrolla en base a la teoría relevante y suficiente para poder aplicarla en el contexto del presente tratamiento, también contempla la fase de aclimatación y adaptación de los organismos

utilizados en la experimentación, como también el proceso de la experimentación propiamente dicha .A continuación se plantea las fases descritas para la investigación en insitu.

4.2.- Recolección de los organismos (lombrices).

Los organismos recolectados para el tratamiento de las aguas residuales industriales de una empacadora de camarón, provienen de las orillas del rio Chanchan, ubicado en el cantón Marcelino Maridueña Provincia del Guayas.

Se realizó una excavación de aproximadamente 40cm de profundidad, en una superficie de 1m², donde se empieza a recolectar a los organismos mediante una lampa y luego a separarlas de la tierra que se encuentra impregnada en los organismos. Sucesivamente la excavación se efectúa en otra parte de la orilla del rio hasta conseguir el número de lombrices necesarias para el tratamiento.

Fotografía 4.1.- Sitio de recolección de las lombrices



4.3.- Adaptación y Aclimatación.

Materiales

- ✓ Una tina de plástico transparente rectangular, donde se ocupa lo ancho y no la profundidad, evitar usar material metálico para que no se oxide con el tiempo.
- ✓ Tierra de la orilla del río propia donde habitan las lombrices, con el fin de preservar su estado de vida y facilitar la adaptación.
- ✓ Agua residual industrial de la empacadora de camarón, en pequeñas cantidades y de acuerdo al tiempo de adaptación.
- ✓ Malla plástica de orificio pequeño, para cubrir el recipiente y proporcionar la entrada de oxígeno.
- ✓ Termómetro de bolsillo
- ✓ Guantes de manejo
- ✓ Cantidades de hielo, para regular la temperatura
- ✓ Jarras plásticas
- ✓ Baldes plásticos
- ✓ Peachimetro de bolsillo

Procedimiento

- ✓ Se expande la tierra en toda la superficie del recipiente.
- ✓ Se vierte agua de la llave hasta unos 2cm de profundidad
- ✓ Se coloca las lombrices cuidadosamente en el recipiente plástico

Alimento

El alimento ideal y el que se ensaya para estos organismos es el agua residual de la empacadora de camarón, en cantidades proporcionales al número de organismos presentes en el recipiente. Conforme pasa el

tiempo y los días suficientes para la adaptación, el alimento se aumentaba de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla N°4.1.- Cantidad de Alimento

Tiempo	Cantidad de alimento	N° Lombrices
1° semana	250 ml	100
2° semana	500 ml	90

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Aclimatación

La aclimatación se llevó a cabo en función de la temperatura ambiente, mediante de un termómetro de bolsillo, y al controlar que no haya un cambio brusco de la misma entre el intervalo del monitoreo, efectuado cada cuatro horas, y para controlar la temperatura se recurrió a la adición de hielo, que mantiene y garantiza el desarrollo y la vida de las lombrices.

Tabla N°4.2.- Climatización día uno (Abril/08/2011)

Hora	Temperatura °C	pH	Alimento ml	Número de lombrices
12:00	32	7.5	250	100
16:00	31	7.5		
20:00	28	7.5		
24:00	28	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Tabla N°4.3.- Climatización día dos (Abril/09/2011)

Hora	Temperatura °C	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	28	7.5	250	100
08:00	28	7.5		
12:00	32	7.5		
16:00	28	7.4		
20:00	28	7.5		
24:00	25	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Tabla N°4.4.- Climatización día tres (Abril/10/2011)

Hora	Temperatura °C	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	28	7.5	250	100
08:00	28	7.5		
12:00	32	7.5		
16:00	28	7.4		
20:00	28	7.5		
24:00	25	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Tabla N°4.5.- Climatización día cuatro (Abril/11/2011)

Hora	Temperatura ° C	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	25	7.5	250	100
08:00	29	6.9		
12:00	31	7.2		
16:00	29	7.5		
20:00	28	7.4		
24:00	26	7.2		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Tabla N°4.6.- Climatización día cinco (Abril 12 /2011)

Hora	Temperatura	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	25	7.5	250	100
08:00	28	7.5		
12:00	29	6.9		
16:00	30	7.4		
20:00	28	7.2		
24:00	26	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Tabla N°4.7.- Climatización día seis (Abril 13 /2011)

Hora	Temperatura	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	26	7.4	250	100
08:00	28	7.5		
12:00	30	6.9		
16:00	30	6.5		
20:00	29	7.2		
24:00	25	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo

Tabla N°4.8.- Climatización día siete (Abril 14 /2011)

Hora	Temperatura	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	24	7.4	500	90
08:00	28	7.5		
12:00	30	7.2		
16:00	31	6.5		
20:00	28	7.5		
24:00	26	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo

Tabla N°4.9.- Climatización día ocho (Abril 15 /2011)

Hora	Temperatura	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	25	7.5	500	90
08:00	27	7.5		
12:00	30	6.4		
16:00	32	6.2		
20:00	30	6.0		
24:00	28	7.2		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo

Tabla N°4.10.- Climatización día nueve (Abril 16/2011)

Hora	Temperatura	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	26	7.5	500	90
08:00	28	7.4		
12:00	30	6.5		
16:00	30	6.8		
20:00	29	7.2		
24:00	26	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo

Tabla N°4.11.- Climatización día diez (Abril 17 /2011)

Hora	Temperatura	pH	Alimento ml	Número de lombrices
04:00	25	7.5	500	90
08:00	26	7.2		
12:00	30	6.5		
16:00	30	6.8		
20:00	28	7.2		
24:00	26	7.5		

Fuente: Proceso de adaptación de lombrices

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo

Fotografía 4.2.- Lombrices en aclimatación



Fotografía 4.3.- Conteo de lombrices



Fotografía 4.4.- Separación de lombrices por tamaño



4.4.- Dimensionamiento de la planta piloto de tratamiento

La planta piloto de aguas residuales industriales provenientes de una empacadora de camarón se dimensionó en base a la planta existente en la empacadora, para el efecto del dimensionamiento se redujo la escala real a una escala de 1: 40, en las fases donde se estableció el proceso de tratamiento.

A continuación se describen el dimensionamiento de cada unidad que se utilizó para la investigación de campo:

1.- TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

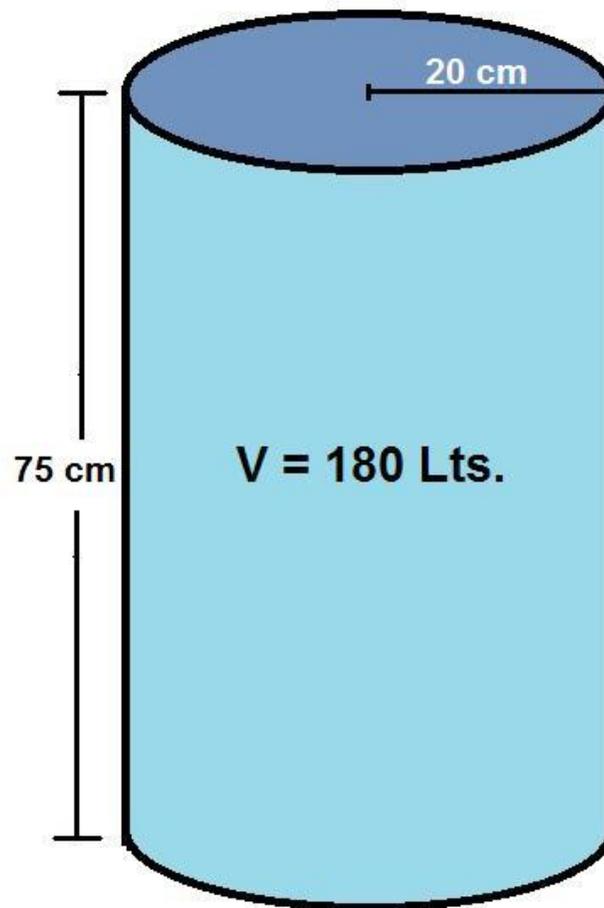
Dos tanques de 90 l (0,090m³) de capacidad = 180 l (0.180m³).

El tanque de homogenización para la presente práctica de investigación es de forma cilíndrica, de material plástico con una capacidad de 0.180m³, con tapa movable y provista de una línea de salida hacia la siguiente etapa de la planta piloto.

El objetivo principal del sistema de homogenización es: Mezclar todo el líquido residual proveniente de la planta, para obtener una mezcla homogénea y así facilitar el tratamiento del mismo,

La particularidad del tanque con el original es que el de objeto de investigación es cilíndrico mientras que el de la planta es de forma cuadrada, la determinación de la forma, se da por el espacio físico y la facilidad para la manipulación del mismo

Gráfico N°4.2.- Tanque de homogenización de la planta piloto de tratamiento



2.- TRAMPA DE GRASA (CAJA SEPARADORA DE GRASA).

Caja de 5 l de capacidad con dimensiones de: L=16,5cm – A=16,5cm
P= 18,5cm.

Es la primera etapa del tratamiento con que cuenta la planta piloto, que dispone de dos pantallas deflectoras en su interior, para la retención de grasa y algunos sólidos sedimentables.

Gráfico N°4.3.- Vista de planta trampa de grasa planta piloto de tratamiento

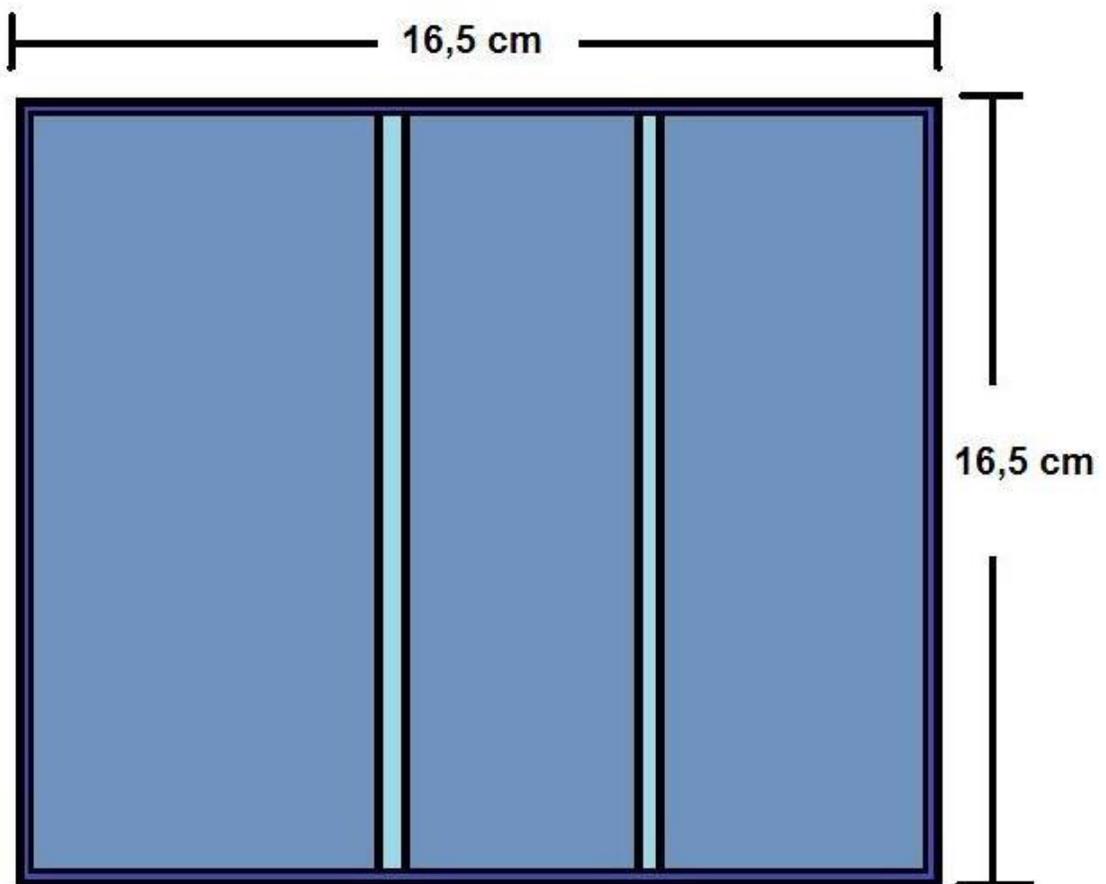
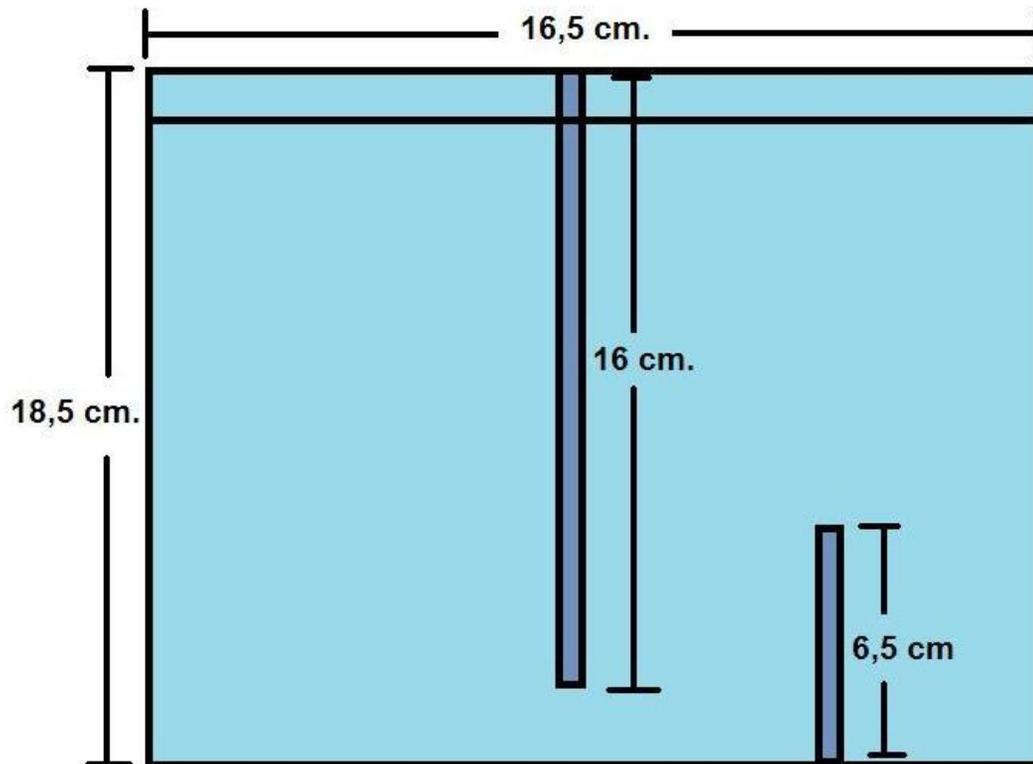


Gráfico N°4.4.- Vista frontal trampa de grasa planta piloto de tratamiento



3.- SEDIMENTADOR PRIMARIO CON PANTALLAS DEFLECTORAS.

5 l de capacidad con dimensiones de: L=16,5cm – A=16,5cm

P= 18,5cm.

Los tres criterios básicos que regulan el diseño de los tanques de sedimentación son: cantidad de agua que se va a tratar, tiempo de residencia determinado, gasto superficial determinado.

Para objeto del diseño del sedimentador que se utiliza para la investigación en el tratamiento de lombrifiltro, se toma en cuenta el dimensionamiento del que existe en la planta actualmente reducido a escala.

Gráfico N°4.5.- Vista de planta sedimentador primario planta piloto de tratamiento

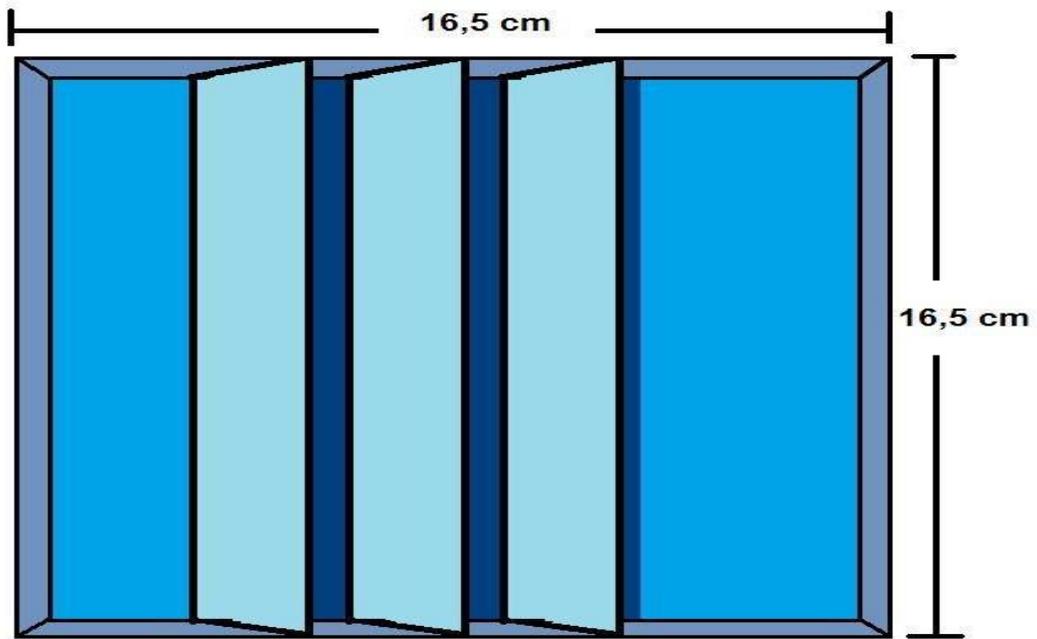
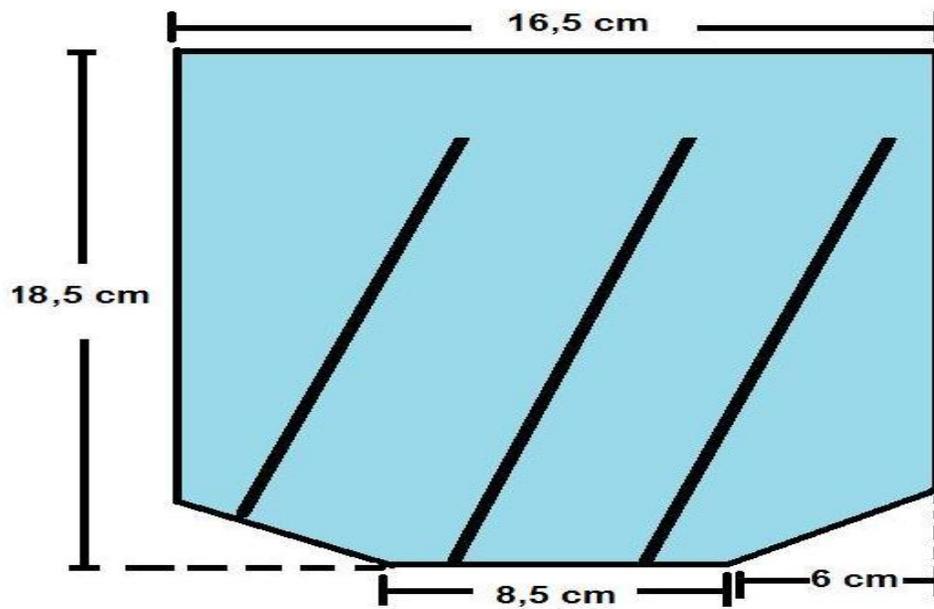


Gráfico N°4.6.- Vista frontal sedimentador primario planta piloto de tratamiento



4.- REACTOR DE LOMBRIFILTRO

5 l de capacidad con dimensiones de: L=16,5cm – A=16,5cm

P= 18,5cm.

El reactor como en los anteriores casos se diseñó al hacer el dimensionamiento a escala del real que existe en la planta.

Gráfico N°4.7.- Vista de planta Lombrifiltro planta piloto de tratamiento

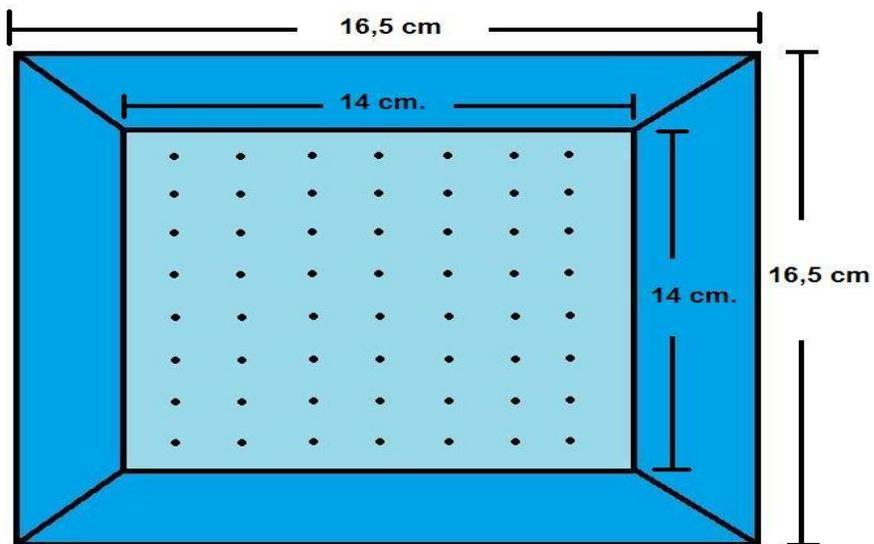


Gráfico N°4.8.- Vista frontal Lombrifiltro planta piloto de tratamiento

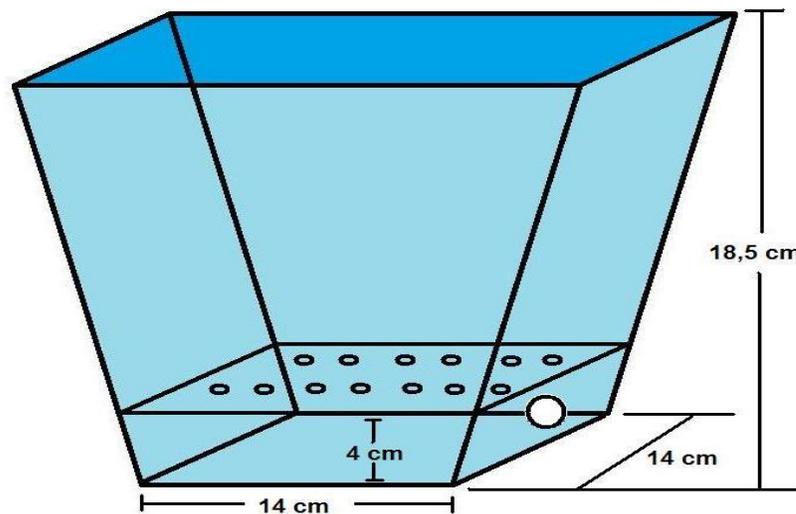
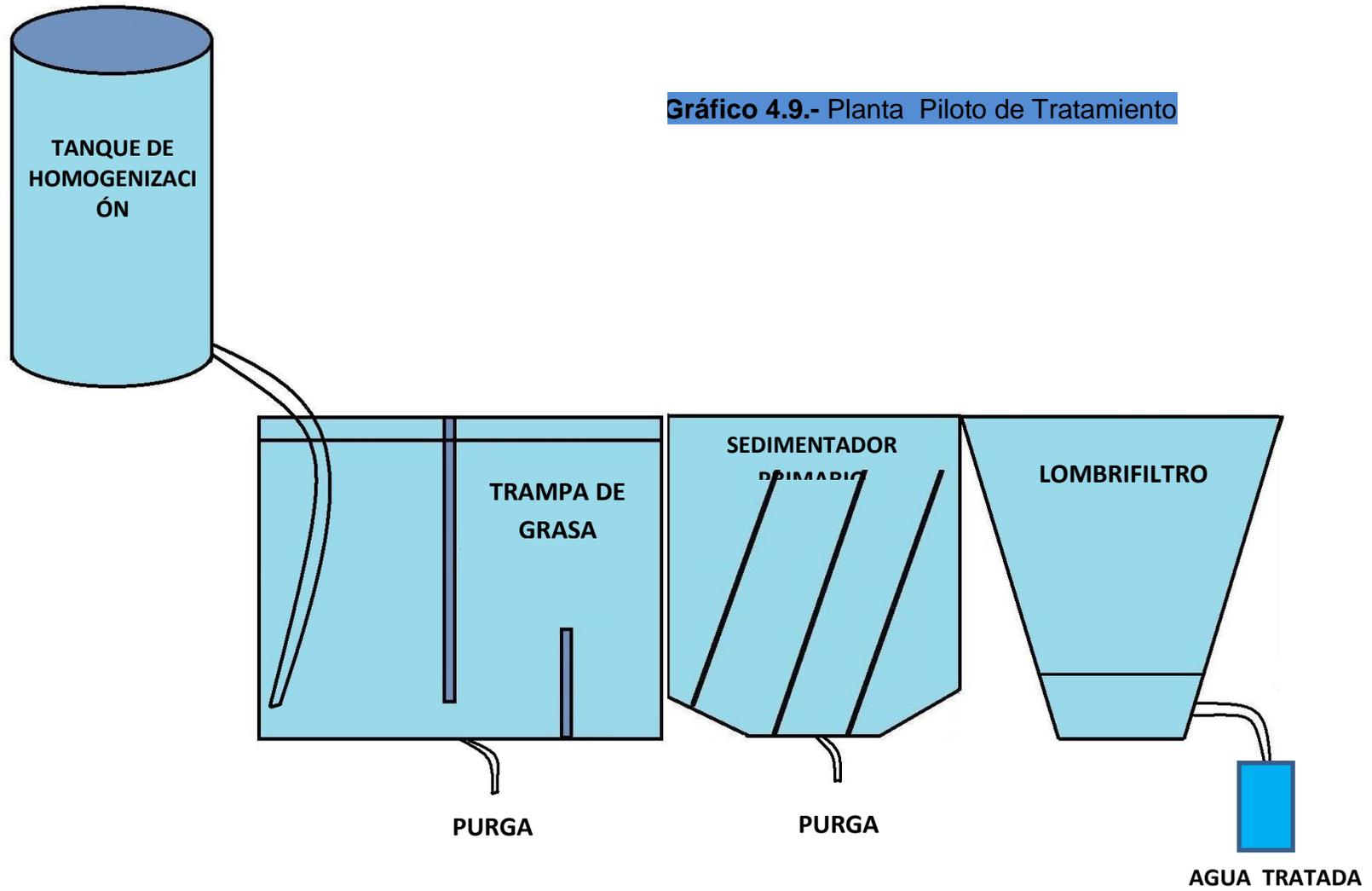


Gráfico 4.9.- Planta Piloto de Tratamiento



4.5.- Técnica del Lombrifiltro

El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales orgánicos (Riles), denominado sistema Tohá o LOMBRIFILTRO, es un sistema conformado por distintos estratos filtrantes inertes y orgánicos

En el estrato superior se tiene una gran cantidad de lombrices y microorganismos encargados de degradar la materia orgánica presente en el Agua Residual Industrial.

Funcionamiento.

- ✓ El agua residual es regada sobre un lecho compuesto por distintos estratos y cuya superficie es un lecho que contiene un alto número de lombrices
- ✓ El agua residual se escurre por el medio filtrante y queda retenida la parte sólida.
- ✓ La parte sólida del agua residual industrial es consumida y pasa a constituir por un lado masa corporal de las lombrices y por otro, las deyecciones de las lombrices es el llamado humus de lombriz.
- ✓ En caso de existir coliformes fecales, éstos son reducidos en un orden de magnitud debido a sustancias que son generadas por las lombrices consumidoras de materia orgánica.

Ventajas del sistema de tratamiento

- ✓ **No produce lodos inestables:** Este nuevo tratamiento degrada la totalidad de los sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales, sin producir lodos inestables como el resto de los sistemas de tratamiento.

- ✓ **El lecho filtrante no se impermeabiliza:** El lombrifiltro tiene una diferencia muy importante respecto de otros sistemas de filtros, no se colmata. Esta característica se debe principalmente a la acción de las lombrices que, con su incansable movimiento, crean túneles y canales que aseguran la 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.
- ✓ **Bajos costos operacionales:** El lombrifiltro tiene bajos costos energéticos ya que requieren básicamente la energía necesaria para activar las bombas de la planta elevadora.
- ✓ **Producen un subproducto que puede ser utilizado como abono natural:** Debido a que la materia orgánica de las aguas residuales 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 lombrifiltro, y ser utilizados como excelente abono agrícola, cuyo uso en forma excesiva no daña ni quema las plantas como en el caso de los fertilizantes químicos, y el agua tratada puede ser también utilizada.
- ✓ **Presenta una alta remoción de los siguientes parámetros:**
 - DBO: 95%
 - Sólidos totales: 95%
 - Nitrógeno total: 60%
 - Fósforo total: 70%

Comparación del Sistema Lombrifiltro con diferentes tratamientos existentes.

Cuadro N°4.1.- Comparación del método con Sistemas de Tratamiento Tradicionales

Sistemas de tratamiento	Requerimiento de área	Requerimiento de energía y equipos	Manejo de cantidad de lodos	Costo de inversión	Eficacia tratamiento
Lagunas de estabilización	Gran área	Planta elevadora	Alta cantidad de lodos, manejo complicado	Medios	Media a baja
Filtros percoladores	Área reducida	Planta elevadora más manejo de lodos	Alta cantidad de lodos, manejo complicado	Altos	Media
Lodos activados	Área reducida a media	Planta elevadoras más Aireadores más Manejo de lodos	Alta cantidad de lodos, manejo complicado	Altos	Media a Alta
Físico – Químico	Área reducida	Planta elevadora más Equipos de floculantes más Manejo de lodos	Alta cantidad de lodos, manejo complicado	Altos	Alta
Lombrifiltro	Área media a reducida	Planta elevadora más cámara de radiación	Lodos se transforman en humus, fácil de manejar	Bajos	Alta

Fuente: Universidad Nacional de Chile
 Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

4.6.- Tratamiento del agua residual industrial de una empacadora de camarón.

PROCESO CONTINUO.

Se dio inicio al proceso de tratamiento continuo, después de la fase de aclimatización de lombrices y previa coordinación con el laboratorio encargado de los muestreos para los análisis respectivos y la planta empacadora donde se desarrolló la investigación.

EQUIPOS Y MATERIALES

Cuadro N°4.2.- Equipos utilizados en el proceso continuo

CANT. UND	CAP. litros	DESCRIPCIÓN
02	90 l c/u	Tanques homogenizadores de material plástico
01	5 l	Trampa separadora de grasa
01	5 l	Tanque sedimentador primario con tres pantallas inclinadas
01	5 l	Tanque lombrifiltro con relleno inerte

Fuente: Investigación

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta.

Cuadro N°4.3.- Materiales utilizados en el proceso continuo

CANT. UND	DESCRIPCIÓN
01	Sonda de plástico con llave reguladora de flujo
01	Peachimetro de bolsillo marca HACH
01	Termómetro de bolsillo marca HACH
06	Guantes de manejo
01	Vaso de precipitación de 500cc
01	Probeta graduada de 1000cc
50	Lombrices

Fuente: Investigación

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta.

4.6.1.- Descripción del Tratamiento

Preparación de equipos y materiales

En la etapa de preparación y adecuación de equipos y materiales se realizó el ajuste en insitu de todos y cada uno de los equipos que intervienen en el proceso de tratamiento como:

- Los tanques de homogenización en el sitio adecuado a un nivel superior de los otros equipos para ayudar al tratamiento y de esa manera el flujo del agua a tratar sea conducido por gravedad.
- Seguidamente se instaló la sonda plástica con la llave de regulación.
- Se conectó la sonda al tanque separador de grasa para que el agua fluya con normalidad, hacia el mismo, al tanque de sedimentación primario y al tanque de lombrifiltro.
- Revisión de las purgas del tanque separador de grasa y de sedimentación estén en perfecto estado.
- Se procedió a colocar el relleno en el tanque de lombrifiltro conjuntamente con las lombrices.
- Relleno: está constituido por dos capas de tierra de procedencia propia del sitio de hábitat de las lombrices y dos capas de aserrín de madera que es compatible con las características del hábitat normal de las lombrices.
- En superficie superior se procedió a colocar las lombrices en su mayor cantidad para obtener una mejor y mayor eficiencia en el tratamiento.
- Una vez listo todos los equipos y materiales, y revisado que todo esté en orden se espera para iniciar el paso del agua residual industrial y empezar el tratamiento continuo.

Fotografía 4.5.- Material de relleno filtrante



Fotografía 4.6.- Colocación de lombriz en el lombrifiltro



Fotografía 4.7.- Regulación del flujo de entrada



Fotografía 4.8.- Regulación del flujo de salida



CÁLCULOS DE FLUJOS.

Cuadro N°4.4.- Cálculos de flujos planta piloto

Flujo Promedio de la Planta = FPP

$$\text{FPP} = 7 \text{ m}^3/\text{día}$$

Base de Cálculo para Dimensionamiento = BCD

Escala de dimensionamiento: 1:40

$$\text{BCD} = 40 \text{ UNIDADES}$$

FLUJO PLANTA PILOTO

$$\text{FPP} / \text{BCD} \longrightarrow 7 \text{ m}^3/\text{día} / 40 = 0,175 \text{ m}^3/\text{día} = 175 \text{ l/día}$$

FLUJO PROCESO CONTINUO

$$175 \text{ l/día} = 24 \text{ h} \longrightarrow 121,5 \text{ cc/min}$$

$$\text{Flujo planta piloto} = 121,5 \text{ cc/min} = 120 \text{ cc/min}$$

Fuente: Investigación

Elaborado por: Ing Jairo Mendieta Bravo

Tiempo de Retención Hidráulica

El tiempo de residencia hidráulica para el proceso de tratamiento continuo, en el primer día (muestra uno) fue de 24h, en el segundo día de 48hrs y en el tercer día de 72h, dándonos un tiempo de residencia total de 72h.

En el segundo tratamiento continuo el tiempo de residencia hidráulica fue de 24h

Proceso de tratamiento

El proceso de tratamiento se da inicio el lunes 18 de abril del 2011 a las 14:30h, al empezar por la regulación del flujo de entrada a la planta de piloto de tratamiento (120cc/min).

Se espera que se llene la etapa comprendida por la caja separadora de grasa, para luego llenarse la cámara de sedimentación donde se nota cómo ligeramente hay una sedimentación de las partículas sólidas sedimentables, posteriormente el flujo de agua residual pasa a la cámara de lombrifiltro, para empezar el tratamiento de degradación de la materia orgánica por las lombrices presentes en la cámara, paralelamente se abre la llave de salida de flujo del lombrifiltro hacia un colector de la propia planta empacadora.

El proceso continuo se deja que se desarrolle normalmente por 24h para posteriormente proceder a tomar la primera muestra del agua tratada.

Durante el desarrollo del proceso, el investigador realiza inspecciones continuas para constatar que el proceso se dé con normalidad y no sufra ninguna alteración.

A medida que el agua residual se consume considerablemente a la mitad de su volumen diario se alimenta constantemente para que el proceso siga y no sufra alteración y haya flujo para los dos días restantes de la investigación.

El día 19 de abril a las 14:30h, personal del laboratorio acreditado Grupo Químico Marcos, proceden a realizar los muestreos correspondientes para el posterior análisis de los parámetros en el laboratorio.

Los muestreos que realiza G.Q.M, comprende la toma de la muestra de manera técnica, a la entrada y salida de la planta piloto, y mide en insitu los parámetros de temperatura y PH, la muestra es recolectada y preservada hasta la llegada al laboratorio.

Fotografía 4.9.- Primer monitoreo de temperatura y PH a la entrada de la Planta Piloto de Tratamiento



Fotografía 4.10.- Primer monitoreo de temperatura y PH a la salida de la Planta Piloto de Tratamiento



Fotografía 4.11.- Preservación de la Muestra



El día 20 de abril a las 12:30h, el personal del laboratorio acreditado Grupo Químico Marcos, proceden a realizar el segundo muestreo correspondiente para el posterior análisis de los parámetros en el laboratorio.

A medida que el agua residual se consume considerablemente a la mitad de su volumen diario se alimenta constantemente para que el proceso siga sin sufrir alteración y haya flujo para el siguiente día restante de la investigación.

Los muestreos que realiza G.Q.M, comprende la toma de la muestra de manera técnica, a la entrada y salida de la planta piloto, y mide en insitu los parámetros de temperatura y PH, la muestra es recolectada y preservada hasta la llegada al laboratorio

Fotografía 4.12.- Segundo monitoreo de temperatura y PH a la entrada de la Planta Piloto de Tratamiento



Fotografía 4.13.- Segundo monitoreo de temperatura y PH a la salida de la Planta Piloto de Tratamiento



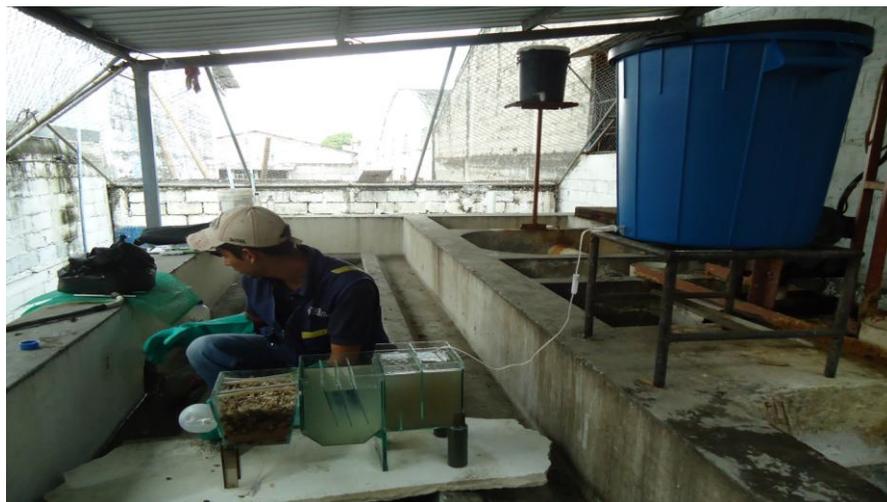
El día 21 de abril a las 11:30h, el personal del laboratorio acreditado Grupo Químico Marcos, procede a realizar el tercer muestreo correspondiente, para el posterior análisis de los parámetros en el laboratorio.

Los muestreos que realiza G.Q.M, comprende la toma de la muestra de manera técnica, a la entrada y salida de la planta piloto, y mide en insitu los parámetros de temperatura y PH, la muestra es recolectada y preservada hasta la llegada al laboratorio.

Fotografía 4.14.- Tercer monitoreo de temperatura y PH a la entrada de la Planta Piloto de Tratamiento



Fotografía 4.15.- Tercer monitoreo de temperatura y PH a la salida de la Planta Piloto de Tratamiento



PROCESO CONTINUO EN 24 HORAS

Se dio inicio al proceso de tratamiento continuo en 24h, una vez que los resultados del tratamiento de agua residual industrial por la técnica del lombrifiltro en proceso continuo no arrojó la eficiencia esperada por la expectativa de la investigación, en los parámetros analizados y de mayor importancia como son la Demanda Química de Oxígeno, la Demanda Biológica de Oxígeno, Aceites y Grasas, y otros parámetros que se presentan en el capítulo V de análisis e interpretación de resultados.

EQUIPOS Y MATERIALES

Cuadro N°4.5.- Equipos utilizados en el proceso continuo en 24h

CANT. UND	CAP. litros	DESCRIPCIÓN
02	90 lc/u	Tanques homogenizadores de material plástico
01	5 l	Trampa separadora de grasa
01	5 l	Tanque sedimentador primario con tres pantallas inclinadas
01	5 l	Tanque lombrifiltro con relleno inerte

Fuente: Investigación

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta.

Cuadro N°4.6.- Materiales en el proceso continuo en 24h

CANT. UND	DESCRIPCIÓN
01	Sonda de plástico con llave reguladora de flujo
01	Peachimetro de bolsillo marca HACH
01	Termómetro de bolsillo marca HACH
02	Guantes de manejo
01	Vaso de precipitación de 500cc
01	Probeta graduada de 1000cc
50	Lombrices

Fuente: Investigación

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta.

Preparación de equipos y materiales.

La preparación de los equipos y materiales se efectuó igual que para el proceso continuo, el cambio que se dio, es que el tratamiento se realizó durante 24h.

Proceso de tratamiento

El proceso de tratamiento se da inicio el miércoles 25 de mayo del 2011 a las 14:30h, se empieza por la regulación del flujo de entrada a la planta de piloto de tratamiento (120cc/min).

Se espera que se llene la etapa comprendida por la caja separadora de grasa, para luego llenarse la cámara de sedimentación donde se nota cómo ligeramente hay una sedimentación de las partículas sólidas sedimentables, posteriormente el flujo de agua residual pasa a la cámara de lombrifiltro, para empezar el tratamiento de degradación de la materia orgánica por las lombrices presentes en la cámara, paralelamente se abre la llave de salida de flujo del lombrifiltro hacia un colector de la propia planta empacadora.

El proceso continuo en 24h, se deja que se desarrolle normalmente por 24h para posteriormente proceder a tomar la primera muestra del agua tratada.

Durante el desarrollo del proceso, el investigador realiza inspecciones continuas para constatar que el proceso se dé con normalidad y no sufra ninguna alteración.

El día 26 de mayo a las 14:30h, personal del laboratorio acreditado Grupo Químico Marcos, procede a realizar el muestreo correspondiente para el posterior análisis de los parámetros en el laboratorio.

Los muestreos que realiza G.Q.M, comprende la toma de la muestra de manera técnica, a la entrada y salida de la planta piloto, y mide en insitu los parámetros de temperatura y PH, la muestra es recolectada y preservada hasta la llegada al laboratorio.

Fotografía 4.16.- Toma de muestra ARI, proceso continuo 24 hrs



Fotografía 4.17.- Monitoreo de temperatura y PH, proceso continuo 24hrs



CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los informes de ensayos de laboratorio, se los hará por días de muestreo, a la entrada y salida de la planta piloto, por parámetros caracterizados y el concentrado general de los resultados de ensayos.

5.1.- Proceso continuo

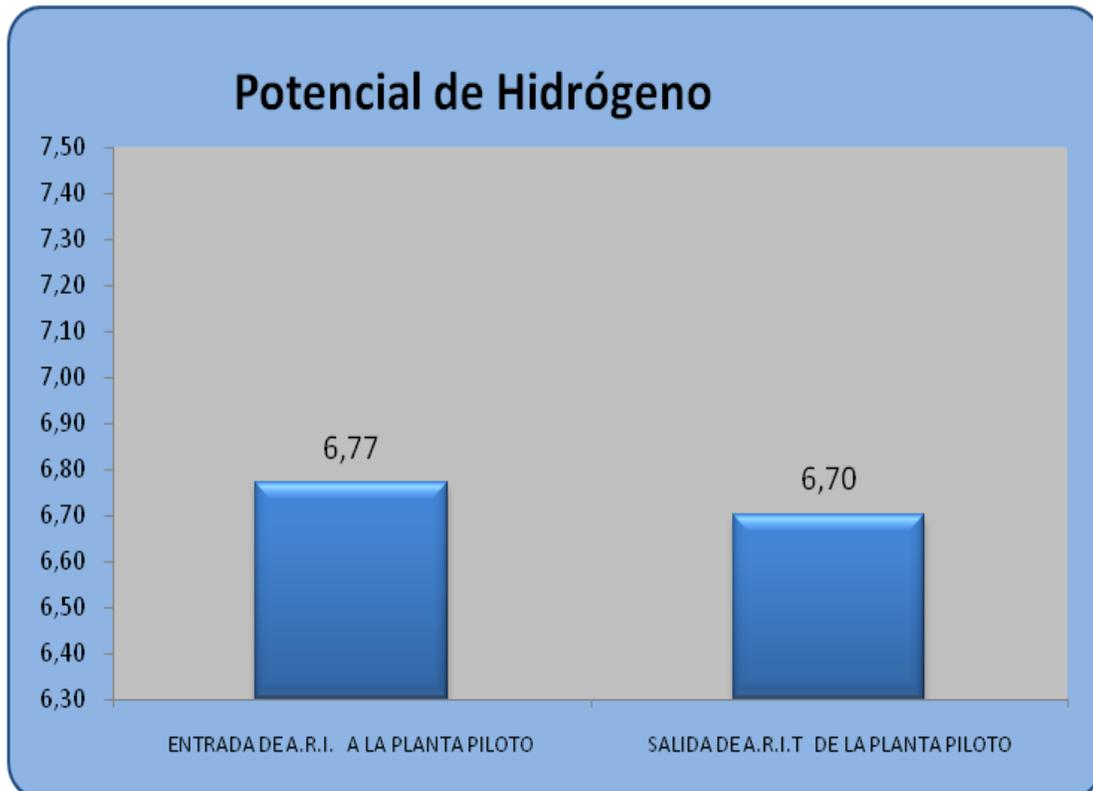
Tabla N° 5.1.- Caracterización entrada y salida Planta Piloto de Tratamiento, día uno

INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2			
Fecha, hora y lugar de muestreo:	19/04/11, 13:45, Guayaquil - Entrada		
Fecha, hora y lugar de muestreo:	19/04/11, 14:00, Guayaquil - Salida		
Muestreado por:	Grupo Químico Marcos		
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO	ENTRADA DE A.R.I. A LA PLANTA PILOTO	SALIDA DE A.R.I.T DE LA PLANTA PILOTO	UNIDADES
Potencial de Hidrógeno	6,77	6,70	-
Temperatura	26,20	29,30	°C
Aceites y Grasas	66,00	1,00	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1.266,00	98,00	mgO ₂ /l
Demanda Química de Oxígeno	1.943,00	136,00	mgO ₂ /l
Fosfatos (1)	144,00	2,80	mg/l
Nitratos	14,86	36,22	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	220,00	41,00	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	2.030,00	299,00	mg/l
Carga contaminante		0	Kg/día
Caudal		0,12	m ³ /día

Fuente: G.Q.M. caracterización de ARI

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Gráfico N°5.1.- Potencial Hidrógeno entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno

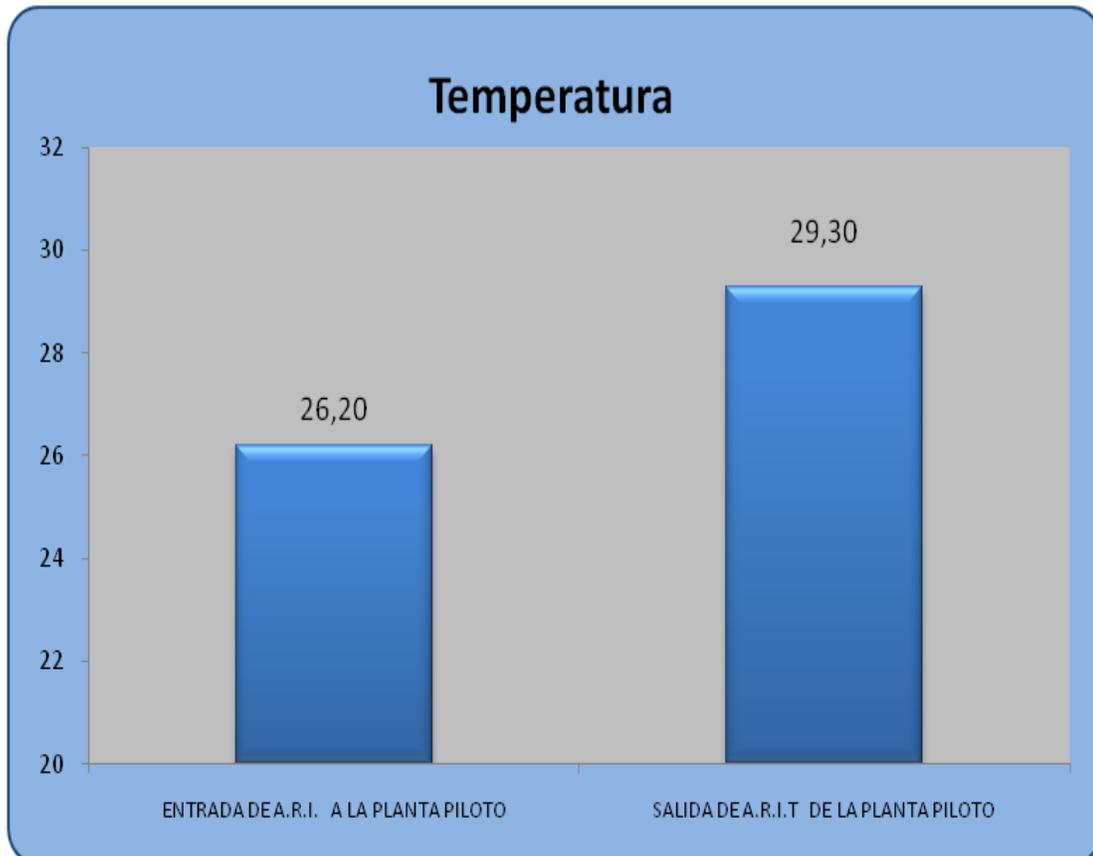


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Referente a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, potencial hidrógeno, existe una mínima diferencia, casi despreciable entre la entrada y la salida en cuanto al parámetro que muestra el gráfico 5.1, por lo tanto el parámetro analizado en el primer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.2.- Temperatura entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno

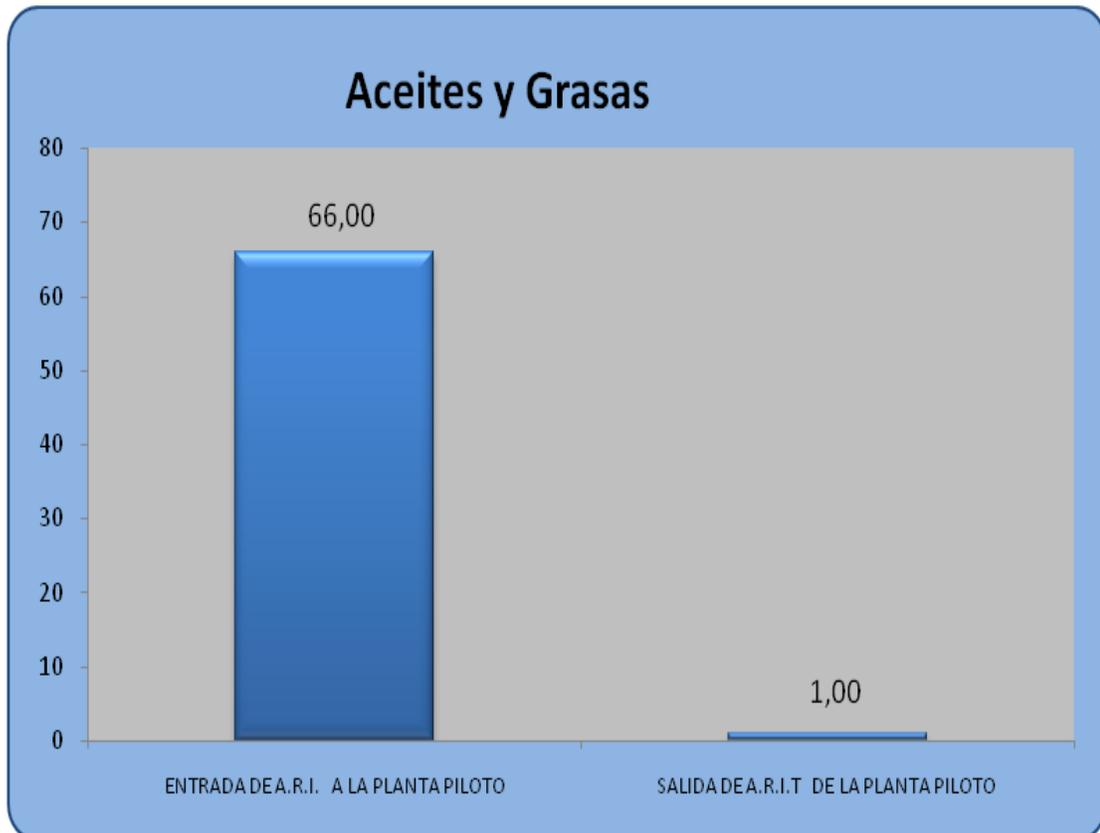


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, temperatura, existe un ligero aumento a la salida de la PPT, se asume por la reacción de descomposición de la materia orgánica donde se libera energía por tanto el ligero aumento de la temperatura, El parámetro analizado en el gráfico 5.2, en el primer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.3.- Aceites y Grasas, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno

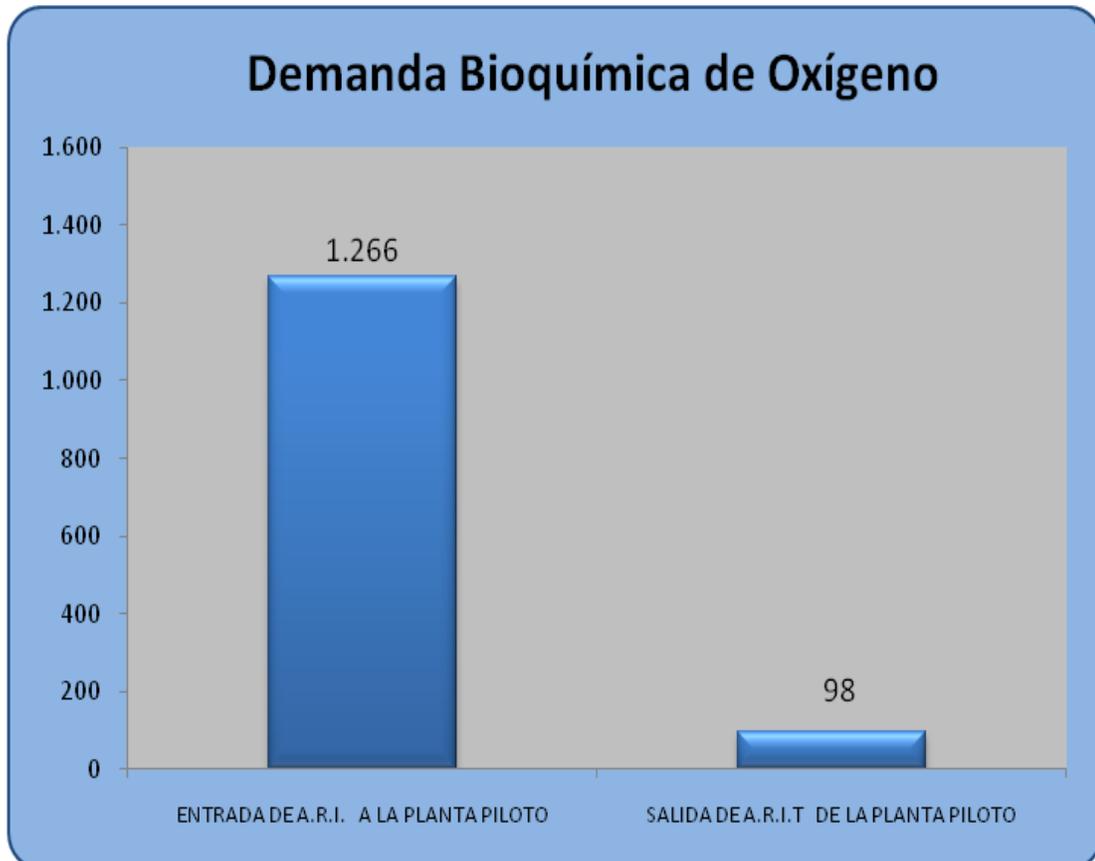


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, Aceites y Grasas, existe una disminución considerable entre los valores de entrada y salida, aproximadamente en un 99% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.3 en el primer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.4.- Demanda Bioquímica de oxígeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno

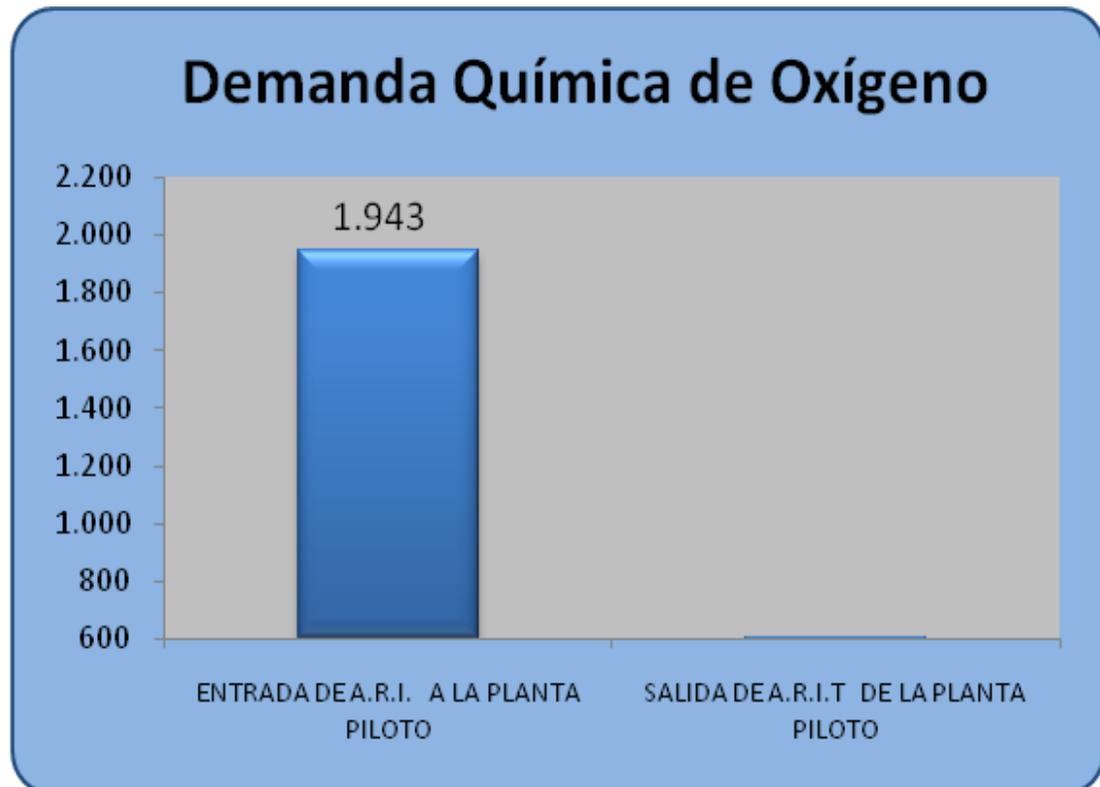


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, Demanda Bioquímica de oxígeno existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 92,25% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.4 en el primer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

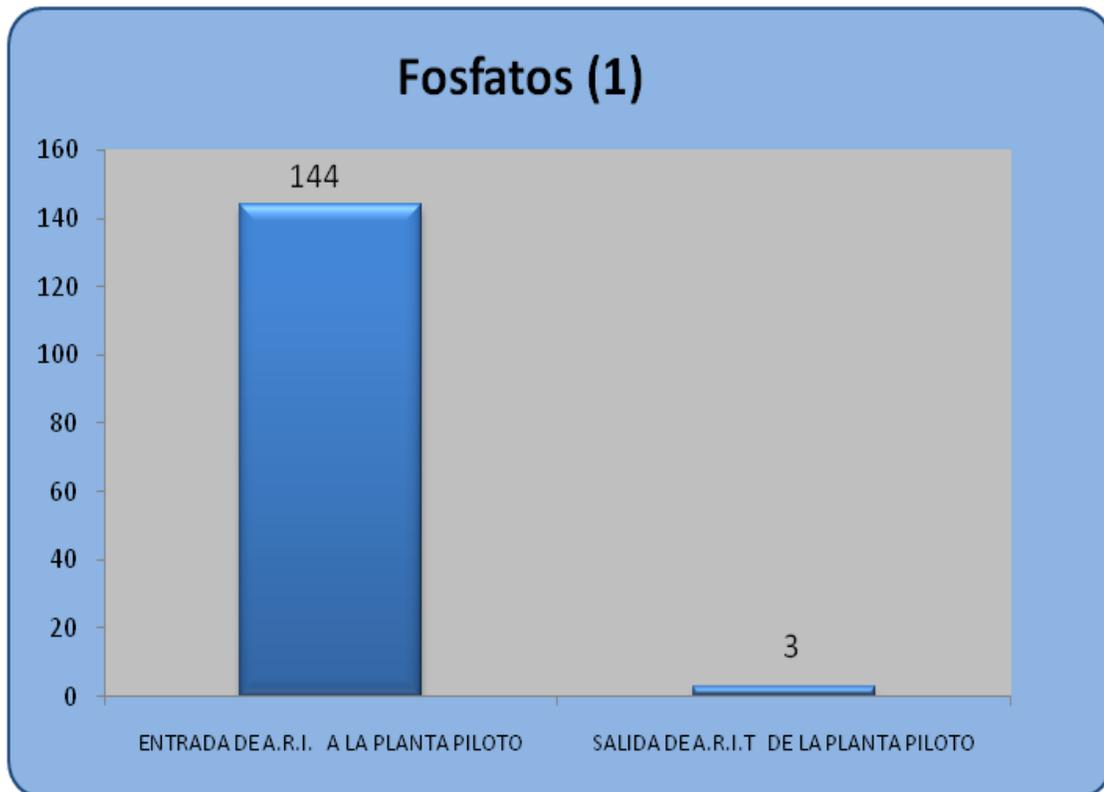
Gráfico N°5.5.- Demanda Química de oxígeno, entrada y salida
Planta Piloto de tratamiento día uno



Fuente: Análisis de laboratorio
Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, Demanda Química de Oxígeno, se ve que existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 93% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.5, en el primer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.6.- Fosfatos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno

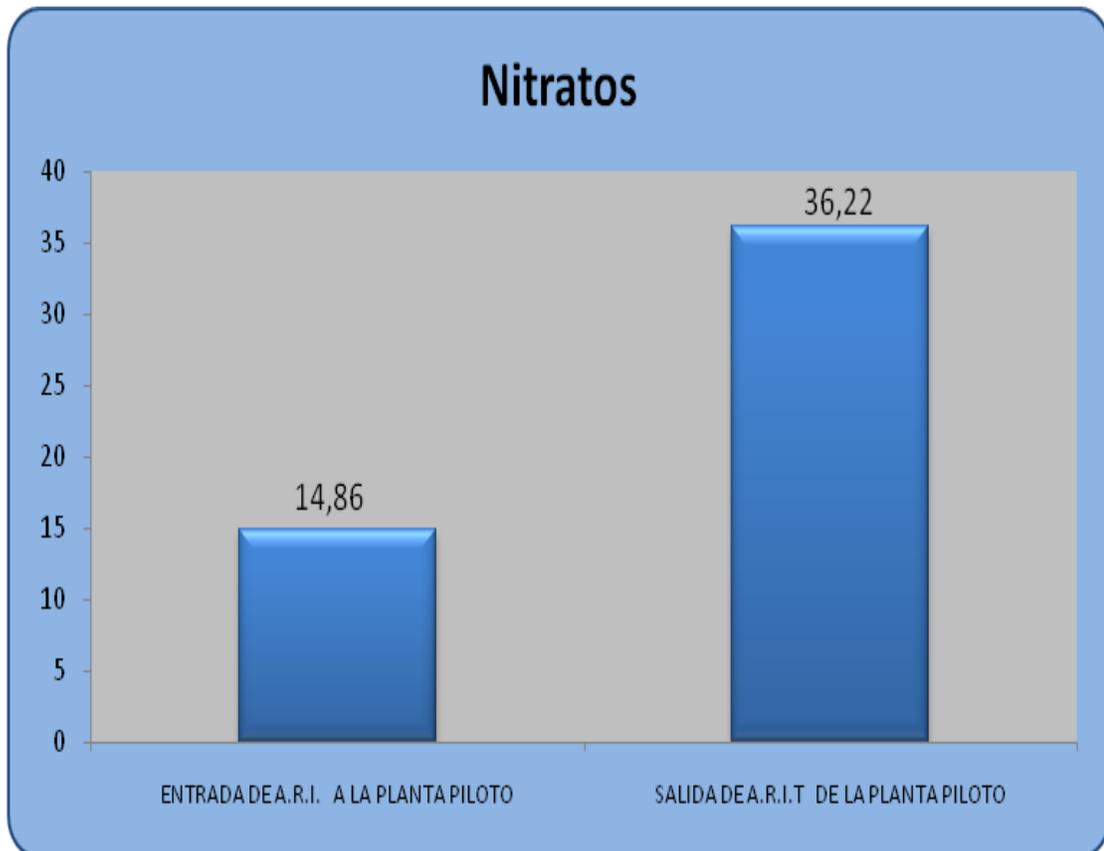


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, fosfatos, se ve que existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada con respecto a la salida del agua tratada en un 98% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.6, en el primer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.7.- Nitratos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno

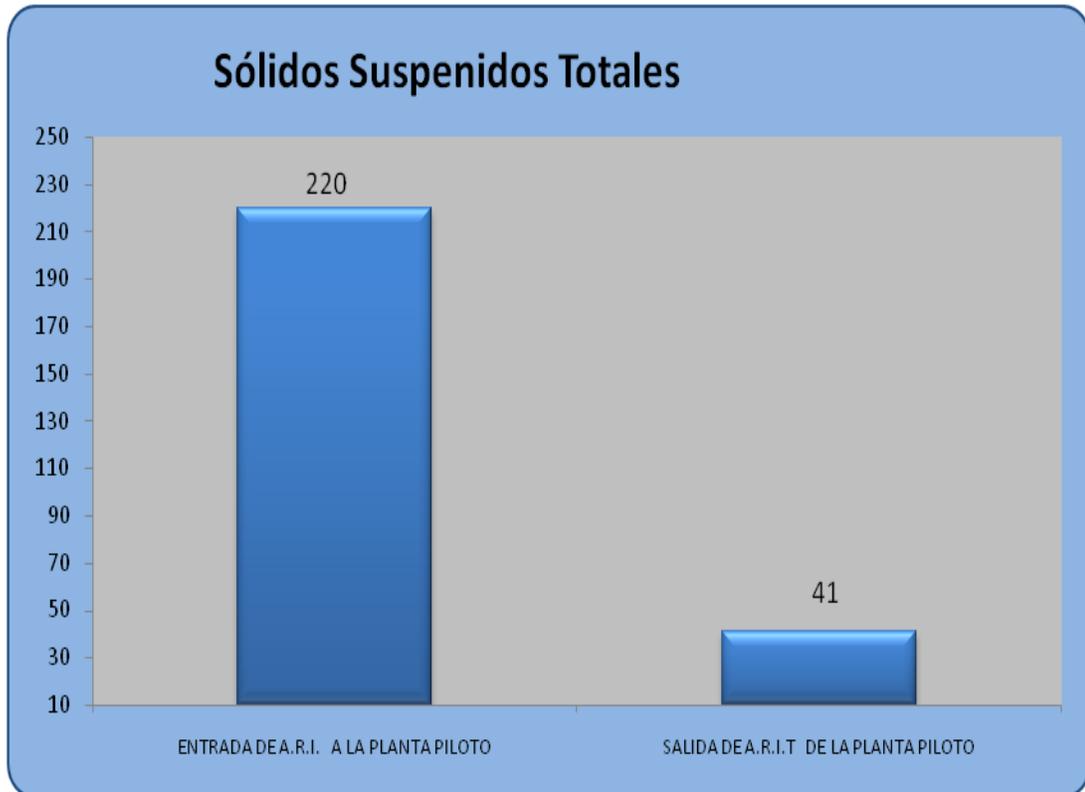


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, nitratos, se ve que existe un aumento en el parámetro nitratos en la entrada con respecto a la salida, se atribuye ésto a la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual, donde se estabiliza el nitrato.

Gráfico N°5.8.- Sólidos suspendidos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno

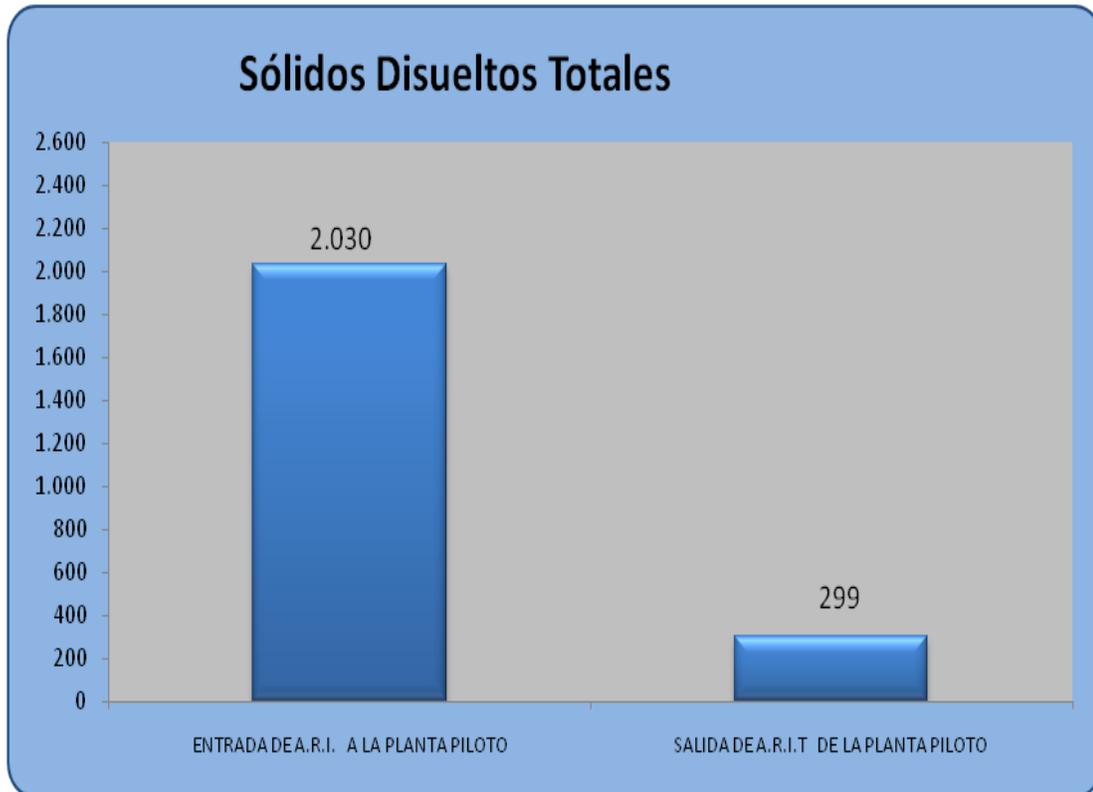


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, los sólidos suspendidos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 81,36%, de remoción, lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento por la degradación de la materia orgánica por las lombrices.

Gráfico N°5.9.- Sólidos disueltos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día uno



Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10906-1 y N°10906-2, los sólidos disueltos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 85,27%, de remoción, lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento, y cumple con las Normas ambientales.

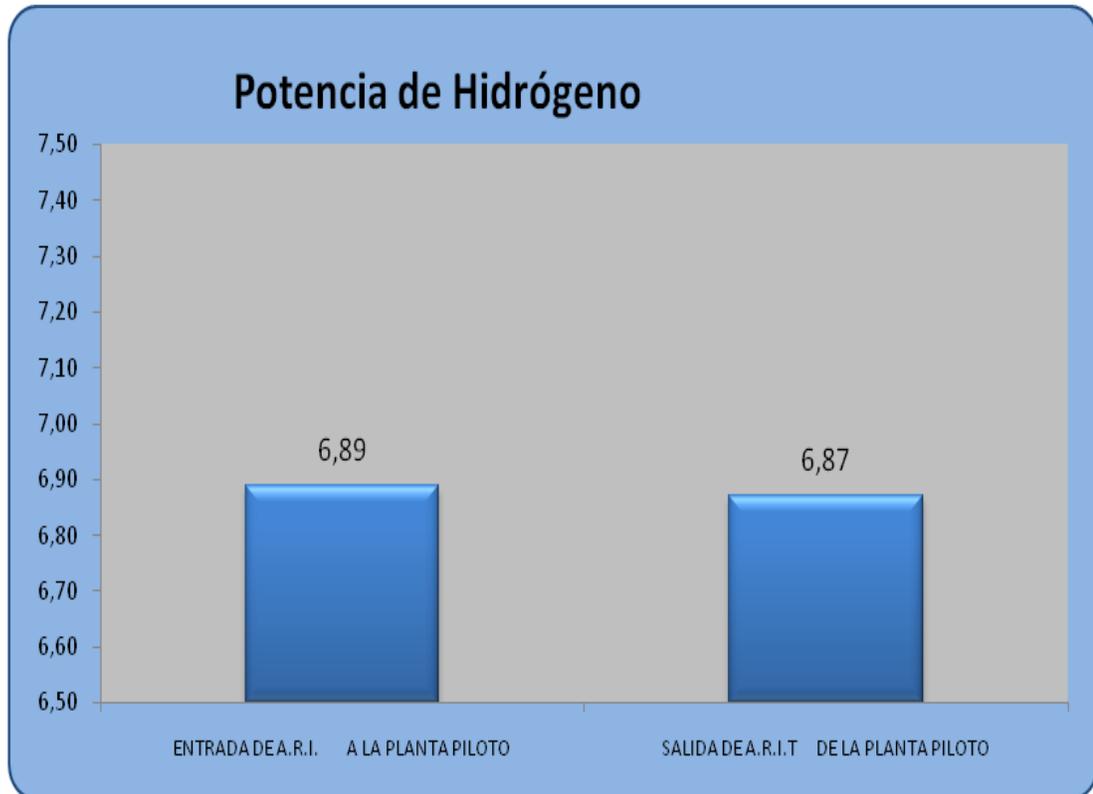
Tabla N°5.2.- Caracterización entrada y salida Planta Piloto de Tratamiento, día dos

INFORME DE ENSAYOS N°10926-1y N°10926-2			
Fecha, hora y lugar de muestreo:	20/04/11, 12:30, Guayaquil - Entrada		
Fecha, hora y lugar de muestreo:	20/04/11, 12:50, Guayaquil - Salida		
Muestreado por:	Grupo Químico Marcos		
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO	ENTRADA DE A.R.I. A LA PLANTA PILOTO mg/l	SALIDA DE A.R.I.T DE LA PLANTA PILOTO mg/l	UNIDADES
Potencia de Hidrógeno	6,89	6,87	-
Temperatura	25,40	29,00	°C
Aceites y Grasas	28,00	2,70	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1.284,00	555,00	mgO ₂ /l
Demanda Química de Oxígeno	1.970,00	732,00	mgO ₂ /l
Fosfatos (1)	123,00	21,00	mg/l
Nitratos	8,43	< 0,42	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	110,00	39,00	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	2.230,00	639,00	mg/l
Carga contaminante	-	0,0878	Kg/día
Caudal	-	0,12	m ³ /día

Fuente: G.Q.M, caracterización de ARI

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Gráfico N°5.10.- Potencial Hidrógeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

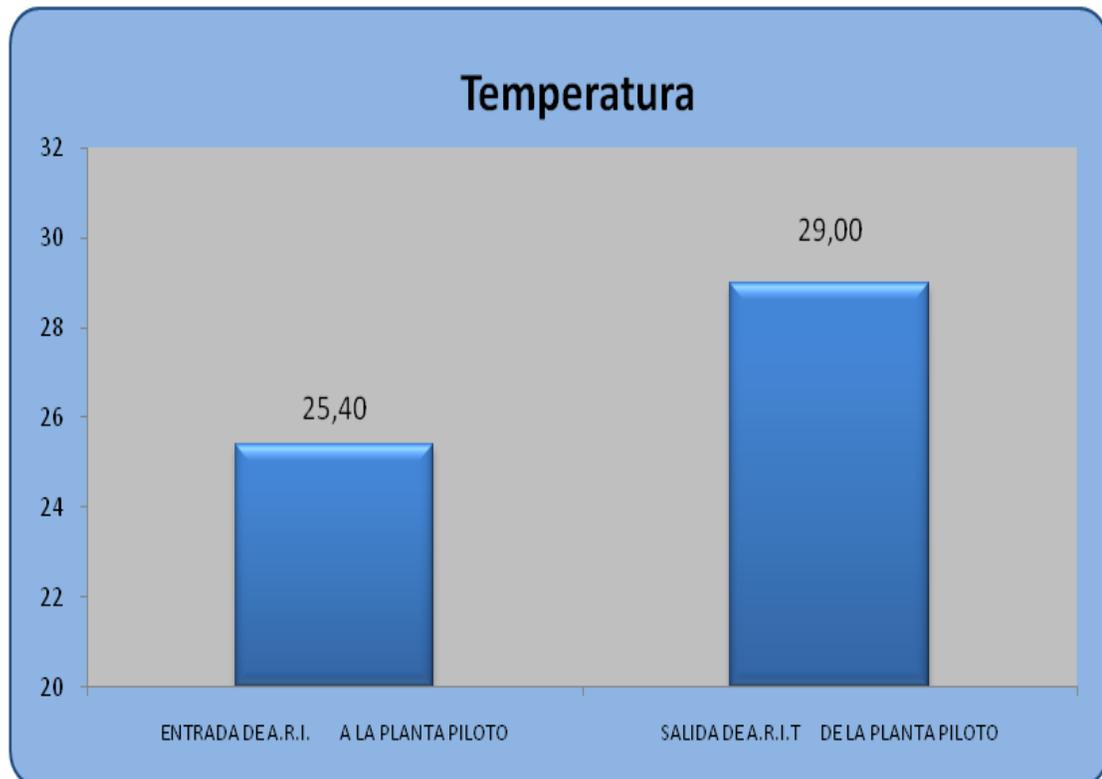


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, potencial hidrógeno, existe una mínima diferencia, casi despreciable entre la entrada y la salida en cuanto al parámetro que muestra el gráfico 5.10, por lo tanto el parámetro analizado en el segundo día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.11.- Temperatura, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

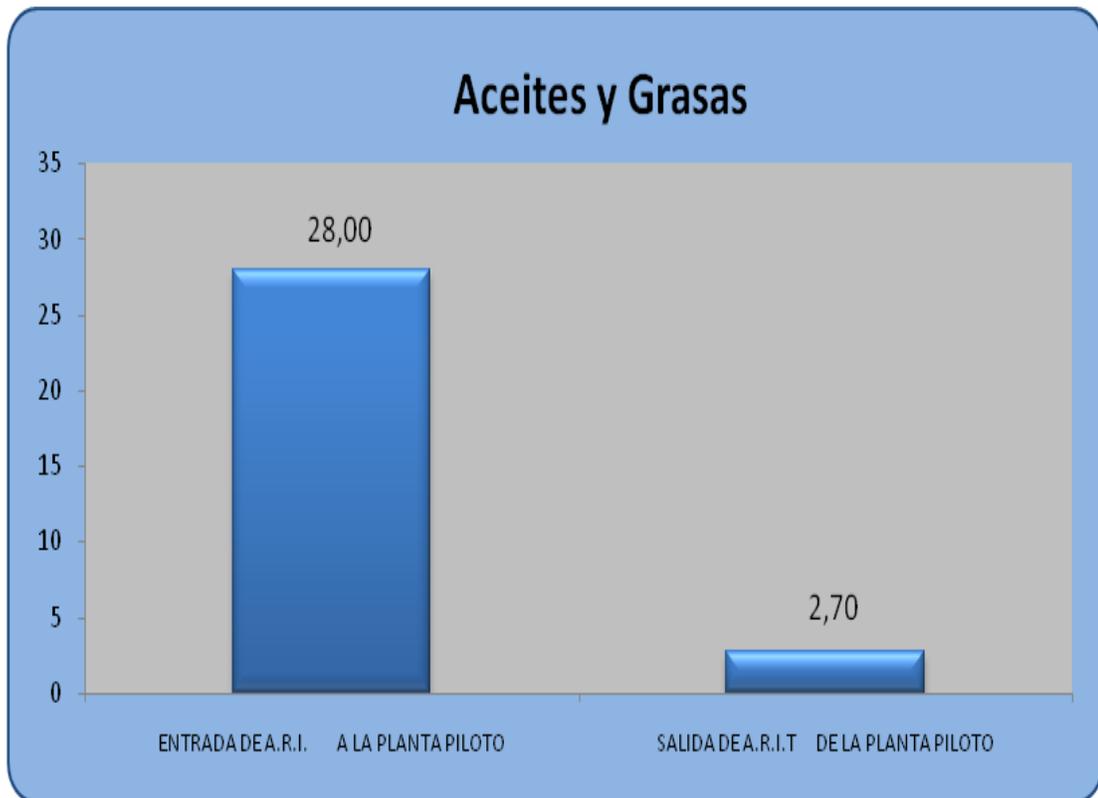


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, temperatura, existe un ligero aumento a la salida de la PPT, se asume por la reacción de descomposición de la materia orgánica donde se libera energía por tanto el ligero aumento de la temperatura, El parámetro analizado en el gráfico 2.11 en el segundo día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.12.- Aceites y grasas, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

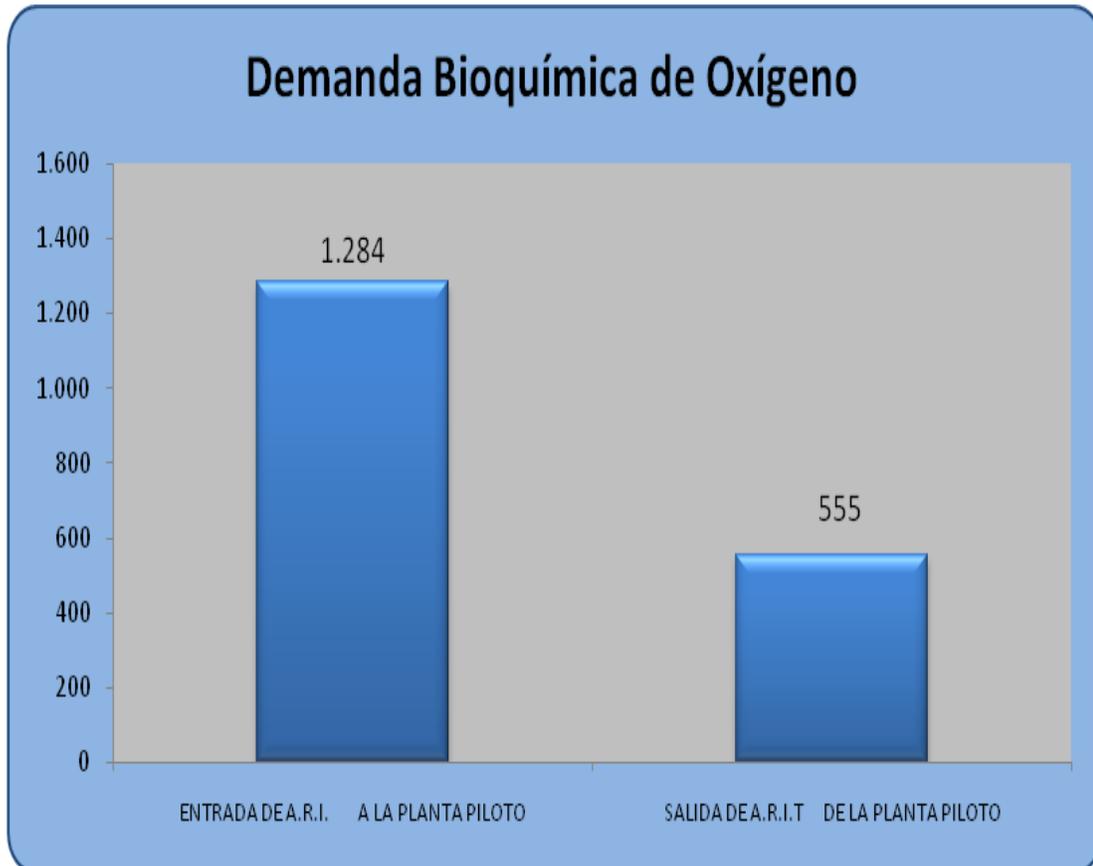


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, Aceites y Grasas, existe una disminución considerable entre los valores de entrada y salida, aproximadamente en un 90% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.12 en el segundo día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.13.- Demanda Bioquímica de oxígeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

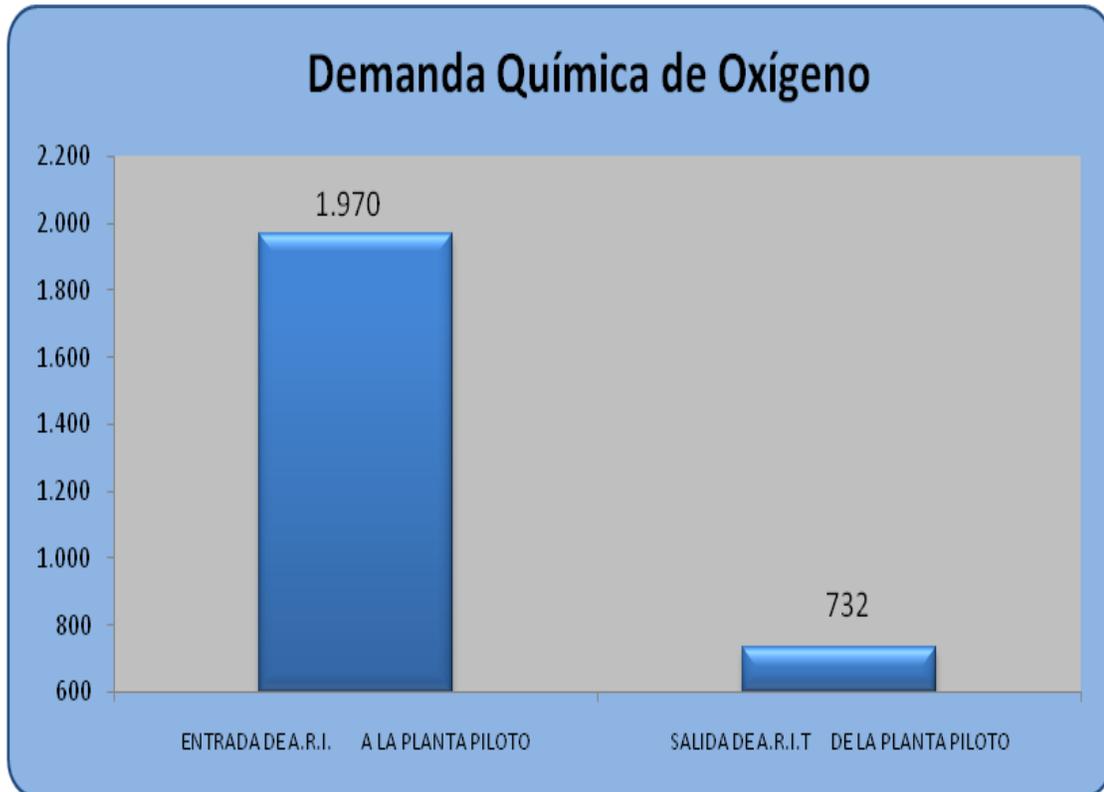


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, Demanda Bioquímica de oxígeno existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 56,77% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.13, en el segundo día, se encuentra fuera de Normas ambientales.

Gráfico N°5.14.- Demanda Química de oxígeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

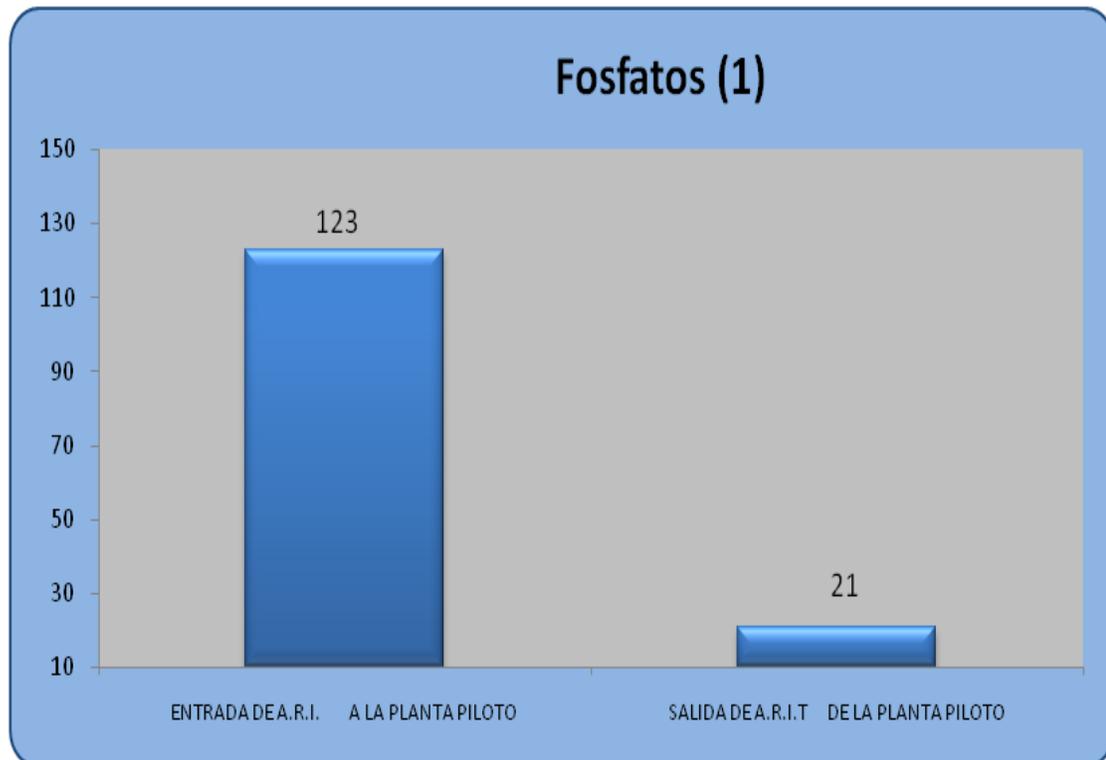


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, Demanda Química de Oxígeno, se ve que existe una disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 62.8% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.14 en el segundo día, se encuentra fuera de Normas ambientales.

Gráfico N°5.15.- Fosfatos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

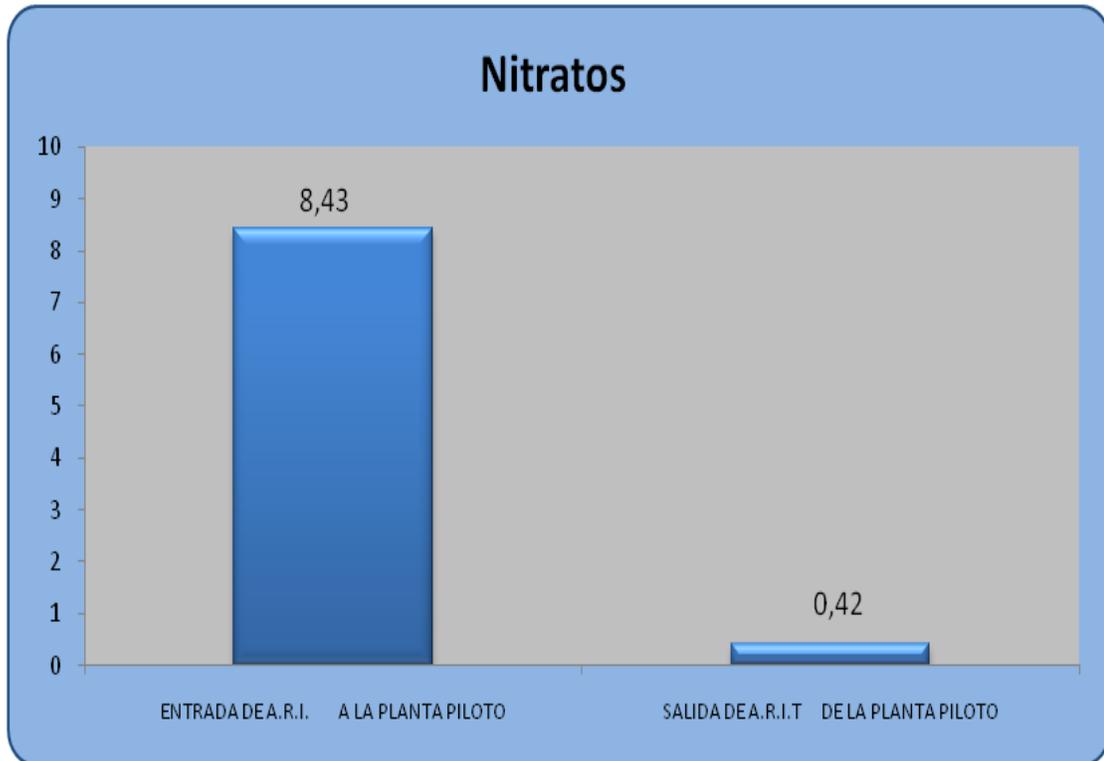


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, fosfatos, vemos que existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada con respecto a la salida del agua tratada en un 82.9% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.15, en el segundo día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.16.- Nitratos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

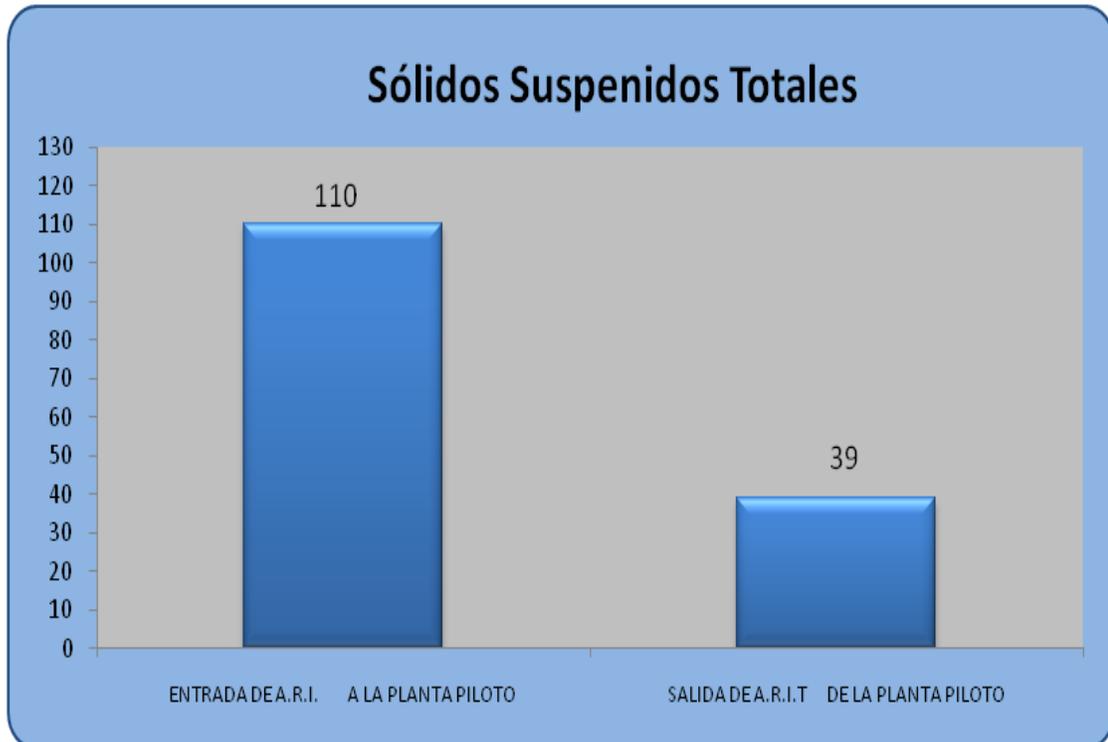


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, nitratos, se ve que existe una disminución en el parámetro nitratos en la entrada con respecto a la salida,

Gráfico N°5.17.- Sólidos suspendidos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos

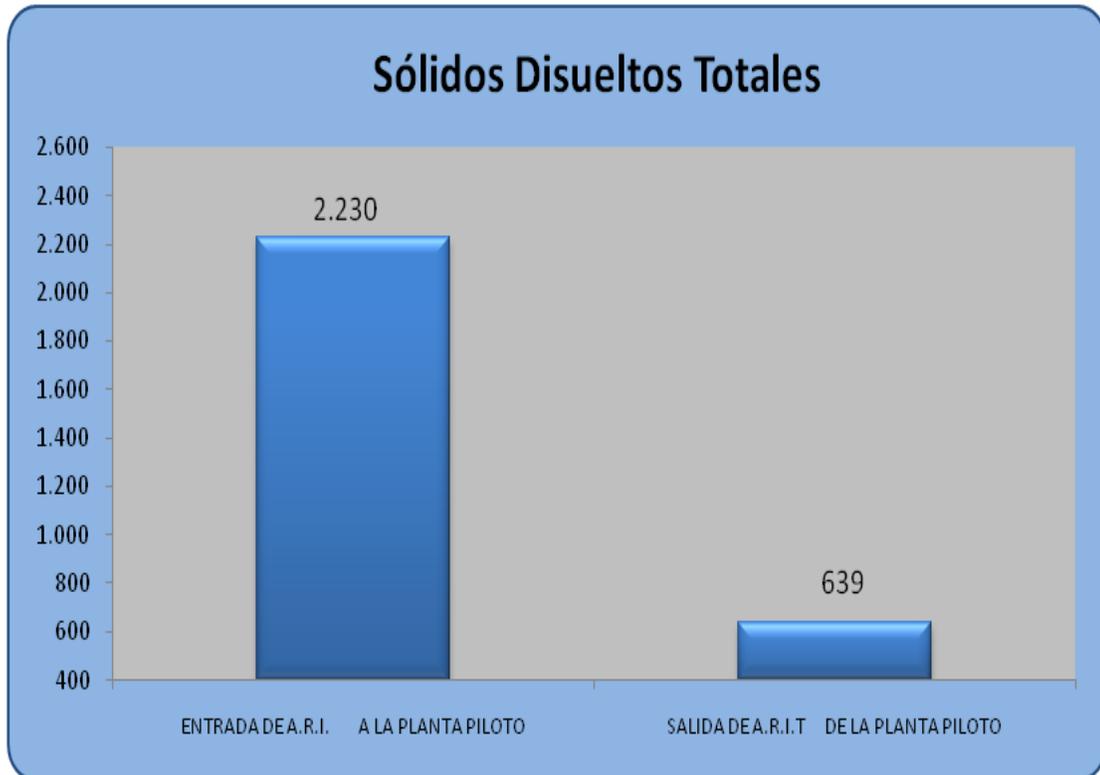


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, los sólidos suspendidos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 64,55%, de remoción, lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento por la degradación de la materia orgánica debido a las lombrices.

Gráfico N°5.18.- Sólidos disueltos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día dos



Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10926-1 y N°10926-2, los sólidos disueltos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 71,34%, de remoción, lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento, y cumple con las Normas ambientales.

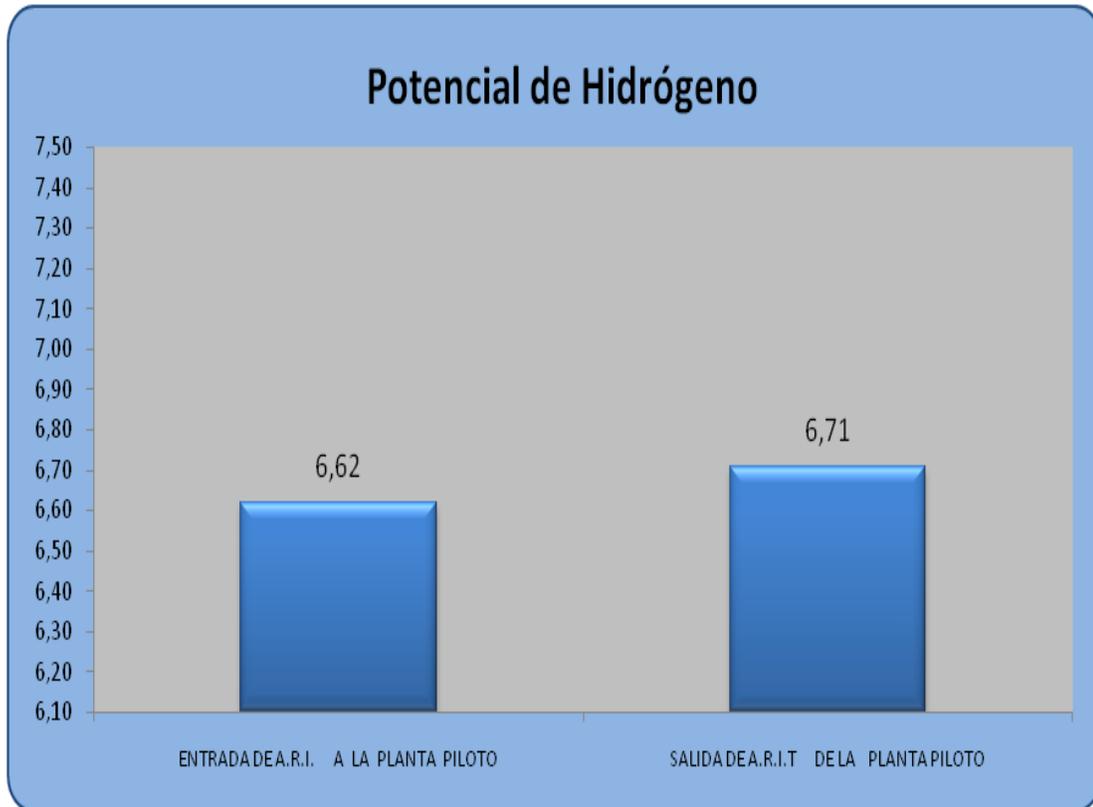
Tabla N° 5.3.- Caracterización entrada y salida Planta Piloto de Tratamiento, día tres

INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2			
Fecha, hora y lugar de muestreo:	21/04/11, 11:20, Guayaquil - Entrada		
Fecha, hora y lugar de muestreo:	21/04/11, 11:30, Guayaquil - Salida		
Muestreado por:	Grupo Químico Marcos		
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO	ENTRADA DE A.R.I. A LA PLANTA PILOTO	SALIDA DE A.R.I.T DE LA PLANTA PILOTO	UNIDADES
Potencial de Hidrógeno	6,62	6,71	-
Temperatura	24,30	26,70	°C
Aceites y Grasas	62,50	28,33	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1.464,00	624,00	mgO ₂ /l
Demanda Química de Oxígeno	1.947,00	968,00	mgO ₂ /l
Fosfatos (1)	162,00	35,00	mg/l
Nitratos	20,48	13,72	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	200,00	9,00	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	2.520,00	600,00	mg/l
Carga contaminante	-	0,1162	Kg/día
Caudal	-	0,12	m ³ /día

Fuente: G.Q.M, caracterización de ARI

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Gráfico N°5.19.- Potencial Hidrógeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

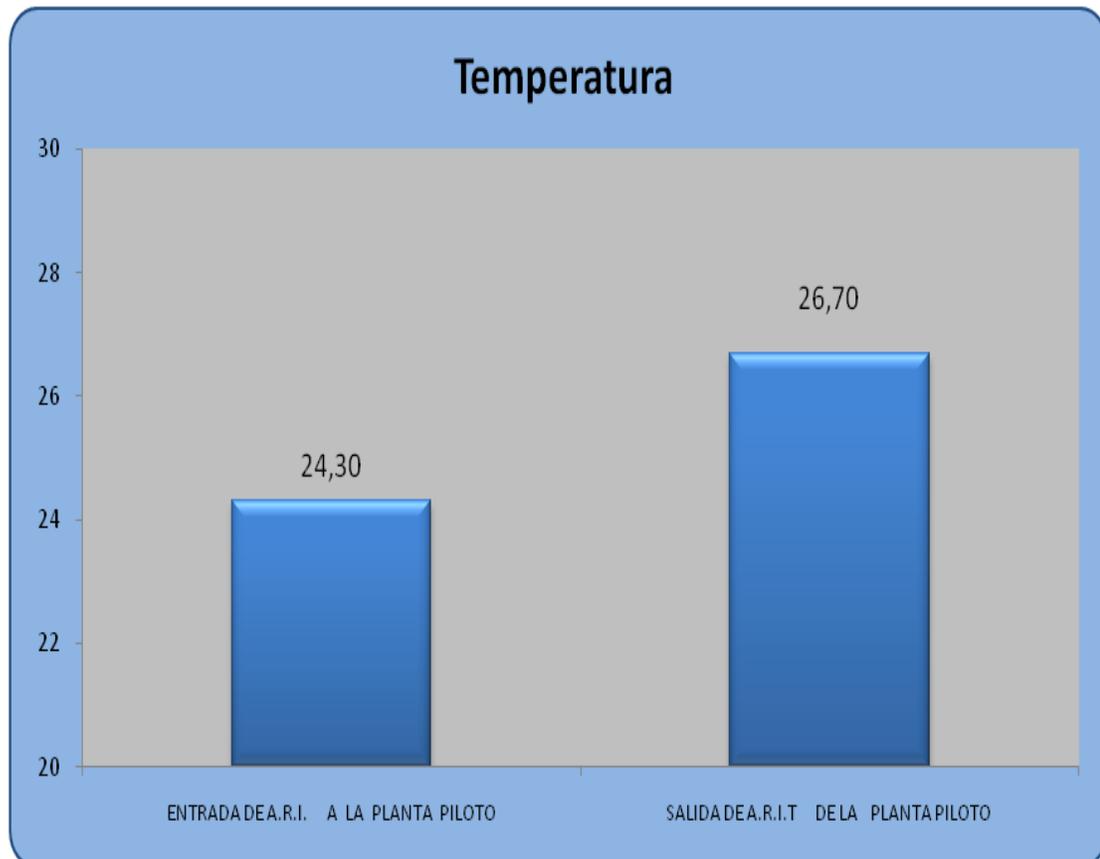


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Referente a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, potencial hidrógeno, existe una mínima diferencia, casi despreciable entre la entrada y la salida en cuanto al parámetro que muestra el gráfico 5.19, por lo tanto el parámetro analizado en el primer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.20.- Temperatura, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

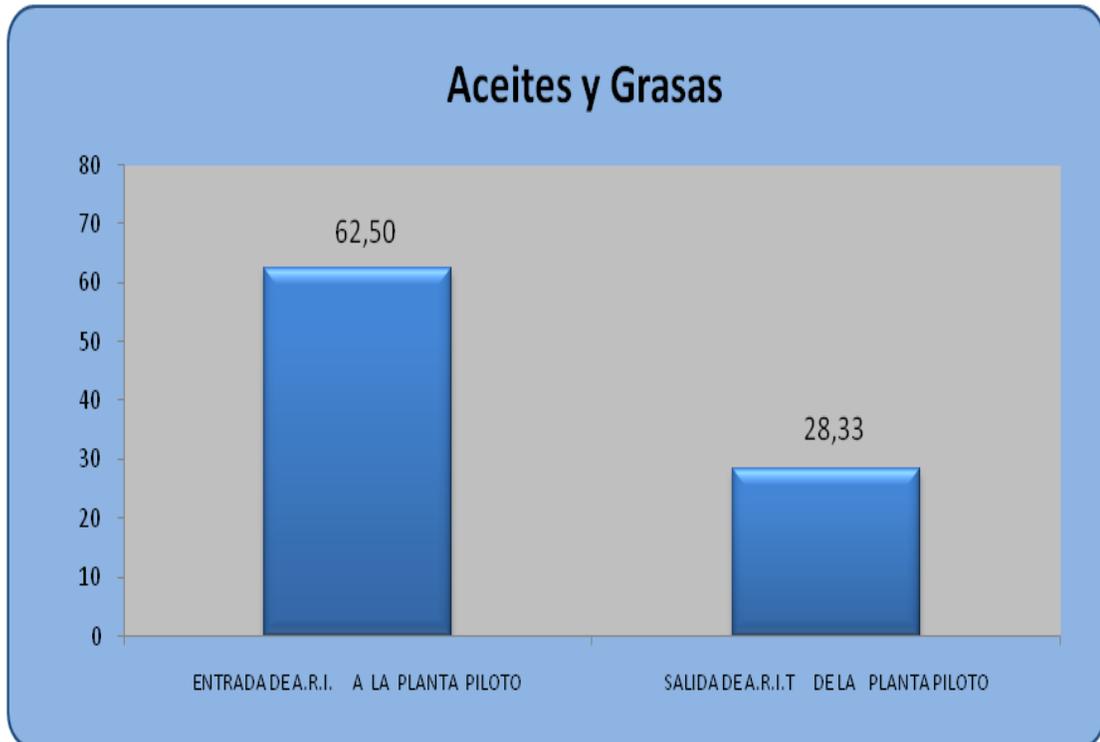


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, temperatura, existe un ligero aumento a la salida de la PPT, se atribuye a la reacción de descomposición de la materia orgánica donde se libera energía por tanto el ligero aumento de la temperatura, El parámetro analizado en el gráfico 5.20, en el tercer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.21.- Aceites y Grasas, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

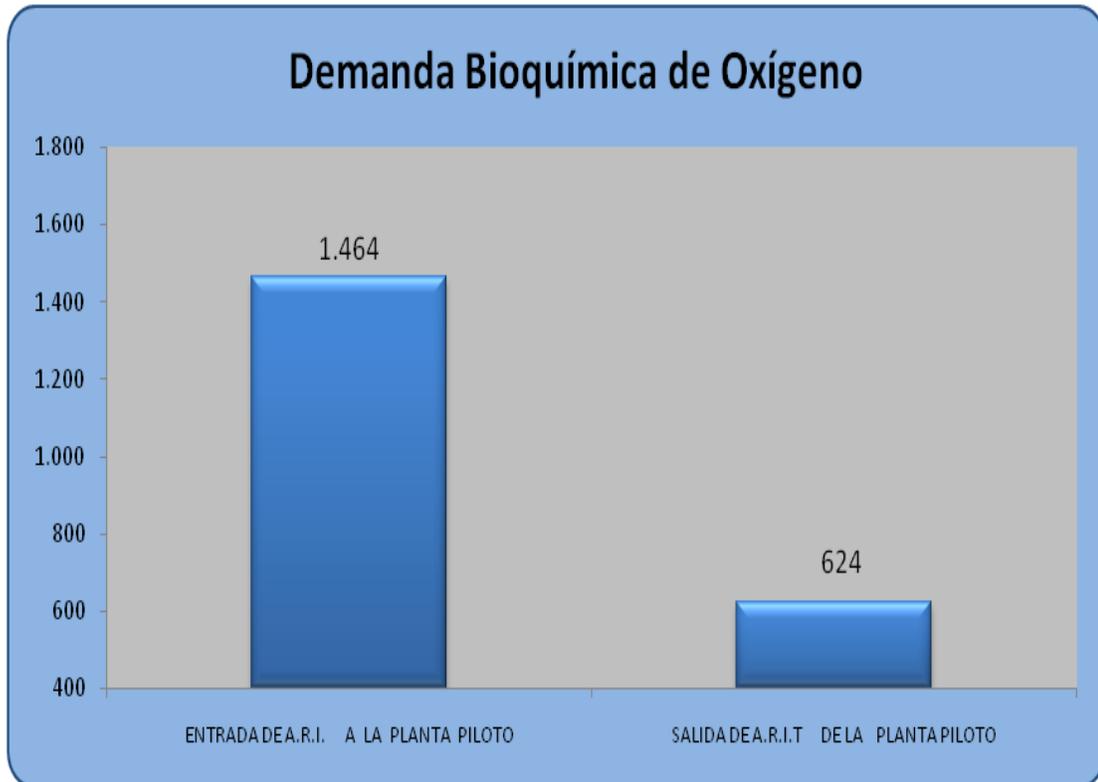


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, Aceites y grasas, existe una disminución considerable entre los valores de entrada y salida, aproximadamente en un 54.67% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.21, en el tercer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.22.- Demanda Bioquímica de oxígeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

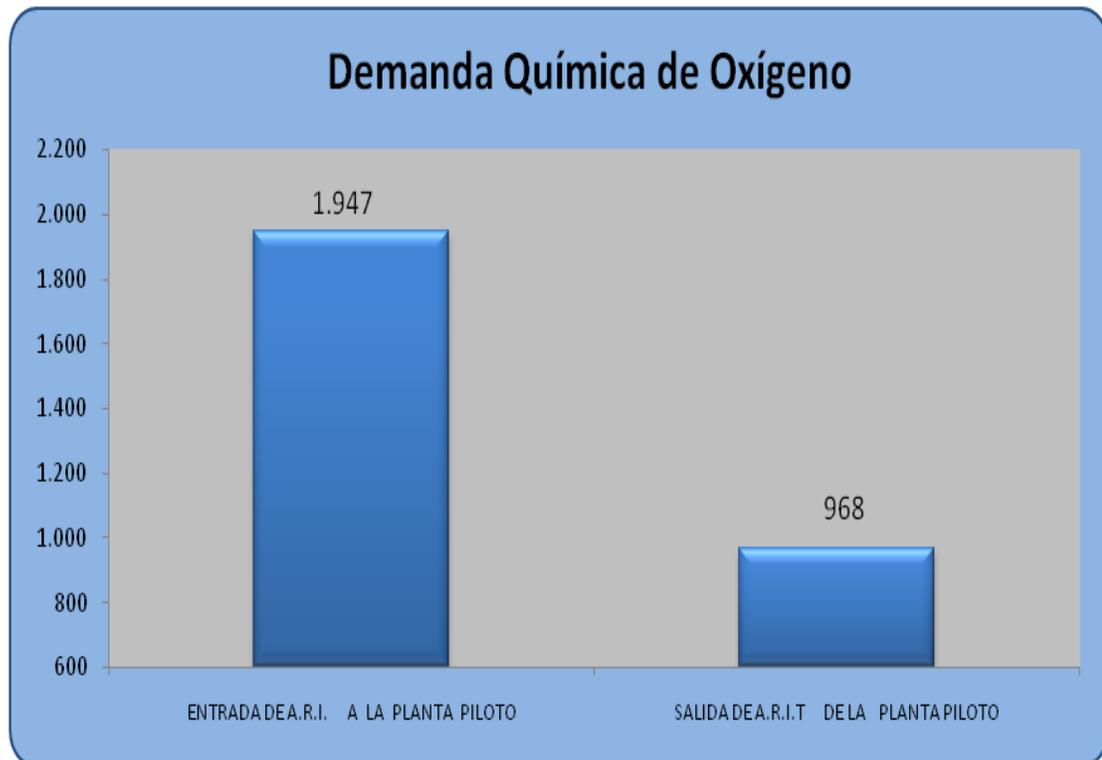


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2,, Demanda Bioquímica de oxígeno existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 57,37% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.22, en el tercer día, se encuentra fuera de Normas ambientales.

Gráfico N°5.23.- Demanda química de oxígeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

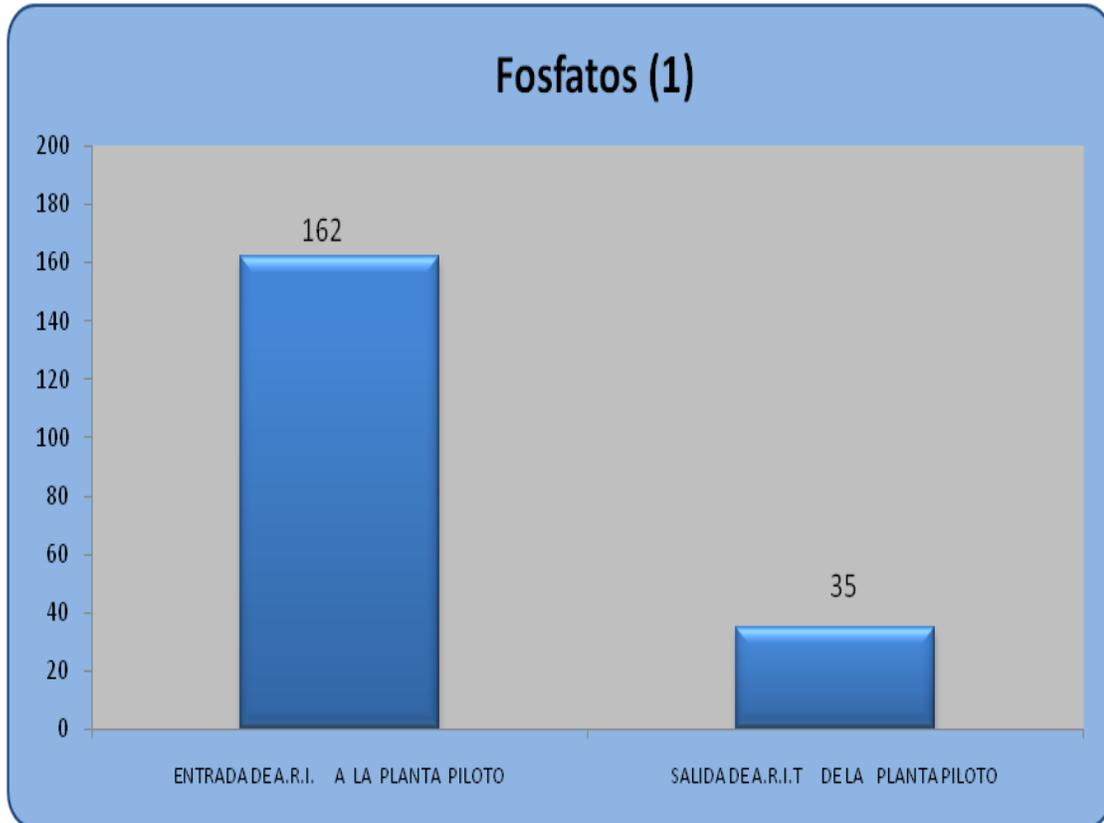


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, Demanda química de oxígeno, se ve que existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 50.28% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.23, en el tercer día, se encuentra fuera de Normas ambientales.

Gráfico N°5.24.- Fosfatos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

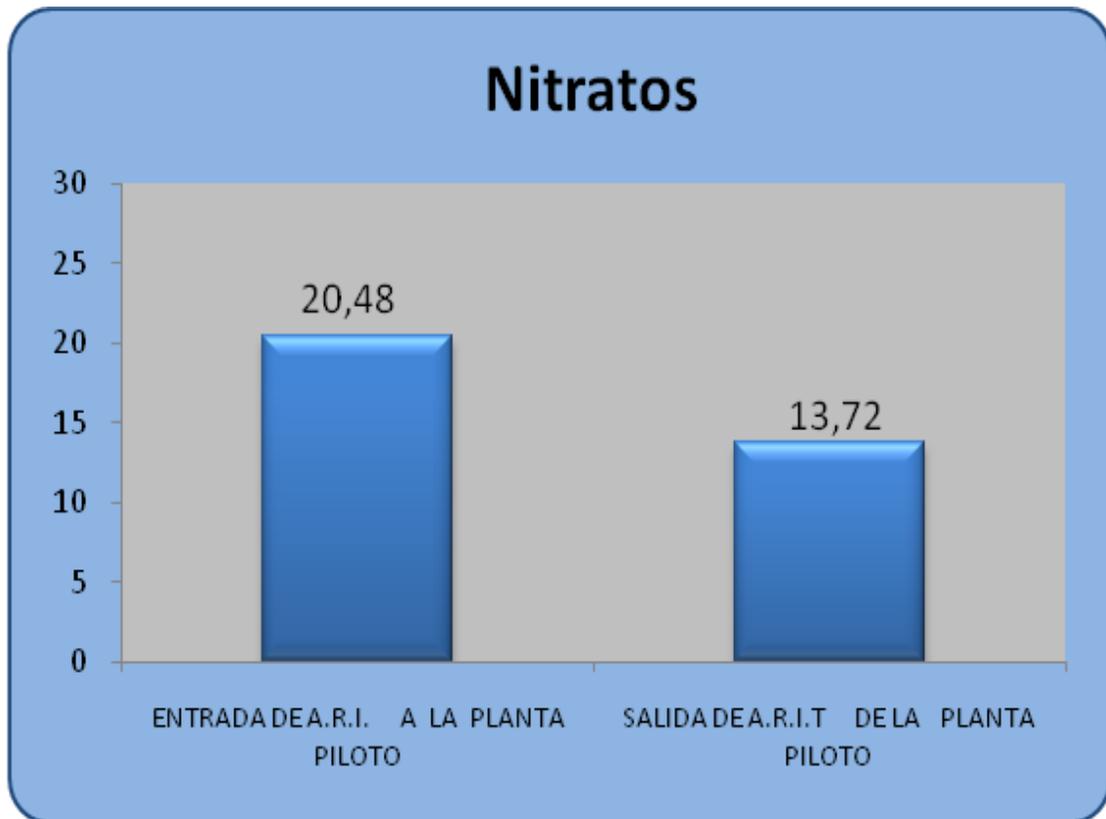


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, fosfatos, se ve que existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada con respecto a la salida del agua tratada en un 78.40% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.24, en el tercer día, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.25.- Nitratos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

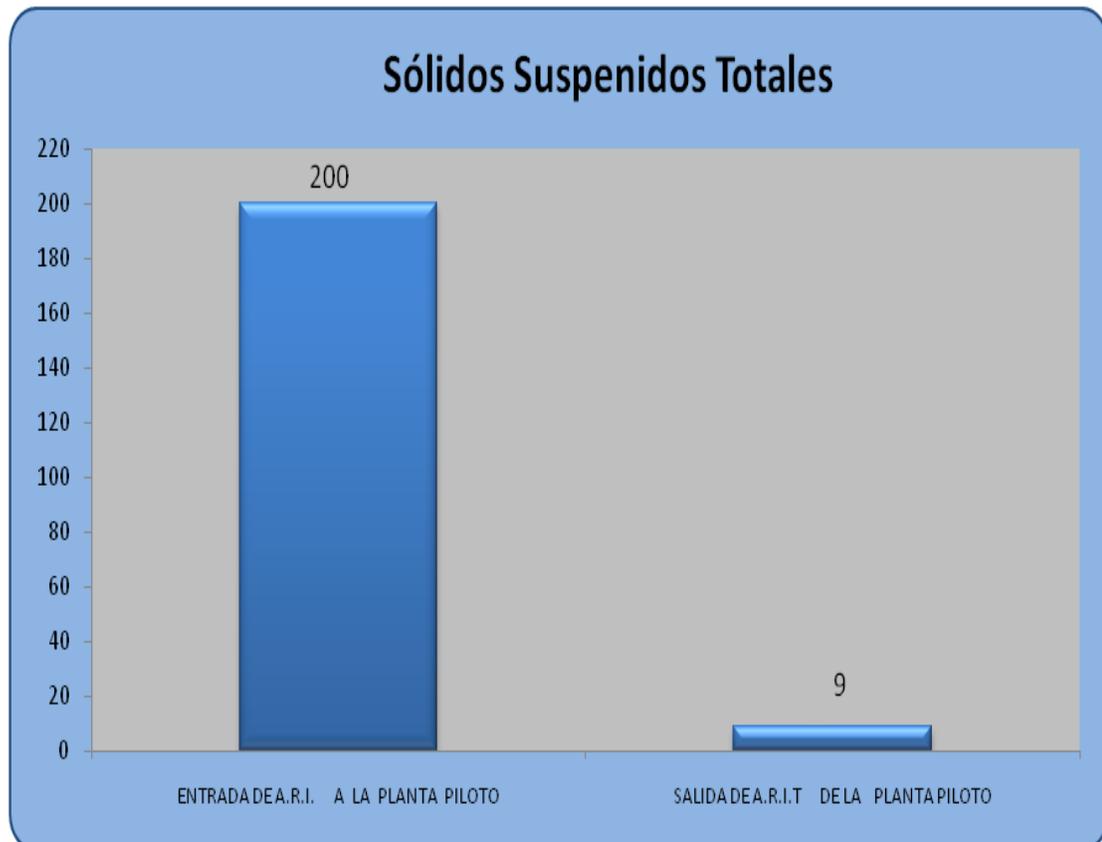


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, nitratos, se ve que existe disminución en el parámetro nitratos en la salida con respecto a la entrada de la planta piloto de tratamiento, el parámetro analizado en el gráfico 5.25, en el tercer día se encuentra dentro de normas ambientales.

Gráfico N°5.26.- Sólidos suspendidos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres

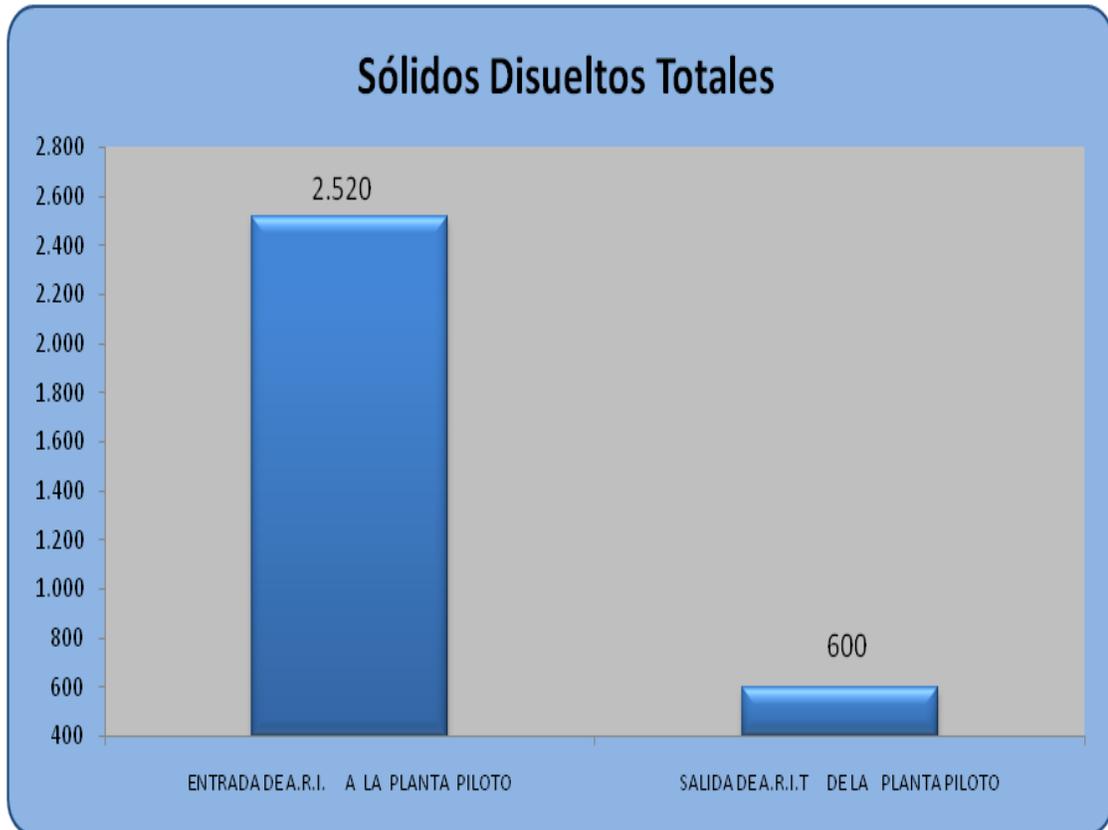


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, los sólidos suspendidos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 95,50%, de remoción, lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento por la degradación de la materia orgánica por las lombrices.

Gráfico N°5.27.- Sólidos disueltos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento día tres



Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°10947-1 y N°10947-2, los sólidos disueltos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 76,19%, de remoción , lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento, y cumple con las Normas ambientales

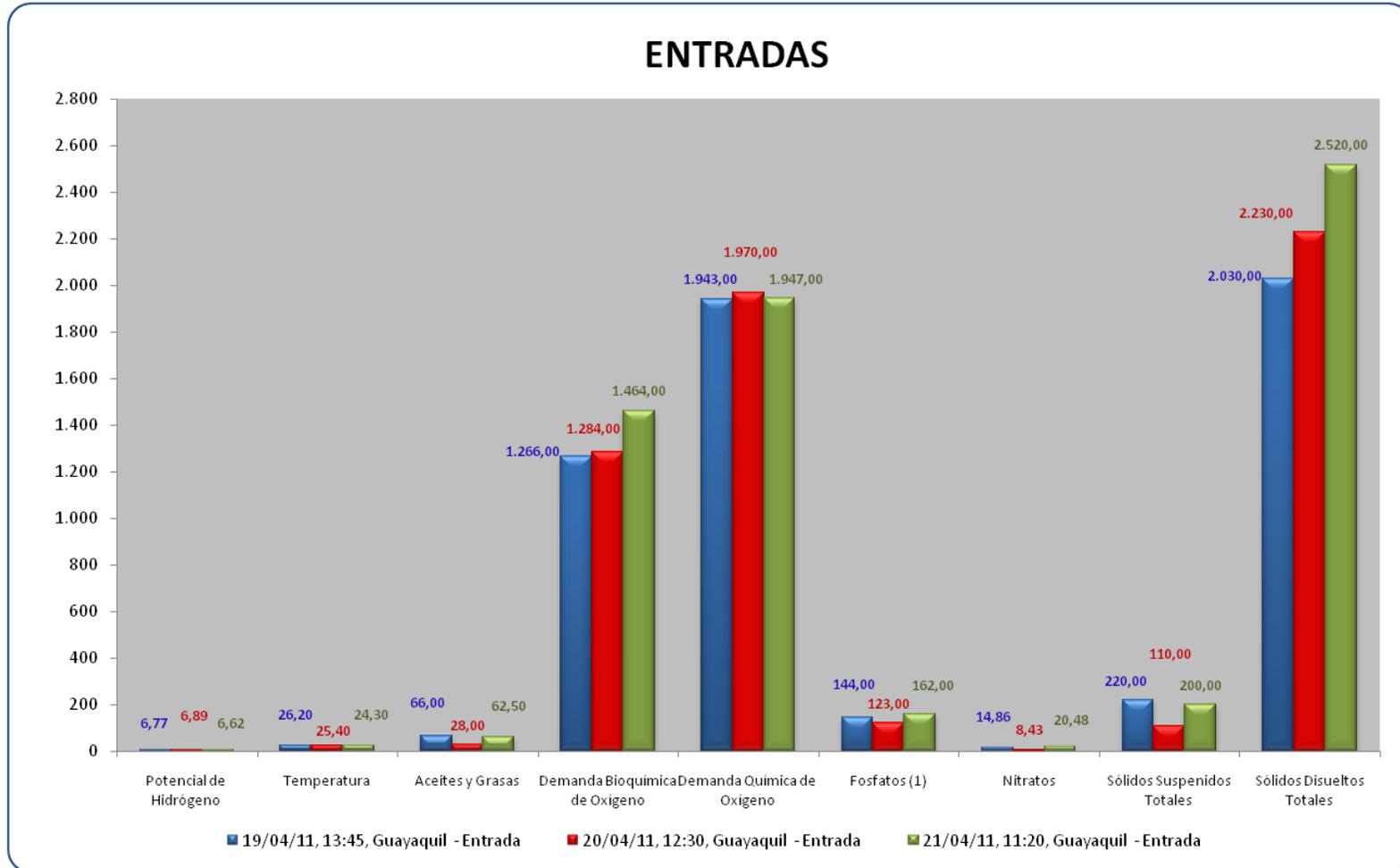
Tabla N°5.4.- Resumen de valores y porcentajes de remoción tratamiento continuo

INFORMES DE ENSAYOS										
PARAMETROS FISICOS-QUIMICOS	DIA UNO 19/04/2011			DIA DOS 20/04/2011			DIA TRES 21/04/2011			UNIDADES
	ENTRADA	SALIDA	%	ENTRADA	SALIDA	%	ENTRADA	SALIDA	%	
Potencial Hidrogeno	6,77	6,70	1,03	6,89	6,87	0,3	6,62	6,71	1,34	-
Temperatura	26,20	29,30	10,58	25,40	29,00	12,41	24,30	26,70	8,99	°C
Aceites y Grasas	66,00	1,00	98,50	28,00	2,70	90,35	62,50	28,33	54,67	mg/l
Demanda Biológica de Oxigeno	1.266,00	98,00	92,30	1284,00	555,00	56,77	1464,00	624,00	57,37	mgO ₂ /l
Demanda Química de Oxigeno	1943,00	136,00	93,00	1970,00	732,00	62,84	1947,00	968,00	50,28	mgO ₂ /l
Fosfatos	144,00	2,80	98,00	123,00	21,00	82,90	162,00	35,00	78,39	mg/l
Nitratos	14,86	36,22	58,97	8,43	<0,42	-	20,48	13,72	33,00	mg/l
Sólidos Suspendidos totales	220,00	41,00	81,40	110,00	39,00	64,54	200,00	9,00	95,5	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	2.030	299,00	85,30	2230,00	639,00	71,35	2520,00	600,00	76,19	mg/l
Carga Contaminante		-	-	-	0,0878	-	-	0,1162	-	K/día
Caudal		0,12	-	-	0,12	-	-	0,12	-	m ³ /día

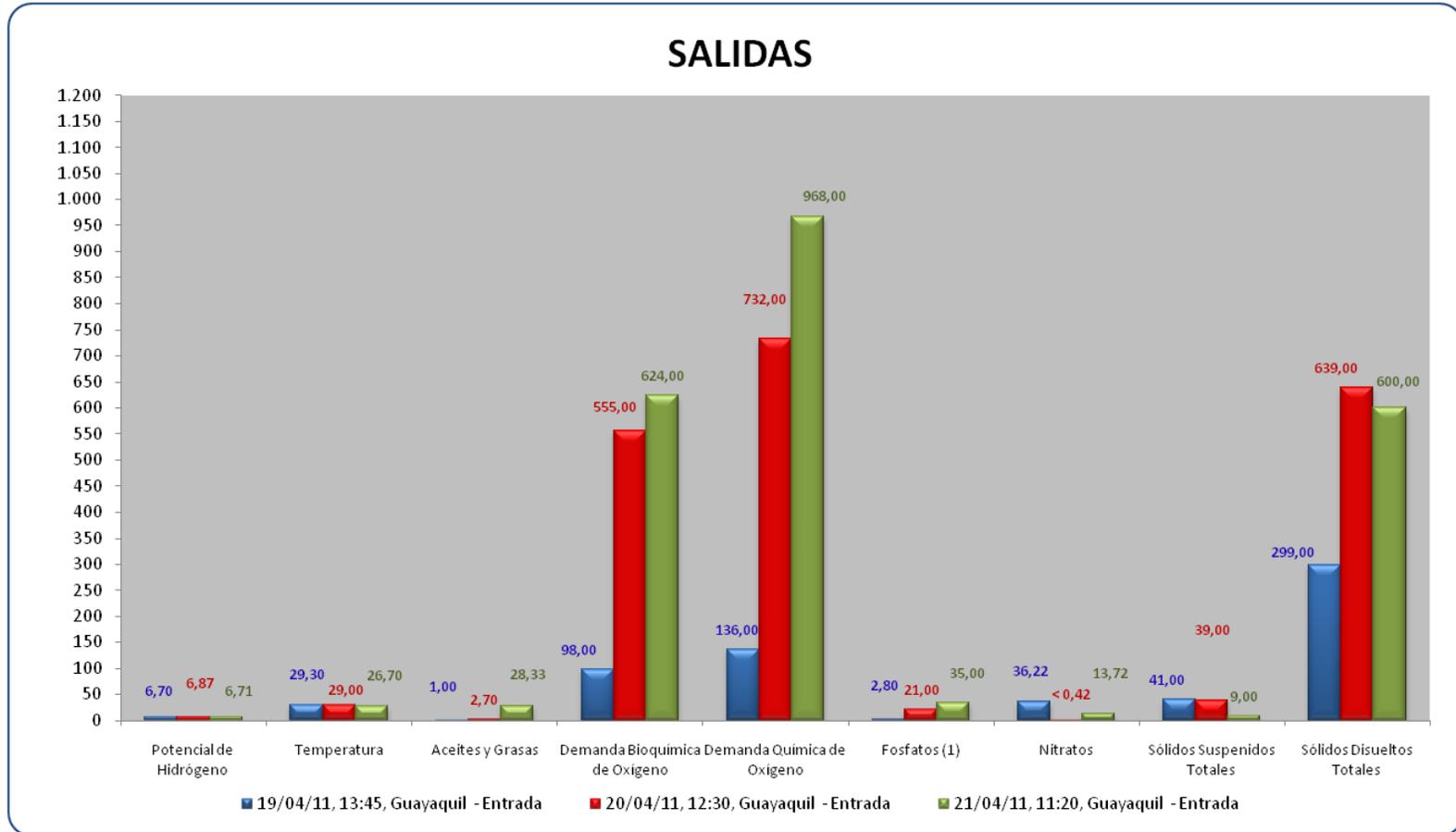
Fuente: Informe de ensayos laboratorio

Elaborado: Ing. Jairo Mendieta Bravo

**Gráfico N°5.28.- Concentrado de parámetros de entradas a la Planta Piloto de Tratamiento
Proceso Continuo**



**Gráfico N°5.29.- Concentrado de parámetros de salida de la Planta Piloto de Tratamiento
Proceso Continuo**



5.2.- Proceso continuo en 24 horas

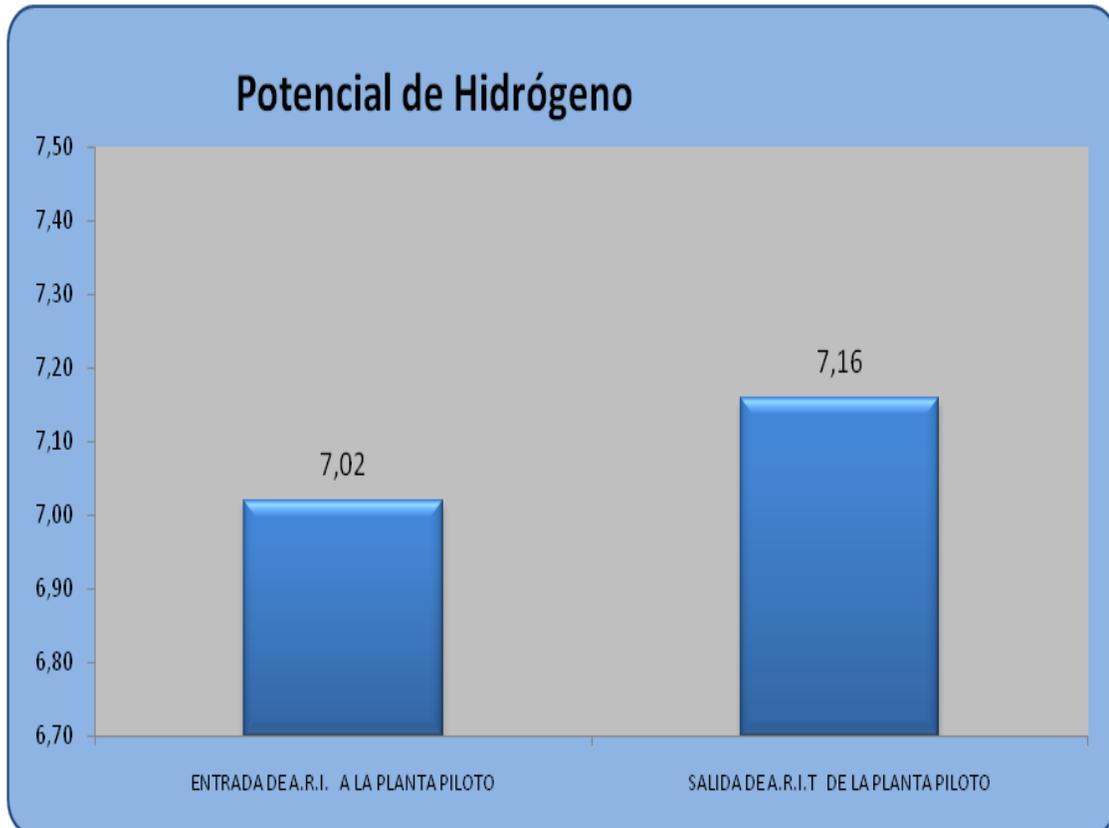
Tabla N°5.5.- Caracterización entrada y salida Planta Piloto de Tratamiento

INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2			
Fecha, hora y lugar de muestreo:	26/05/11, 14:30, Guayaquil - Entrada		
Fecha, hora y lugar de muestreo:	26/05/11, 14:40, Guayaquil - Salida		
Muestreado por:	Grupo Químico Marcos		
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO	ENTRADA DE A.R.I. A LA PLANTA PILOTO	SALIDA DE A.R.I.T DE LA PLANTA PILOTO	UNIDADES
Potencial de Hidrógeno	7,02	7,16	-
Temperatura	29,70	24,90	°C
Aceites y Grasas	58,00	1,50	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2.250,00	53,70	mgO2/l
Demanda Química de Oxígeno	4.492,00	108,00	mgO2/l
Fosfatos (1)	102,00	2,16	mg/l
Nitratos(3)	< 0,42	1,7	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	120,00	15,00	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	2.420,00	1,74	mg/l
Carga contaminante		-	Kg/día
Caudal		0,12	m ³ /día

Fuente: G.Q.M, caracterización A.R.I

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Gráfico N°5.30.- Potencial hidrógeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento Proceso continuo en 24h

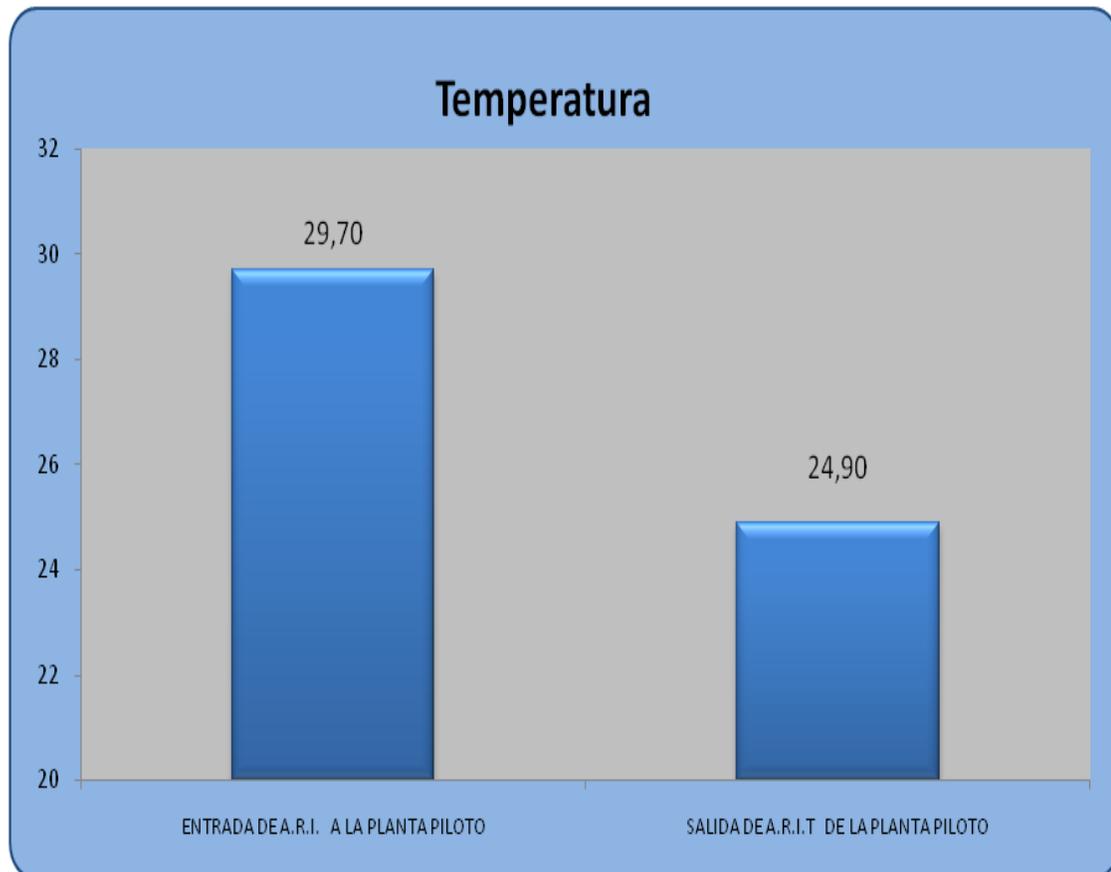


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Referente a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, potencial hidrógeno, existe una mínima diferencia, casi despreciable entre la entrada y la salida en cuanto al parámetro que muestra el gráfico 5.30, por lo tanto el parámetro analizado en el proceso continuo en 24h, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.31.- Temperatura, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento Proceso continuo en 24h

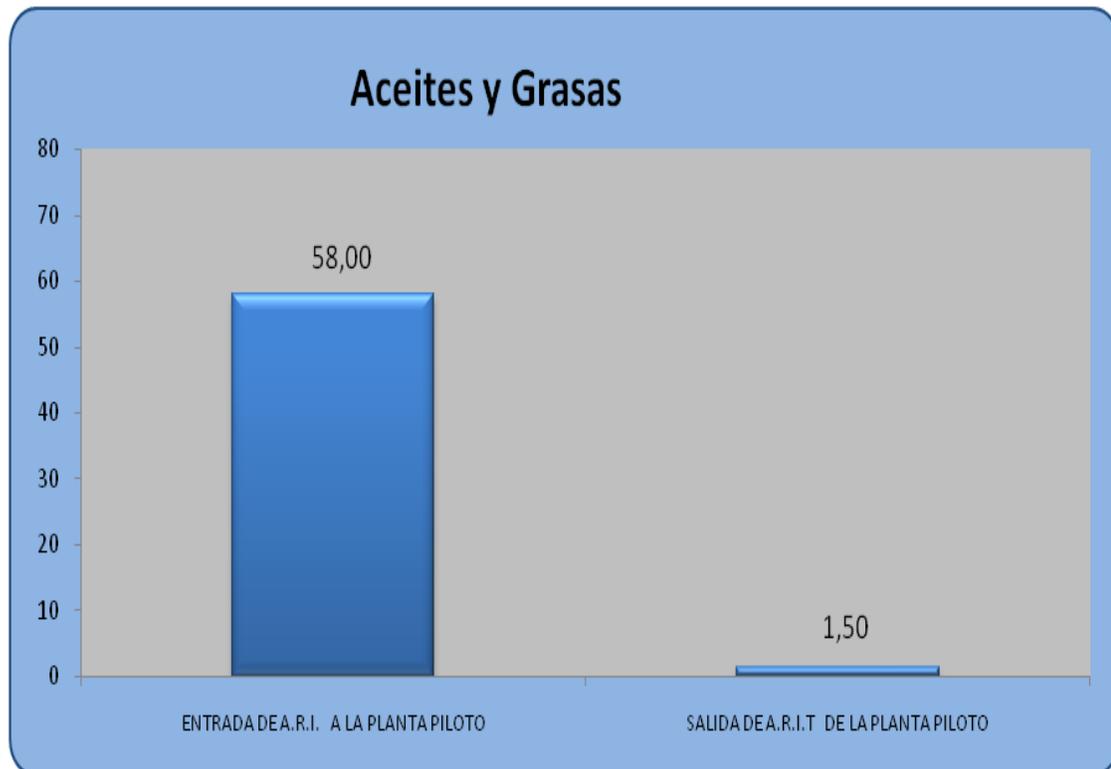


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, temperatura, existe una disminución en 4°C respecto a la salida de la PPT, El parámetro analizado en el gráfico 5.31, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.32.- Aceites y grasas, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento Proceso continuo en 24h

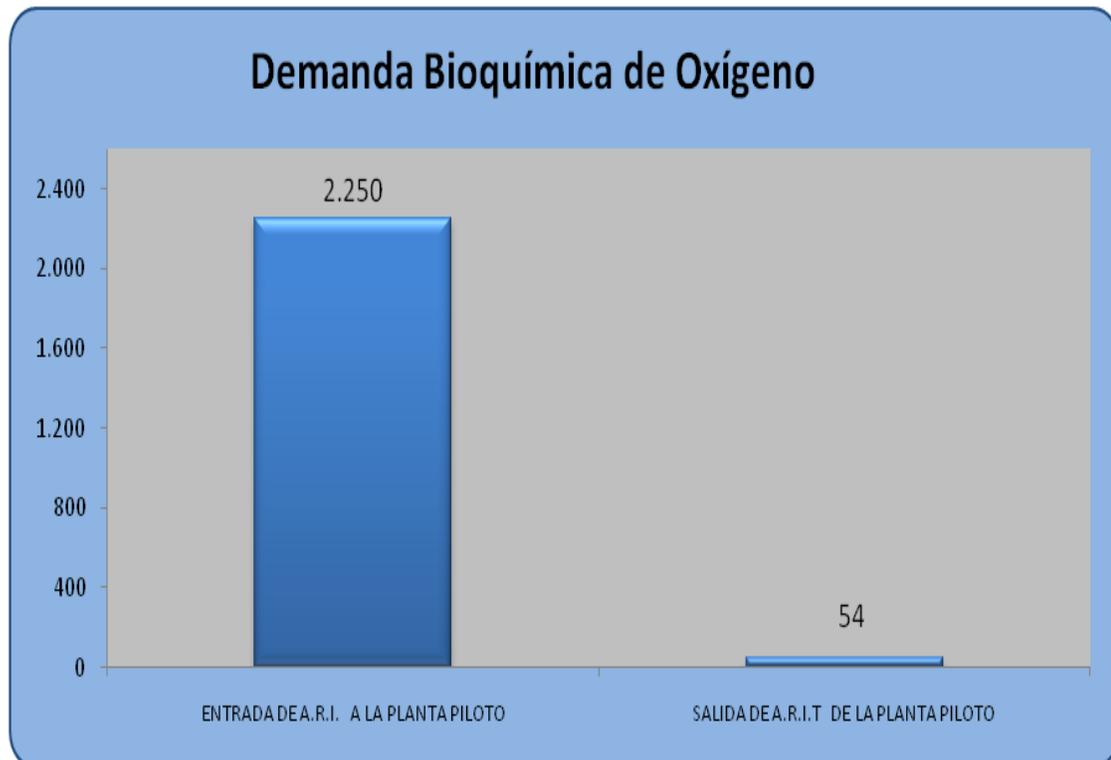


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, Aceites y grasas, existe una disminución considerable entre los valores de entrada y salida, aproximadamente en un 97.4% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.32, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.33.- Demanda bioquímica de oxígeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento Proceso continuo en 24h

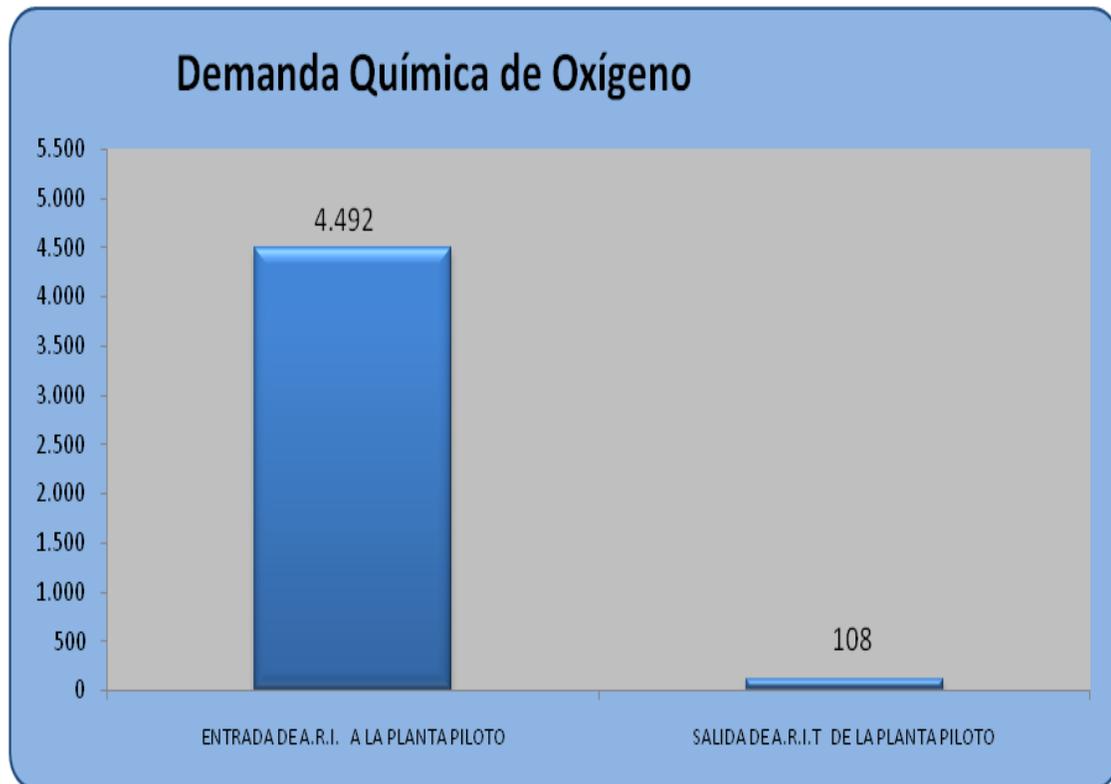


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- En cuanto a los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, Demanda bioquímica de oxígeno existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 92,25% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.33, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.34.- Demanda química de oxígeno, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento Proceso continuo en 24h

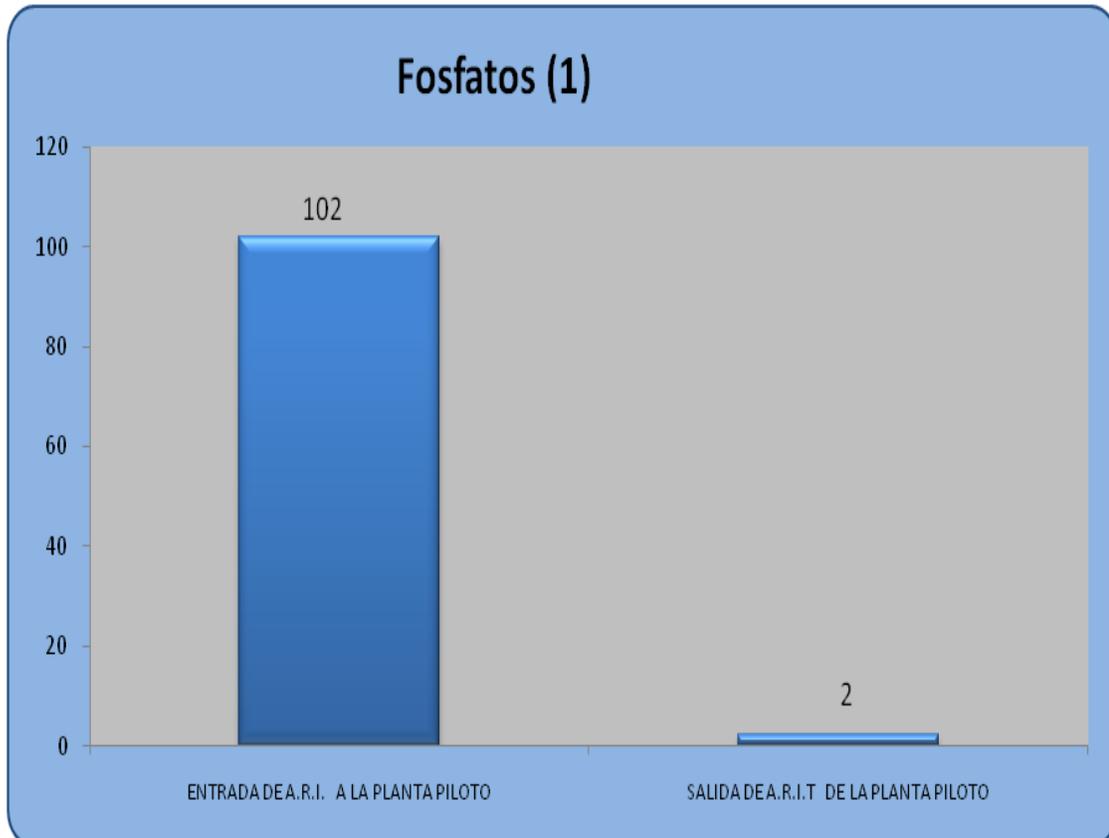


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, Demanda química de oxígeno, se ve que existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada y salida del agua tratada en un 97.5% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.34, se encuentra dentro de Normas ambientales.

**Gráfico N°5.35.- Fosfatos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento
Proceso continuo en 24h**

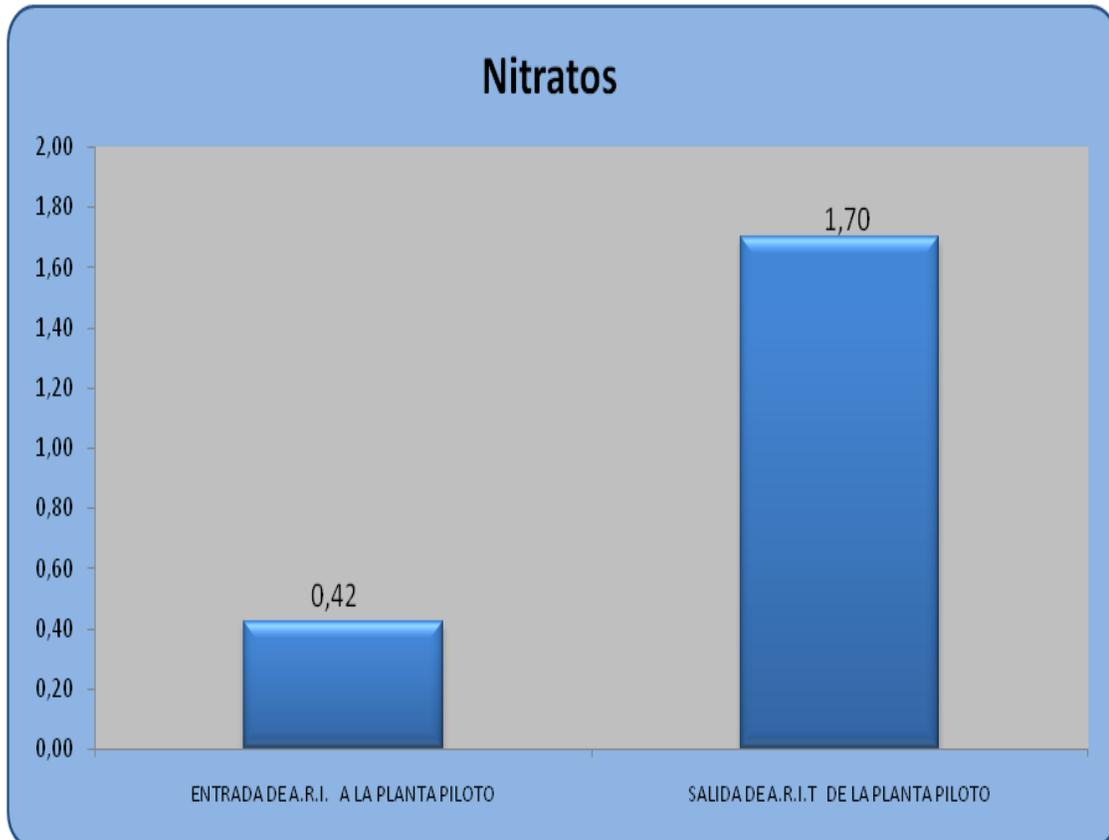


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, fosfatos, se ve que existe una considerable disminución de este parámetro entre la entrada con respecto a la salida del agua tratada en un 98% de remoción. El parámetro analizado en el gráfico 5.35, se encuentra dentro de Normas ambientales.

Gráfico N°5.36.- Nitratos, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento
Proceso continuo en 24h



Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, nitratos, se ve que existe un aumento en el parámetro nitratos en la salida con respecto a la entrada de la planta piloto, se atribuye ésto a la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual, donde se estabiliza el nitrato.

Gráfico N°5.37.- Sólidos suspendidos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento Proceso continuo en 24h

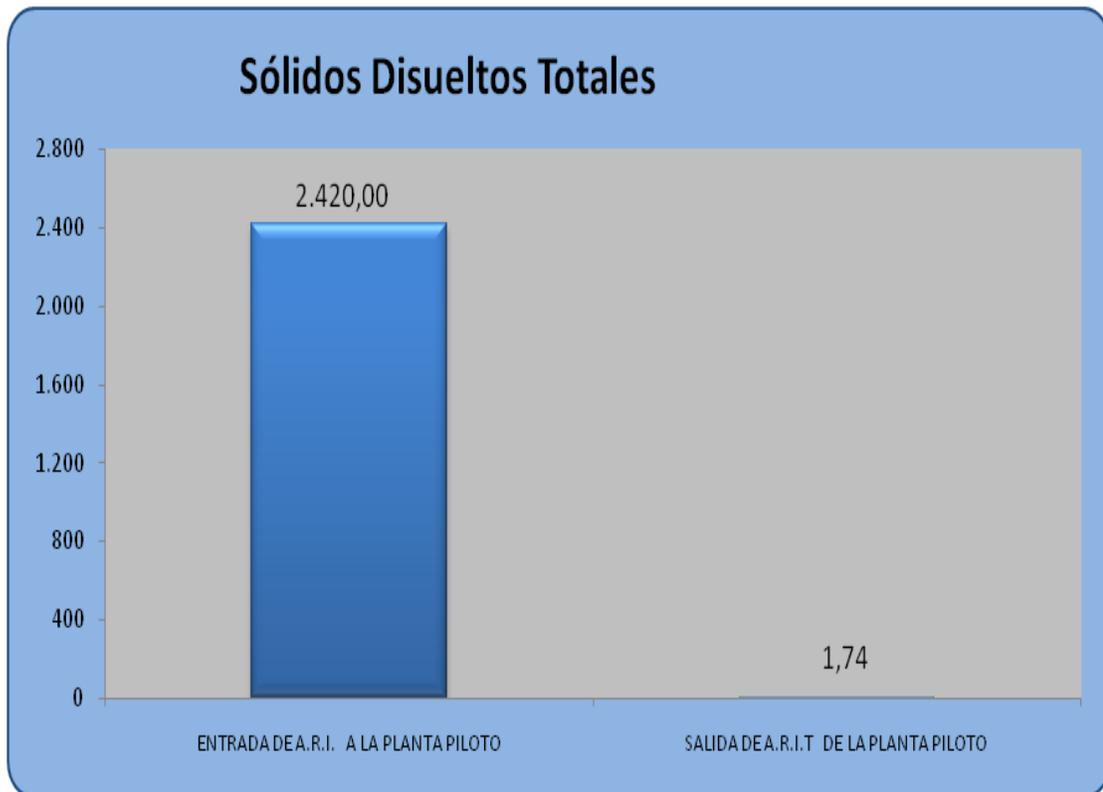


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, los sólidos suspendidos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 87,5%, de remoción, lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento por la degradación de la materia orgánica debido a las lombrices.

Gráfico N°5.38.- Sólidos disueltos totales, entrada y salida Planta Piloto de tratamiento Proceso continuo en 24h

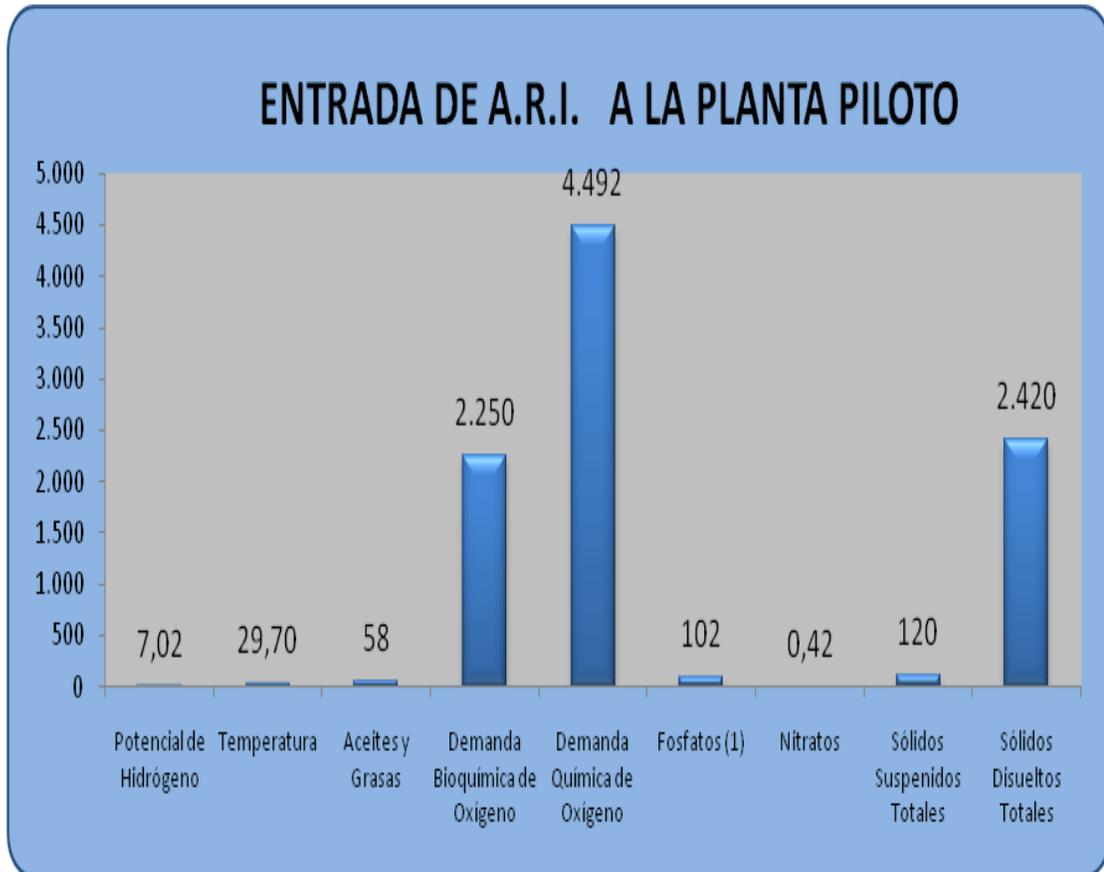


Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2, los sólidos disueltos totales, entre la entrada y salida se nota que ha disminuido en un 99.9,% de remoción , lo que significa que el parámetro de salida ha tenido un buen porcentaje de remoción en el tratamiento, y cumple con las Normas ambientales.

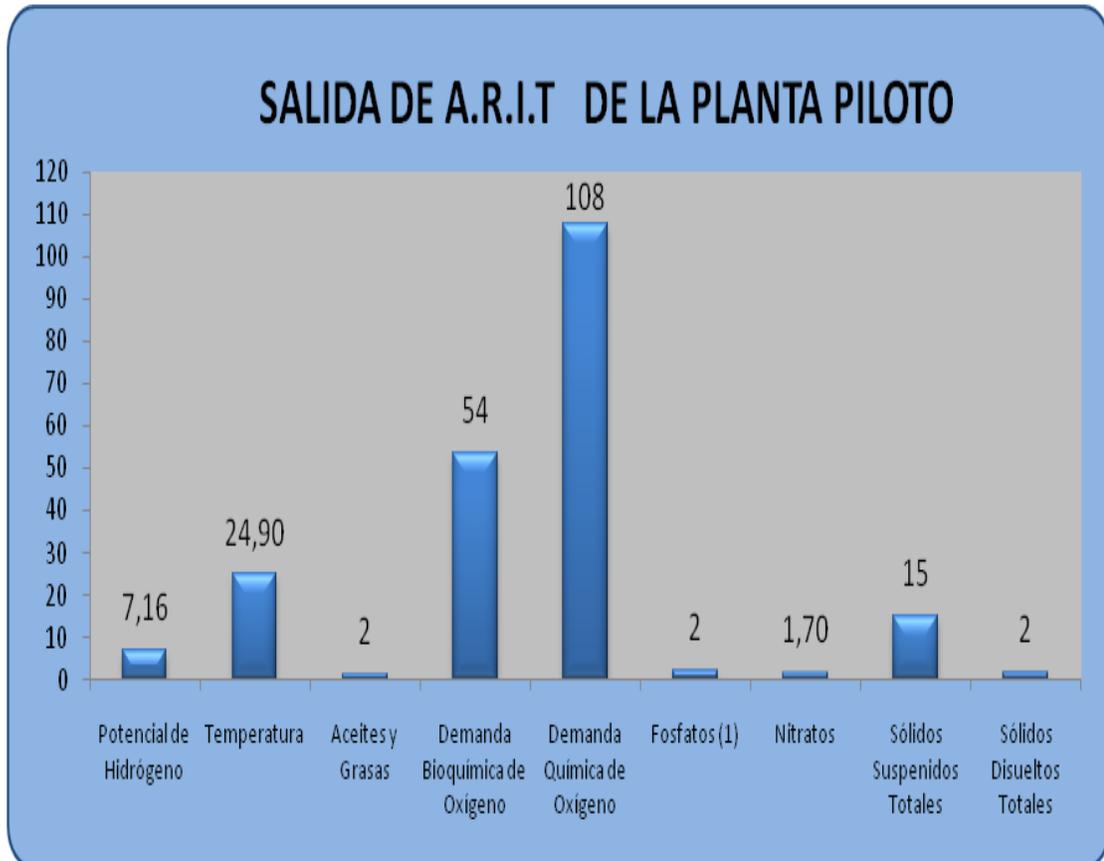
Gráfico N°5.39.- Concentrado, entrada de A.R.I a la Planta Piloto de Tratamiento Proceso continuo en 24h



Fuente: Análisis de laboratorio
Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados de todos los parámetros monitoreados en el proceso de tratamiento continuo en 24h, que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-1, corresponden a la entrada de agua residual hacia la planta piloto de tratamiento, donde se refleja los parámetros más importantes como: Aceites y grasas, DBO₅, DQO, nitratos, fosfatos, SST, SDT, con resultados fuera de Normas Ambientales.

Gráfico N°5.40.- Concentrado, salida de la A.R.I.T de la Planta Piloto de Tratamiento Proceso continuo en 24h



Fuente: Análisis de laboratorio

Elaborado por: Ing. Jairo Mendieta Bravo.

Análisis.- Los resultados de todos los parámetros monitoreados en el proceso de tratamiento continuo en 24h, que se muestran en el INFORME DE ENSAYOS N°11436-2, corresponden a la salida de agua residual de la planta piloto de tratamiento, donde se refleja los parámetros más importantes como: Aceites y grasas, DBO₅, DQO, nitratos, fosfatos, SST, SDT, con resultados dentro de Normas Ambientales.

Tabla N° 5.6.- Resumen de valores y porcentajes de remoción tratamiento continuo en 24h

INFORME DE ENSAYOS N°11436-1 y N°11436-2				
Fecha, hora y lugar de muestreo:	26/05/11, 14:30, Guayaquil - Entrada			
Fecha, hora y lugar de muestreo:	26/05/11, 14:40, Guayaquil - Salida			
Muestreado por:	Grupo Químico Marcos			
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO	ENTRADA DE A.R.I. A LA PLANTA PILOTO	SALIDA DE A.R.I.T DE LA PLANTA PILOTO	%	UNIDADES
Potencial de Hidrógeno	7,02	7,16	1,95	-
Temperatura	29,70	24,90	16,16	°C
Aceites y Grasas	58,00	1,50	97,41	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2.250,00	53,70	97,61	mgO2/l
Demanda Química de Oxígeno	4.492,00	108,00	97,59	mgO2/l
Fosfatos (1)	102,00	2,16	97,88	mg/l
Nitratos(3)	< 0,42	1,7	-	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	120,00	15,00	87,50	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	2.420,00	1,74	99,93	mg/l
Carga contaminante		-	-	Kg/día
Caudal		0,12	-	m ³ /día

Fuente: Informe de ensayos laboratorio

Elaborado: Ing. Jairo Mendieta Bravo

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- Conclusiones.

La aclimatación adoptada para la investigación, fue de 10 días, pero se observó que a los 8 días las lombrices estaban aclimatadas, listas para efectuar la descomposición de la materia orgánica, presentes en el agua residual.

Las características físicas y químicas del agua residual industrial de la empacadora de camarón alcanzan parámetros fuera de normas ambientales, con un PH = 6,7, A & G = 66 ppm, la DBO5 = 1266 ppm, la DQO = 1943 ppm, fosfatos = 144 ppm, los STD = 2030 ppm, los SST = 220 ppm, justificándose un tratamiento para sus aguas residuales.

En el tratamiento del lombrifiltro se utilizó lombrices (oligoquetos) recolectadas en las orillas de ríos de la Provincia del Guayas, donde se aplicó en una primera investigación el proceso continuo para el tratamiento, que se llevó a cabo durante tres días del mes de abril del 2011, que dio como resultado positivo de acuerdo a los informes de laboratorio, pero no se alcanzó la eficiencia que persigue la investigación, y los niveles máximos permisibles que establecen la Norma Ambiental vigente como se describe en el capítulo de análisis de resultados.

Se efectuó una segunda investigación, con la corrida tipo continua por 24h, donde los informes de laboratorio registran una eficiencia deseada dentro de la investigación, y los parámetros ambientales monitoreados de encuentran dentro de normas ambientales.

Las características físicas y químicas del agua residual tratada mediante el tratamiento en el proceso continuo en 24h, alcanzaron parámetros dentro de normas ambientales como: PH = 7,02, A & G = 1,50 ppm, la DBO5 = 53,7 ppm, la DQO = 108 ppm, fosfatos = 2,16 ppm, los STD = 1,74 ppm, los SST = 15 ppm, demostrándonos la eficiencia del tratamiento en el proceso aplicado.

Para alcanzar este tratamiento continuo en 24h, se ensayo con un volumen de agua residual de 172,8 l, con aproximadamente 60 lombrices que equivalen a 1/2kg de organismos vivos, lo que corresponde a un flujo de 7,2 l/h.

El tiempo de retención hidráulica en el presente tratamiento en 24h, están en función de la cantidad y el volumen que ocupan las lombrices (oligoquetos).

El tiempo de residencia de 24h, se puede prolongar por 12h adicionales, ya que en la experimentación se observo que las lombrices no se encontraban saturadas y pueden degradar más materia orgánica, en ese tiempo con resultados óptimos.

6.2.- Recomendaciones.-

En base al desarrollo de la investigación, experimentación, análisis e interpretación de los resultados, se recomienda:

- Que se monitoree los parámetros de temperatura y PH en el proceso de aclimatación para asegurar la supervivencia de los organismos vivos.
- Se aplique el proceso de tratamiento tipo continuo en 24h, ya que se obtienen excelentes resultados de eficiencia y parámetros dentro de Normas Ambientales Vigentes.
- Que se evalúe el proceso de tratamiento continuo en 24h, en equipos de mayor capacidad, a los utilizados en la experimentación.
- Ampliar la presente investigación, para determinar la tasa de reproducción y mortalidad de los oligoquetos, para establecer el tiempo en que se debe remover el exceso de población y animales muertos.
- Determinar mediante las nuevas investigaciones la cantidad requerida de oligoquetos, por cada m³ de agua contaminada acorde a las características de la presente investigación. Y con los datos obtenidos diseñar un sistema de cultivos de lombrices (oligoquetos), para satisfacer las necesidades requeridas en el proceso de tratamiento de las aguas residuales industriales de una empacadora de camarón
- Las nuevas investigaciones se deben respaldar en análisis y caracterización de las aguas residuales y tratadas, con laboratorios acreditados.

- Se investigue el método del lombrifiltro, como trabajo de tesis de posgrado, para otros tipos de aguas residuales industriales en las diferentes empresas del Ecuador.
- Que los profesionales e investigadores que se encuentran inmersos en tratamiento de aguas residuales industriales, investiguen otras formas de tratamiento que sean aplicables en nuestro país, tanto en tecnologías, como en materias primas y no importarlas del exterior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Mc. Gauhey (1968), Engineering Management of Water Quality

Reed, S.C.R.W. Crites, and E.J.Middlebrooks (1995). Natural System For Waste Manage Ment ond treatment, 2 nd ed. Mc Graw-Hill, NEW YORK.

BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA. V. Jorge. (2000), Teoría y práctica de la purificación del agua, 3° Edición, Tomo I, Editorial Mc Graw-Hill, Santa Fe Bogotá Colombia (ACODAL)

ARBOLEDA. V. Jorge. (2000), Teoría y práctica de la purificación del agua, 3° Edición, Tomo II, Editorial Mc Graw-Hill, Santa Fe Bogotá Colombia (ACODAL)

BRUSCA, R. & BRUSCA, G. (1990). Invertebrates. Sinauer Associates, Sunderland.

CRITES. TCHOBANOGLIOUS. (2000). Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados, Tomo I, Editorial Mc Granw – Hill, Santa Fe Bogotá.

CRITES. TCHOBANOGLIOUS. (2000). Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados, Tomo II, Editorial Mc Granw – Hill, Santa Fe Bogotá Colombia

ERSÉUS. C. & KÄLLERSJÖ, M, (2003) 18S rDNA phylogeny of basal groups of Clitellata (Annelida). Zoologica Scripta, 33(2): 187-196

LAPEÑA. R. Miguel (2005). Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residuales. Editorial Alfa omega Barcelona España.

REED, S.C.R.W. CRITES, OND E.J.MIDDLEBROOKS (1995).

Natural System For Waste Management and treatment, 2 nd ed. Mc Graw-Hill, New York

RUPPER BARNER (1997). Zoología de Invertebrados Editorial Alfa omega Barcelona España.

SCHULZ. R & OKUN. A (1990), Tratamiento de aguas superficiales para países en desarrollo, 1° Edición, Editorial Noriega, México

Universidad DE CHILE (2010). Declaración de Impacto Ambiental Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mediante el sistema de lombrifiltro.

ANEXOS

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPACADORA (PROYECTO)

