



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA: INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Proyecto de investigación

PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS ISLAS FLOTANTES
ARTIFICIALES PARA LA REMEDIACIÓN DE AGUAS
RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS DE LA PROVINCIA DE
COTOPAXI, 2019.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medio Ambiente

Autor:

Villarroel Guayasamin Juan Pablo

Tutor:

MSc. Fonseca Largo Kalina Marcela

Latacunga - Ecuador.

Octubre 2019

DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Yo, **Villarroel Guayasamin Juan Pablo**, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“Propuesta de aplicación de las islas flotantes artificiales para la remediación de aguas residuales en las industrias de la provincia de Cotopaxi, 2019”**, siendo la **MSc. Fonseca Largo Kalina Marcela**, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Villarroel Guayasamin Juan Pablo

CI: 185033036-4

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebra de una parte **VILLARROEL GUAYASAMIN JUAN PABLO**, identificado con C.C. N° **185033036-4** de estado **SOLTERO** y con domicilio, en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia Tungurahua, a quienes en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE**, es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de titulación de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. - (Octubre 2014 - Febrero 2015 hasta Septiembre 2018 - Febrero 2020)

Aprobación HCD. – 1 de Octubre del 2019

Tutor. - MSc. Fonseca Largo Kalina Marcela

Tema: **“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES PARA LA REMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019”.**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **EL CESIONARIO**, es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autorizan a **EL CESIONARIO** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfieren definitivamente a **EL CESIONARIO** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **EL CESIONARIO** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declaran que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **EL CESIONARIO** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. – **EL CESIONARIO** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, el día 1 del mes de Octubre del 2019.

Villarroel Guayasamin Juan Pablo
EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES PARA LA REMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019”, de **VILLARROEL GUAYASAMIN JUAN PABLO**, identificado con C.C. N° **185033036-4**, de la carrera de **INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 15 de Octubre del 2019

.....
TUTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MSc. Fonseca Largo Kalina Marcela

C.I.: 172353445-7

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Miembros del Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Titulación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente; por cuanto, el postulante: **VILLARROEL GUAYASAMIN JUAN PABLO**, identificado con C.C. N° **185033036-4**, con el proyecto de investigación, cuyo título es: **“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES PARA LA REMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Sustentación** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 15 de Octubre del 2019

Para constancia firman:

LECTOR 1

PhD. Mercy Ilbay

C.I.: 060414790-0

LECTOR 2

Dr. Vicente Cordova

C.I.: 180163492-2

LECTOR 3

Mg. Paolo Chasi

C.I.: 050240972-5

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la fuerza de haber llegado donde estoy en estos momentos, a mi madre, mi abuelita, por su paciencia y consejos puesta en mis años de estudio y en mi vida en general, por confiar y creer siempre en mis expectativas y nunca dejarme caer en mis tiempos difíciles y siempre ver lo mejor para mí, a mis maestros por guiarme con sus conocimientos en la realización de esta tesis, y así poder llegar a lograr mi meta.

Villarroel Juan

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mi madre y mi abuelita por ser pilares fundamentales en mi vida y siempre brindarme su cariño y apoyo, mi familia y personas especiales en mi vida que con su amistad y buenos deseos me han guiándome dándome los mejores en mi etapa Universitaria y nunca me han dejado caer en momentos difíciles de mi vida,

Y por último y no menos importante a dos personas especiales que llegaron a mi vida a cambiarla por completo, las mismas que me dieron una visión diferente de la vida y me dieron nuevas metas y expectativas.

Esto es por y para ustedes.

Villarroel Juan

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES PARA LA REMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019”

Autores: Villarroel Guayasamin Juan Pablo

RESUMEN

Las industrias Cotopaxenses se dedican a la fabricación de varios productos, como: láctea, maderera, papel, aluminio, acero, harina, embutidos, cueros y cemento, en las cuales dentro de sus procesos de fabricación existe una gran descarga de aguas residuales con diversos contaminantes los cuales afectan y alteran la calidad de la micro cuenca del río Cutuchi. La presente investigación realizó una propuesta para la implementación del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFAS) en las industrias de la Provincia de Cotopaxi, como un tratamiento alternativo de bajo costo y fácil mantenimiento para las aguas residuales. Para la propuesta de aplicación, se realizó un diagnóstico sobre el manejo de aguas que realizan 11 industrias de Cotopaxi. Se analizaron los resultados históricos de las concentraciones de contaminación del agua que estas generan. Con la información obtenida, se propuso IFAS en número de estructuras y especies remediadoras para cada tipo de industria. En las industria maderera la propuesta de instalación es de 5 a 6 estructuras flotantes para la remoción de metales pesado con *Vetiveria zizanioides*; en las industrias lácteas se instalaran 5 estructuras flotantes con *Canna indica* y *Panicum maximum* los que ayudarán a la remoción de nitratos, fosfatos y materia orgánica, en la industria de curtiembre se instalara 2 estructuras flotantes para la remoción de nitratos, fosfatos y cromo con *Canna indica*, en la industria de acero se instalara 4 estructuras flotantes para la remoción de metales pesados con *Vetiveria zizanioides*, en la industria productora de embutidos se instalara 46 estructuras para la remoción de nitratos y fosfatos con *Canna indica* y *Vetiveria zizanioides*.

Palabras claves: industrias Cotopaxenses, islas flotantes artificiales, aguas residuales, tratamiento alternativo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: "PROPOSAL FOR THE APPLICATION OF ARTIFICIAL FLOATING ISLANDS FOR THE REMEDIATION OF WASTEWATER IN THE INDUSTRIES OF COTOPAXI PROVINCE, 2019"

Author: Villarroel Guayasamin Juan Pablo

ABSTRACT

Cotopaxenses Industries manufacture several products, such as: wood, paper, aluminum, steel, flour, sausages, leather and cement, in during their manufacturing processes there is a large discharge of polluted water which affects and alter the quality of Cutuchi River. This research proposed the implementation of the Artificial Floating Islands System (IFAS) in the industries of Cotopaxi Province, as a low-cost alternative and easy-to-maintain of wastewater. For applying this proposal, a diagnosis was carried out on the management of water, carried out by 11 Industries of Cotopaxi. Historical results of water pollution concentrations generated by water pollution. With the information obtained, IFAS was proposed in number of structures and remedial species for each type of industry. In the wood industry the installation proposal is 5 to 6 floating structures for heavy metal removal with *Vetiveria zizanioides*; in the dairy industries, 5 floating structures with *Canna indica* and *Panicum maximum* will be installed which will help the removal of nitrates, phosphates and organic matter, in the leather industry 2 floating structures for the removal of nitrates will be installed, phosphates and chromium with *Canna indica*, in the steel industry 4 floating structures for the removal of heavy metals with *Vetiveria zizanioides* will be installed, in the sausage production industry 46 structures for the removal of nitrates and phosphates with *Canna indica* and *Vetiveria zizanioids*.

Keywords: Cotopaxenses industries, artificial floating islands, wastewater, alternative treatment.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	4
5. OBJETIVOS:	5
5.1. General.....	5
5.2. Específicos.....	5
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
6.1. Producción Industrial en Cotopaxi	6
6.2. Aguas residuales	7
6.3. Composición de aguas residuales	8
6.4. Características de las aguas residuales	9
6.4.1. Características de las aguas residuales industriales.....	10
6.5. Métodos alternativos para la remediación de aguas residuales	13
6.5.1. Infiltración lenta	14
6.5.2. Infiltración rápida.....	15
6.5.3. Flujo superficial.....	16
6.5.4. Sistemas acuáticos.....	17
6.6. Islas flotantes como mecanismo de remediación de aguas residuales.....	19
6.6.1. Ventajas de islas flotantes	21
6.7. Especificaciones técnicas de instalación y operación de las Islas Flotantes Artificiales	21
6.7.1. Estructura	21
6.7.2. Vegetación.....	22

7. MARCO LEGAL.....	25
7.1. Plan de desarrollo toda una vida (2017 - 2021).....	25
7.2. Constitución de la república del ecuador.....	27
7.3. El derecho al agua (boletín no. 299).....	28
7.4. Código orgánico del ambiente.....	29
7.5. Ley orgánica de recursos hídricos.....	30
7.6. Ley orgánica de salud.....	31
7.7. Código orgánico integral penal.....	32
7.8. Acuerdo ministerial 061: reforma del libro vi del texto unificado de legislación.....	32
7.9. Acuerdo ministerial 097 a.....	32
8. PREGUNTA CIENTÍFICA:	33
9. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS).....	33
9.1. Diagnóstico de manejo de aguas residuales de las industrias de Cotopaxi.....	33
9.2. Análisis de especificaciones técnicas de instalación de IFAS.....	34
9.3. Propuesta de aplicación en industrias Cotopaxenses.....	34
10. DISEÑO EXPERIMENTAL:.....	34
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	35
11.1. Diagnóstico de manejo de aguas residuales de las industrias de Cotopaxi.....	35
11.1.1. Descripción de las plantas de tratamiento con las que cuentan las Industrias.....	36
11.2. Especificaciones técnicas de aplicación de IFAS.....	37
11.3. Especificaciones técnicas en cada una de las industrias Cotopaxenses.....	39
11.4. Propuesta de aplicación en industrias cotopaxenses.....	45
12. CONCLUSIONES.....	61
13. RECOMENDACIONES.....	61
14. BIBLIOGRAFÍA.....	62
15. ANEXOS.....	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Métodos naturales de tratamiento	14
Figura 2: Representación esquemática del método de infiltración lenta.....	14
Figura 3: representación esquemática del método de infiltración rápida.....	15
Figura 4: Representación esquemática del método de flujo superficial.....	16
Figura 5: Cuadro comparativo de las principales características de diseño de los sistemas de tratamiento en el terreno.....	16
Figura 6: Esquema de sistema con especies flotantes	19
Figura 7: Representación esquemática de los cultivos acuáticos	19
Figura 8: Etapa de adaptación y crecimiento del Achira.....	22
Figura 9: Segunda etapa, desarrollo del Achira	22
Figura 10: Crecimiento de raíz del Achira	23
Figura 11: Etapa decrecimiento del Pasto guinea	23
Figura 12: Etapa de crecimiento del Pasto guinea	24
Figura 13: Etapa de crecimiento de las raíces de Pasto guinea.....	24
Figura 14: Etapa de adaptación y desarrollo del Vetiver	25

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Vetiver en estructura flotante	40
Ilustración 2: Achira y Pasto Guinea en estructura flotante	41
Ilustración 3: Achira en estructura flotante	42
Ilustración 4: Achira en estructura flotante	43
Ilustración 5: Vetiver en estructura flotante	44
Ilustración 6: Pasto Guinea en estructura flotante	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Beneficiarios del proyecto	4
Tabla 2 .-Composición de aguas residuales	9
Tabla 3.- Principales productos de la descomposición de la materia orgánica.....	11
Tabla 5: Dimensiones del sedimentador	37
Tabla 6: Dimensiones del sedimentador primario.....	38
Tabla 7: Dimensiones del cribado	38
Tabla 8: Dimensiones del depósito	38
Tabla 9: Dimensiones del tanque de almacenamiento	39
Tabla 10: Industria maderera.....	39
Tabla 11: Industria láctea	41
Tabla 12: Industria de acero	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Tipos de industrias	35
Grafico 2: Plantas de tratamiento	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: registro fotográfico.....	1
ANEXO 2: Curriculum Vitae del Tutor.....	2
ANEXO 3: Curriculum Vitae del Estudiante.....	4

1. INTRODUCCIÓN

Las industrias Cotopaxenses se dedican a la fabricación de varios productos, principalmente de aluminio, acero, papel, harina, embutidos, curtiembre y cemento. En las cuales dentro de sus procesos de fabricación de estos productos existe una gran descarga de aguas residuales con diversos contaminantes. Las descargas de estas aguas afectan y alteran la calidad de la Micro Cuenca del Río Cutuchi (MRC).

Toda actividad industrial antes del desfogue de sus aguas residuales debe ser sometida a un tratamiento previo del mismo, en la cual se garantice la calidad para sus posteriores usos. Al igual que la industria, las actividades humanas generan aguas contaminadas que deben ser sometidas a un tratamiento que garantice la continuidad del ciclo de consumo del recurso. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales son costosos tanto en su construcción, operación y mantenimiento. Los “sistemas blandos” o extensivos, son tratamientos que consumen menos energía, y suelen ser menos costosos y sofisticados que no comprometen la eficacia en la depuración del agua.

Entre los sistemas blandos se encuentran los fitosistemas, caracterizados por el empleo de energía solar a través de los procesos biológicos naturales (fotosíntesis). Estos sistemas emergen como un intento de emular o aprovechar las capacidades de autodepuración de los hidrosistemas naturales que cuentan con plantas acuáticas. Estos sistemas han sido comúnmente implementados bajo esquemas de sistemas de humedales para el tratamiento de aguas residuales. (Martelo & Lara Borrero, 2012b)

El uso de las plantas acuáticas en tratamientos secundarios y terciarios de aguas residuales, han demostrado ser eficientes en la remoción de una amplia gama de sustancias orgánicas, así como nutrientes y metales pesados. (Martelo & Lara Borrero, 2012b)

Las islas flotantes hacen parte de un tipo de humedales construidos, conocidos como Floating Treatment Wetlands (FTWs). Estos tipos de humedales están conformados por una estructura flotante en donde las plantas acuáticas emergentes crecen enraizadas en la superficie. Los tallos de las plantas se desarrollan por encima del nivel del agua, mientras las raíces crecen en la columna de agua hacia el fondo del humedal favoreciendo los procesos de fitodepuración. Al generar una superficie para el establecimiento de comunidades microbianas. La flotabilidad permite que la isla permanezca en la superficie, tolerando las fluctuaciones en la profundidad del agua. (Peña & Candela, 2018)

El proyecto Islas Flotantes Artificiales busca la remediación de cuerpos hídricos contaminados con Nitratos y Fosfatos, TPH, cromo y plomo. Para la remoción de estos contaminantes se incluyendo tres tipos de especies plantas acuáticas. Con estas especies poder potenciar su uso en el paisajismo y la depuración del agua. La contaminación de las agua relacionadas a las actividades industriales, son un problema creciente en la sociedad. Por esta razón se busca desarrollar métodos o sistemas más eficientes para realizar un tratamiento sostenible y económico.

En la actualidad Ecuador se encuentra en un proceso de cambio, el cual busca el desarrollo de las comunidades del país con el objetivo de conseguir una mejor calidad de vida para sus habitantes. Este proyecto evalúa la factibilidad de ingreso de las Islas Flotantes Artificiales IFAS con un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales en las industrias Cotopaxenses. Siendo este sistema de bajo costo y fácil mantenimiento.

Las industrias Cotopaxenses son una gran fuente de ingreso para la economía del cantón. Estas industrias realizan varios procesos manufactureros, en los cuales requieren una gran cantidad del recurso hídrico para cada uno de sus procesos en la elaboración de sus productos.

Muchas de las industrias de Cotopaxi una vez realizada su proceso de producción, el agua utilizada en los procesos son evacuados al cauce del río sin ningún tratamiento previo. Muchas veces las industrias tienen una planta de tratamiento, las cuales no les dan uso ya que los gastos de mantenimiento son muy altos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad las fuentes de agua se encuentran en constante deterioro, a causa de las actividades antrópicas que día tras día aumenta la toxicidad del recurso. Esta realidad se ve reflejada en la Microcuenca del Río Cutuchi, por tal motivo es necesario buscar alternativas para la descontaminación a fin de mejorar las condiciones del cauce.

Frente a esta realidad se ha optado por implementar procesos de tratamiento de aguas no convencionales, como el Sistema de Islas Flotantes Artificiales IFAS para el mejoramiento de la calidad de agua de la MRC. Para poder realizar el mejoramiento de la MRC se utilizarán las especies Pasto guinea (*Panicum maximum*), Achira (*Canna indica*) y Vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Estas especies vegetativas han demostrado eficiencia en la absorción de Nitratos, fosfatos, TPH y Metales Pesados. Una vez comprobada la eficiencia de las IFAS mediante análisis estadísticos y de laboratorio, se podrá ofrecer a las empresas del Canto Cotopaxi. Este sistema es un método alternativo para la descontaminación del efluente, mejorando así las condiciones productivas y de conservación del entorno local.

El presente proyecto propone una propuesta para la implementación de las (IFAS) en las industrias de la Provincia de Cotopaxi, como un tratamiento alternativo de bajo costo y fácil mantenimiento para el tratamiento de aguas residuales. Este sistema se realizará según las especificaciones y necesidades de cada una de las empresas, siendo que no todas las industrias tienen las mismas cantidades de volumen de agua residual. Estos factores influyen en el diseño de cada uno de las (IFAS) para cada una de las industrias Cotopaxenses.

La propuesta para la aplicación de (IFAS) nace de la necesidad de dar una alternativa para la depuración de aguas residuales generadas por las industrias de Cotopaxi. Las IFAS son un sistema económicamente rentable tanto en su construcción como en su mantenimiento. Este sistema de depuración de aguas residuales nos ayuda a la remoción de varios contaminantes como nitratos, fosfatos y metales pesados.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1- Beneficiarios del proyecto

Directos	Industrias del Cantón Latacunga
Indirectos	Pro. Cotopaxi

Elaborado por: Villarroel Juan.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

En los países en vías de desarrollo como es el caso de Ecuador, no se ha realizado una evaluación de la eficiencia del sistema de (IFAS), por lo que existe un desconocimiento de sus funciones, su aplicación y su eficacia en el proceso de remoción de contaminantes en un cuerpo hídrico.

Actualmente en Ecuador solo el 8% de las aguas negras tienen algún nivel de tratamiento, esto debido al acelerado y desordenado crecimiento urbano, y a la falta de una política de conservación de los contaminadores de los cuerpos de agua, esto es de responsabilidad de los municipios, Ministerio del Ambiente (MAE) y Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) como entes de regulación y control a nivel nacional. Dichas descargas de aguas residuales tienen como destino los cuerpos hídricos más cercanos y esto ocasiona graves problemas medio ambientales.

Las industrias Cotopaxenses, generan aguas residuales de proceso con alta carga orgánica y muchas veces con sustancias tóxicas, las cuales no las depuran y las descargan directamente a las redes de alcantarillado público o directamente a los cauces fluviales. Estas industrias se dedican a la fabricación de varios productos, principalmente de aluminio, acero, papel, harina, embutidos, curtiembre y cemento. En la fabricación de estos productos existe una gran descarga de aguas residuales. Estas aguas se encuentran alteradas con diversos contaminantes los cuales pueden tener metales pesados entre otras sustancias que alteran su calidad.

En la industria papelera después de sus procesos productivos los efluentes alteran el pH con valores extremos, elevan el efluente con materia orgánica, sólidos en suspensión, nitrógeno y fósforo entre otros contaminantes.

En la fabricación del vidrio, las emisiones al recurso hídrico son relativamente escasas y son pocos los problemas importantes que la industria del vidrio produce. El agua se utiliza

principalmente para limpiar y refrigerar y puede reciclarse o tratarse fácilmente por medio de técnicas. En los procesos de fabricación de vidrios especiales, fritas y vidrio doméstico pueden generar emisiones de metales pesados. (*Industria del vidrio*, s. f.).

La industria de curtiembre tienen altas concentraciones de cromo por el proceso de tinturado de las pieles, además de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, pH y sólidos suspendidos. (Tayupanda, 2010)

La industria de producción de cemento genera contaminantes hacia el recurso hídrico principalmente en la alteración de pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato. («La contaminación de la industria del cemento», s. f.)

Más del 80% de las empresas industriales, agroindustriales, de comercio y servicios, que generan aguas residuales con alta carga orgánica y muchas veces con sustancias tóxicas, no las depuran y las descargan directamente a las redes de alcantarillado público o directamente a los cauces fluviales. (Peña & Candela, 2018)

5. OBJETIVOS:

5.1. General

Efectuar una propuesta de aplicación de las islas flotantes artificiales para la remediación de aguas residuales de las industrias de la provincia de Cotopaxi, periodo Marzo – Agosto, 2019.

5.2. Específicos

- Establecer un diagnóstico de manejo de aguas residuales de las industrias de Cotopaxi ubicadas en la riberas de la Microcuenca del Río Cutuchi (MRC).
- Analizar las especificaciones técnicas de instalación y operación de las Islas Flotantes Artificiales para futuras aplicaciones del sistema.
- Determinar la propuesta de aplicación en industrias cotopaxenses.

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1. Producción Industrial en Cotopaxi

La provincia de Cotopaxi cuenta con un número significativo de empresas industriales lo que hace representativa su participación en el sector productivo del país. En la actualidad, la Superintendencia de Compañías registra 42 empresas pertenecientes al sector manufactura, las cuales se encuentran clasificadas bajo el código CIIU. (Aguilar & Estefanía, 2018)

Según un reporte realizado por Diario El Comercio, en Cotopaxi existen empresas dedicadas a la elaboración de bebidas, textiles, madera, papel, metales, entre otros. El sector manufacturero de esta provincia representa cerca del 38% de la actividad económica del Cantón, seguido por la agricultura y ganadería con el 21% y el comercio con el 12%. (El Comercio, 2015)

Las principales ramas industriales instaladas en la provincia son las siguientes: Alimentos y bebidas, tabaco, manufacturas metálicas, maquinaria y equipo, industrias del mueble y de la madera. La mayoría de ellas está ubicadas al norte, junto a la carretera Panamericana. En procesamiento de leche son importantes las plantas La Avelina e Indulac.

En productos metálicos Ecuatubex, Necchi, Bujías NGK, Orbea, entre otras empresas localizadas en el cantón con diversos procesos productivos.

En la provincia de Cotopaxi existen varias empresas las cuales realizan varias actividades industriales como; Acosa, Parmalat, grupo Familia, Provefrut, Cripollo, Grupo “Licorec”, Industria “INDULAC”, Industria “NOVACERO”, Industria “LA AVELINA”, Industria “HACIENDA NITANGA”, entre otras, muchas de estas empresas se dedican a la producción de planchas de triplex, la producción de lácteos, producción de implementos y productos higiénicos, en la producción de productos vegetales, producción de flores, etc.

La fabricación de acero implica una serie de procesos complejos, mediante los cuales, el mineral de hierro se extrae para producir productos de acero, empleando coque y piedra caliza. («Impactos ambientales/Fabricación de hierro y acero—Wikilibros», s. f.). Después del proceso de producción en la fábrica, los vertidos contienen Cromato, Cianuro y Metales Pesados. (Culqui Nora, 2015)

Industria láctea, la contaminación de los efluentes líquidos es muy variable dependiendo del tipo de proceso y de producto fabricado, en cada uno de estos productos existe una gran contaminación de materia orgánica. Las aguas residuales generadas en la industria láctea

presentan una contaminación principalmente de carácter orgánico (DQO y DBO), con una elevada concentración de grasas y también de nitrógeno y fósforo. Aunque el DBO₅ media puede estar en torno a 3.000-4.000 mg O₂/L. Los vertidos muestran una elevada variabilidad, tanto en caudal como en composición. Ésta depende fundamentalmente del proceso que genera las aguas residuales y del producto que se prepare. Así, el suero que se genera en la elaboración de quesos tiene una DBO del orden de 40.000-50.000 mg O₂/L y se considera que una granja que procese unos 100 m³/día de leche para la elaboración de queso. («Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea», 2014)

La industria de cemento en su fabricación del mismo es un gran consumidor de agua, pero el proceso tecnológico no produce contaminación del agua. En las fábricas de cemento se necesitan unos 0,6 m³ de agua por tonelada de cemento para la refrigeración de las máquinas. La mayor parte de esta agua se encuentra en circulación, por lo que sólo hay que reponer las pérdidas. En las instalaciones que trabajan con el método seco también se consume agua para la refrigeración de los gases de escape de los hornos, pudiéndose calcular un consumo neto aproximado de 0,4 a 0,6m³ de agua por tonelada de cemento. En las instalaciones que trabajan con el método húmedo se necesita aproximadamente otro m³ por tonelada de cemento para la molienda del lodo. Esta agua se desprende de nuevo por evaporación. (Vilca, s. f.)

Industria de embutidos se caracteriza por una alta carga orgánica de sólidos suspendidos, grasas, nitrógeno amoniacal y fluctuaciones de temperatura y pH. (Prado, 2013). El agua es, fácilmente vulnerable y susceptible, se trata “de un recurso que debe estar disponible no solo en la cantidad necesaria sino también con la calidad precisa”. La fuente de contaminación del agua son microorganismos patógenos, materia orgánica, grasas, aceites, detergentes, fosfatos, nitratos, etc. (Ortiz Segundo, 2011)

En la industria maderera (fabricación de tablas triplex) existen varios procesos para su tratamiento y diversos procesos, los vertidos de estos de estas aguas están contaminadas con metales pesados como: cadmio, plomo y arsénico. (Yedra David, 2009)

6.2. Aguas residuales

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.

Las aguas residuales industriales se generan como consecuencia de la actividad industrial. La diversidad de las aguas residuales industriales puede ser muy grande (aguas de proceso, limpieza, refrigeración, etc.), ya que pueden contener contaminantes de naturaleza muy diferente.

La mayor parte de los procesos industriales utilizan agua de una u otra manera. Estas aguas, una vez ha sido utilizada, debe ser tratada antes de ser vertida con independencia de si se devuelve al medio natural o de si se vierte a la red de saneamiento.

En el primer caso, el tratamiento debe ser el suficiente para que el vertido no cause ningún impacto ambiental en el medio receptor; y, si se vierte a la red pública de saneamiento, la composición de las aguas residuales debe cumplir con todos los parámetros físicos y químicos de la normativa vigente. Existe una tercera opción para las aguas residuales industriales ya depuradas: la reutilización. (Condorchem Envitech, s. f.)

El tratamiento de las aguas residuales industriales, además de permitir cumplir con la legislación ambiental vigente, ofrece un gran valor añadido para aquellas empresas responsables y sensibilizadas con el medio ambiente.

Las aguas residuales industriales, si no son convenientemente tratadas antes de su vertido, pueden contener compuestos tóxicos, compuestos difíciles de degradar, tener un pH alejado de la neutralidad, etc.

Aguas residuales industriales: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales. (J. A. PÉREZ LÓPEZ, s. f.)

Las aguas residuales de tipo industrial son las que en mayor cantidad se generan en el planeta, teniendo diferentes características y diferentes métodos de tratamiento según los componentes que tenga. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018)

6.3. Composición de aguas residuales

Las aguas residuales se componen, básicamente, de un 99,9% de agua en su estado conocido como de agua potable y de, un 0,1% por peso de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0,1% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada. El

agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido. («Composición de las Aguas Residuales – Estructplan», s. f.)

Tabla 2 .-Composición de aguas residuales

Agua Potable	Solidos	gases disueltos	Componentes Biológicos
99,90%	0,1% (por peso) Suspendedos	O ₂	Bacterias Micro y macroorganismos Virus
	Disueltos	CO ₂	
	Coloidales	H ₂ S	
	Sedimentables	N ₂	

Fuente: («Composición de las Aguas Residuales – Estructplan», s. f.)

Elaborado por: Villarroel Juan.

La composición de las aguas residuales es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales que realizan, también a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales. (GARCÍA & LÓPEZ, s. f.). La composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales. (*Características.pdf*, s. f.)

6.4. Características de las aguas residuales

Las aguas residuales industriales son aquellas que poseen químicos tanto inorgánicos como orgánicos. Su aspecto principal de contaminación es por productos orgánicos. Se identifican con la disminución de oxígeno gracias al proceso de degradación en el ámbito biológico.

Es sumamente importante destacar que cada una de las industrias, debido a sus actividades, genera contaminación. Una vez se determine el nivel de contaminación, se toman las medidas necesarias para no hacer daño alguno al medio receptor y resto del medio ambiente con las aguas residuales industriales.

Depende del sector que sea la industria, sus agentes contaminantes y aguas residuales industriales características, varían. Un ejemplo claro es la industria papelera, cuya contaminación característica es el color al agua. Así como también la materia en suspensión, el

DBO5 y en algunos casos a pesar de ser pocos, la modificación del pH en el agua. («Aguas residuales industriales características», 2017)

Científicamente las aguas residuales de carácter industrial, se catalogan como la alteración física, química y biológica del líquido en las diferentes industrias del mundo, que dichas aguas alteradas no recibe ningún tipo de tratamiento y son descargadas en su mayoría a los ríos, algunos lagos, mares y océanos. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018)

6.4.1. Características de las aguas residuales industriales

Las características de las aguas residuales industriales son consideradas como físicas, químicas y biológicas. Cada una con componentes distintos, y dependiendo del elemento que tengan las aguas residuales de origen industrial, se prescriben los tipos de tratamiento que se usan para su descontaminación eficiente y real.

- **Características físicas**

Se catalogan en olor fuerte y toxico, color oscuro muy turbio y temperaturas muy bruscas desde muy altas a muy bajas, que al incorporarse a las masas de agua crean un desbalance en los ecosistemas.

- **Características químicas**

Químicamente las aguas residuales son muy complejas, debido a que dependiendo de la industria en que se utilice el agua tendrá diferentes contaminantes, es decir, los compuestos químicos que tendrán las aguas residuales en la extracción de materia prima serán distintos a los que poseen las aguas de las industria que procesa dicha materia para crear bienes y servicios, sin embargo los niveles de contaminantes serán muy altos y si no se tratan tendrán consecuencias negativas para todo el planeta.

Algunos compuestos que se pueden encontrar en las aguas residuales industriales son: altos niveles de metales pesados, materia orgánica, fosforo, azufre, sulfuros de hidrogeno, metano entre otros que como se mencionó anteriormente dependerán del tipo de industrias que genere las aguas residuales.

- **Características biológicas**

En cuanto a lo biológico las aguas residuales poseen virus, bacterias, plantas de diferentes tipos, animales como insectos entre otros que en su mayoría no son tan complejos de eliminar del agua para que se reúse. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018)

Las aguas residuales presentan diferentes características con las Fisicoquímicas las cuales se pueden tener en cuenta para poder tener un manejo del agua para ser tratadas a continuación se deben tener en cuenta:

- **Materia orgánica**

Son fracciones relevantes que se dan de los elementos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales debido a esto se refleja como la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua.

La Materia Orgánica está compuesta principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (detergentes). (PATIÑO & TAUTA, 2014)

Tabla 3.- Principales productos de la descomposición de la materia orgánica.

Tipo de materia orgánica	Tipo de descomposición	
	Aeróbica	Anaeróbica
Nitrogenada	Nitratos (NO_3^-), anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O), sulfatos (SO_4^-)	Mercaptanos, índoles, escatol, ácido sulfhídrico (H_2S), cadaverina y putrescina.
Carbonácea	Anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O)	Anhídrido carbónico (CO_2), gas metano (CH_4), gas hidrógeno (H_2), ácidos, alcoholes y otros.

Fuente: (PATIÑO & TAUTA, 2014)

Elaborado por: Villarroel Juan.

- **Sólidos**

La materia orgánica se presenta en forma de sólidos. Estos sólidos pueden ser suspendidos (SS) o disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV), los cuales se presumen orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (SSed). Lo anterior ellos se determinan gravimétricamente (por peso).

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Controla los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR). La mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5 unidades.

- **Nitrógeno**

Componente principal de las proteínas y es un nutriente esencial para las algas y bacterias que intervienen en la depuración del agua residual. Puede presentarse en forma de nitrógeno orgánico, amoniacal y formas oxidadas como nitritos y nitratos. Los valores excesivamente altos de nitrógeno amoniacal (>50 mg/L) se consideran inhibitorios para los microorganismos responsables del TAR.

- **Fósforo**

Es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos. No obstante, valores elevados pueden causar problemas de hipereutrofización en los cuerpos de agua lóticos como en lagos, embalses, lagunas. (PATIÑO & TAUTA, 2014)

Otras características de las aguas residuales vertidas por las industrias son:

- Elevada carga orgánica.
- Presencia de componentes tóxicos para los microorganismos (que son los responsables de los procesos biológicos de tratamiento).
- Presencia de sustancias no biodegradables o difícilmente biodegradables. (Román, 2010)

Los efluentes contienen una gran variedad de componentes en función de la actividad que los genere, pero podemos indicar que debemos determinar para los mismos los siguientes parámetros:

- Sustancias orgánicas, inorgánicas
- Sólidos en suspensión
- pH
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- DBO
- DQO (Orellana, 2005)

6.5. Métodos alternativos para la remediación de aguas residuales

Bajo la denominación de métodos de depuración natural, se engloban aquellos procedimientos en los que el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural. Habitualmente se diferencian dos grandes grupos: los métodos de tratamiento mediante aplicación en el terreno y los sistemas acuáticos.

Estos procedimientos naturales se caracterizan, en general, por sus menores necesidades de personal de operaciones, menor consumo energético y menor producción de fangos. Sin embargo, habitualmente requieren mayores superficies de terreno disponibles.

Este factor, a veces limitante, es el que determina que los llamados métodos naturales de depuración sean los apropiados y aconsejados para pequeños núcleos rurales. (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

Entre los métodos de tratamiento en el terreno se incluyen habitualmente tres tipos:

- Infiltración lenta
- Infiltración rápida
- Flujo superficial.

El rasgo común a todos ellos es la depuración conseguida a través de los procesos físicos, químicos, biológicos naturales, desarrollados en un sistema planta-suelo-agua-matriz rocosa.

Los llamados métodos acuáticos se basan en la creación de un flujo controlado, en el que microorganismos y plantas principalmente, transforman los contaminantes. Incluyen tres tipos básicos:

- Lagunajos
- Humedales
- Cultivos acuáticos (plantas flotantes o islas flotantes)

Estos métodos acuáticos, en general, se proyectan para un flujo continuo con descarga a ríos o lagos próximos. Su sistema de operación puede ser estacional o anual, en función del clima o de los objetivos de tratamiento. (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

Figura 1: Métodos naturales de tratamiento



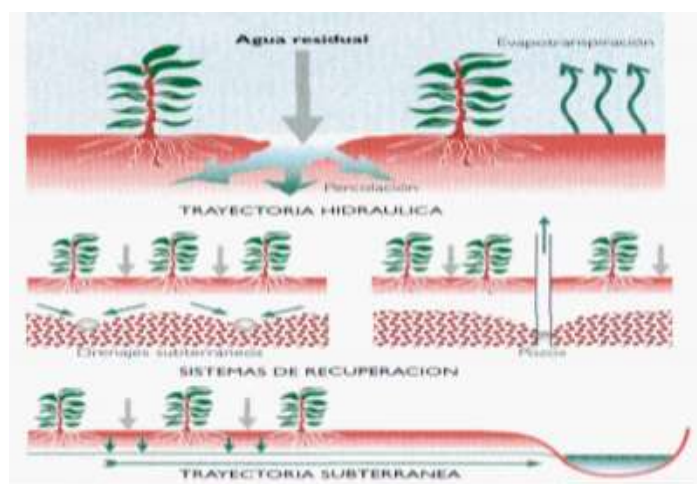
Fuente: (Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales, s. f.)

6.5.1. Infiltración lenta

Consiste básicamente en la aplicación de un caudal controlado de agua residual sobre una superficie de terreno con cubierta vegetal cultivada. Tras su infiltración, el agua residual percola vertical y lateralmente a través del suelo, que puede recuperar sus condiciones aerobias gracias a los procedimientos cíclicos de aplicación.

La cubierta vegetal juega un importante papel en el proceso de tratamiento. Su selección y cuidado dependen principalmente del grado de tratamiento y de las características de los suelos. La infiltración lenta tiene el mayor potencial de tratamiento de todos los sistemas de depuración en el terreno, debido a la aplicación de cargas relativamente bajas sobre suelo vegetado y a la existencia de un ecosistema muy activo en el suelo, a escasa distancia de la superficie. (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

Figura 2: Representación esquemática del método de infiltración lenta



Fuente: (Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales, s. f.)

6.5.2. Infiltración rápida

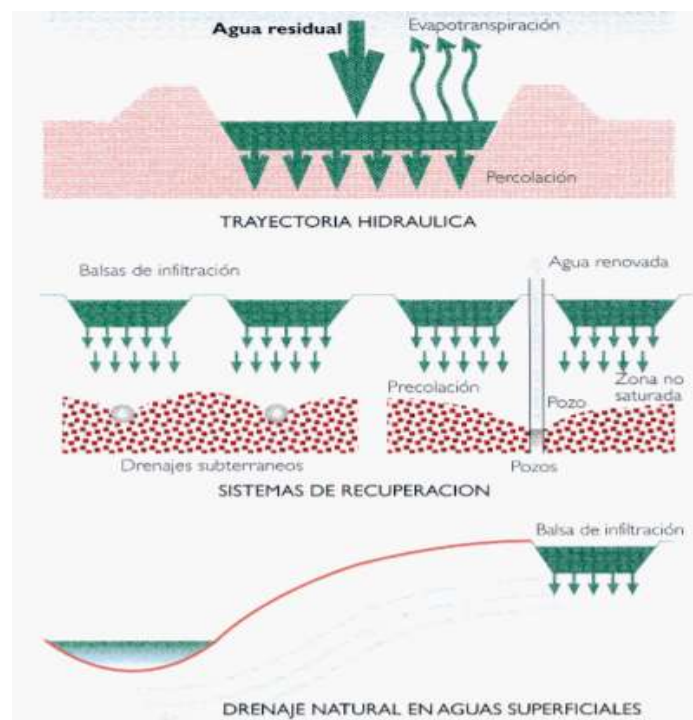
El tratamiento mediante infiltración rápida se define como la aplicación controlada del agua residual sobre balsas superficiales construidas en suelos de permeabilidad media a alta (con una capacidad de infiltración que oscila entre 10 y 60 cm/día).

El agua residual se aplica al terreno en tasas elevadas, bien por extensión en lagunas o bien por aspersión, alternando periodos de inundación con periodos de secado. La aplicación se realiza de forma cíclica para permitir la regeneración aerobia de la zona de infiltración y mantener la máxima capacidad de tratamiento.

El principal inconveniente de este sistema es la tendencia a la colmatación rápida del lecho filtrante por ello el agua residual suele requerir, al menos, un tratamiento primario previo a la aplicación, siendo las cargas hidráulicas anuales normales de 6 a 100 m/año.

Por medio de este sistema se consigue la recarga artificial de acuíferos, y la posibilidad de reutilizar el agua tratada, recuperándola a través de zanjas o pozos. Se alcanzan reducciones medias de DBO₅ y de sólidos en suspensión alrededor del 90% y una elevada eliminación de patógenos, entre el 70% y el 95%. (Merino, 2002)

Figura 3: representación esquemática del método de infiltración rápida

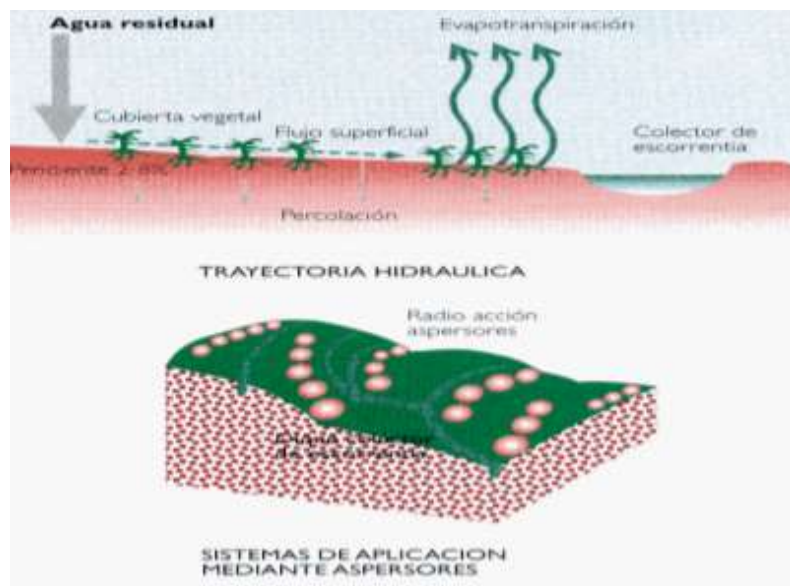


Fuente: (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

6.5.3. Flujo superficial

El tratamiento de flujo superficial es adecuado para zonas con suelos relativamente impermeables. Consiste en forzar la escorrentía del agua residual sobre un suelo previamente acondicionado (en pendiente y vegetación), para ser posteriormente recogida mediante diques artificiales. Las aplicaciones de agua residual suelen realizarse en ciclos de horas, durante 5 a 7 días a la semana, tras un escaso pretratamiento consistente en la separación de las fracciones sólidas de mayor tamaño. (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

Figura 4: Representación esquemática del método de flujo superficial



Fuente: (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

Figura 5: Cuadro comparativo de las principales características de diseño de los sistemas de tratamiento en el terreno.

Característica	Infiltración Lenta	Infiltración Rápida	Flujo Superficial
Técnica de aplicación	Aspersión o en superficie	En superficie	Aspersión o en superficie
Carga hidráulica anual (m ³ /m ²)	0.5 - 6	6 - 125	3 - 20
Pretratamiento mínimo	Sedimentación primaria	Sedimentación primaria	Separación de sólidos
Evolución del agua residual	Evapotranspiración y percolación	Percolación	Escorrentía, evapotranspiración y percolación débil
Empleo de vegetación	Necesario	Opcional	Necesario

Fuente: (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

6.5.4. Sistemas acuáticos

En este grupo de métodos naturales de depuración de aguas residuales, se incluyen aquéllos cuya acción principal de depuración se ejerce en el seno del medio acuático, participando en el proceso plantas emergentes (especialmente sus raíces) y la actividad microbiológica asociada.

Son sistemas que pueden funcionar estacionalmente o a lo largo de todo el año, dependiendo fundamentalmente del clima, y que con frecuencia se diseñan para mantener un flujo continuo.

Los sistemas más empleados son: humedales o lagunajes y cultivos acuáticos (macrofitas en flotación). (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

6.5.4.1. Humedales artificiales

Los humedales artificiales son los que han sido construidos por el hombre para el tratamiento de aguas residuales. Consisten en estanques o canales de poca profundidad (normalmente de 1 m) en los que se implantan especies vegetales adaptadas a la vida acuática y en los que la depuración se basa en procesos naturales de tipo microbiológico, biológico, físico y químico. Su diseño es muy variado, pero siempre incluye canalizaciones, aislamiento del suelo para evitar el paso de la contaminación a los ecosistemas naturales circundantes y el control del flujo del efluente en cuanto a su dirección, flujo, tiempo de retención, y nivel del agua. (María Dolores Curt Fernández de la Mora, s. f.)

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos.

El carácter artificial de este tipo de humedales viene definido por: el confinamiento del humedal, el cual se construye mecánicamente y se impermeabiliza para evitar pérdidas de agua al subsuelo, el empleo de sustratos diferentes del terreno original para el enraizamiento de las plantas y la selección de las plantas que van a colonizar el humedal. («Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales. Conceptos e historia. | El Agua», s. f.)

Un humedal artificial o construido es un sistema alternativo de tratamiento de aguas residuales domésticas de poca profundidad y en el que se siembran especies acuáticas encargadas de purificar el agua mediante procesos naturales. (Andres, 2008)

El uso de micrófitas flotes, históricamente ha sido desarrollado bajo diversos esquemas de sistemas de tratamiento. En ese sentido, hay una amplia gama de diseños en función de las características de cada uno de los sistemas el más comúnmente empleado es el sistema de humedales. Así, un diseño con micrófitas flotantes puede ser considerado bajo criterios de sistemas de humedales, que la literatura referencia como humedales con plantas flotantes, y humedales con micrófitas emergentes en flotación. (Martelo & Lara Borrero, 2012b)

Los humedales artificiales son construidos para simular los sistemas de humedales naturales, y de aquí que están integrados por componentes similares a los sistemas naturales.

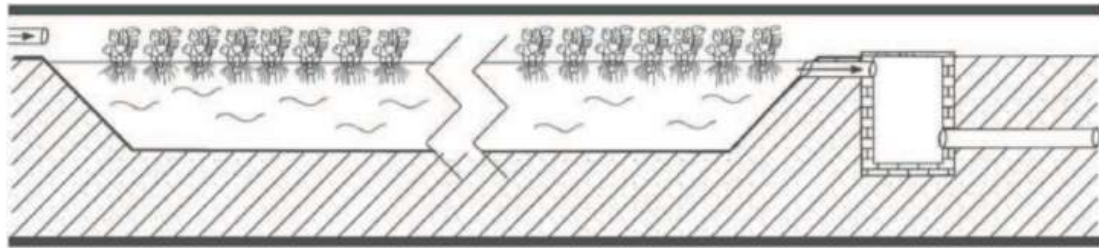
Los principales componentes considerados son:

- Soporte con diferentes velocidades de conductividad hidráulica y grado de intercambio iónico.
- Poblaciones microbianas aerobias y anaerobias.
- Una columna de agua (agua fluyendo arriba de la superficie del soporte).
- Población de organismos vertebrados e invertebrados.
- Plantas que puedan ser adaptadas a sustratos anaeróbicos saturados de agua.
- La mezcla óptima de diversas plantas es la clave para un buen diseño, se recomienda considerar que tengan las características siguientes:
 - Plantas adaptadas a las condiciones locales de clima, plagas y enfermedades.
 - Plantas tolerantes a los contaminantes y a las condiciones hipertróficas (altos contenidos de nutrientes).
 - De fácil propagación y rápido crecimiento.
 - Alta capacidad de remoción de contaminantes a través de mejorar la nitrificación, desnitrificación y otros procesos microbianos. (Maria Elena Pérez López, 2009)

6.5.4.2. Cultivos flotantes (macrofitas en flotación)

Los sistemas con especies flotantes, consiste en estanques con profundidad variable (0,4 a 1,5 m), donde las micrófitas se desarrollan naturalmente, estos sistemas son semejantes a las lagunas, pero con la gran diferencia de la presencia de micrófitas en lugar de algas, además de las profundidades someras.

Figura 6: Esquema de sistema con especies flotantes

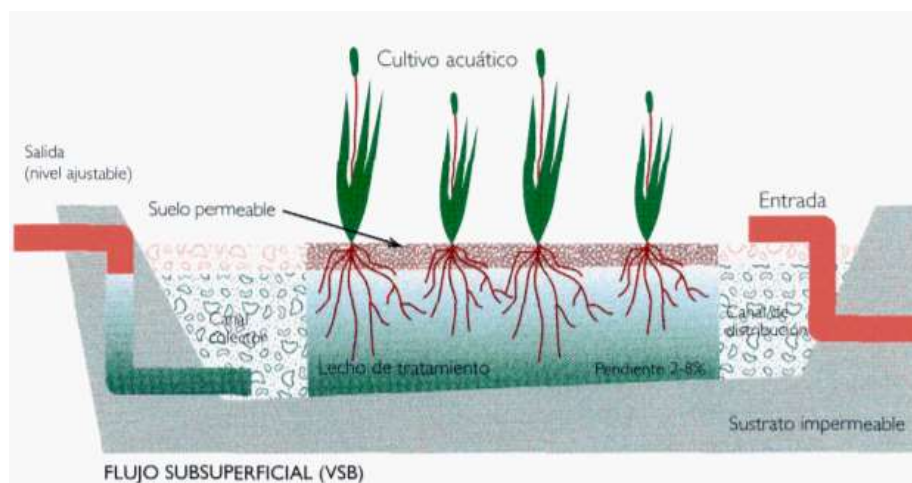


Fuente: (Jesus Fernández., 2007)

Los llamados sistemas de plantas flotantes o cultivos acuáticos son básicamente una variante del lagunaje, en la que se introduce el cultivo de plantas flotantes, cuya finalidad principal es la eliminación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces, que constituyen un buen sustrato responsable de una parte importante del tratamiento.

Estos sistemas de cultivo acuático suelen utilizarse como afino incorporados a otra cadena de procesos, empleándose generalmente como tratamiento terciario. (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

Figura 7: Representación esquemática de los cultivos acuáticos



Fuente: (*Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*, s. f.)

6.6. Islas flotantes como mecanismo de remediación de aguas residuales

Las islas flotantes funcionan como humedales artificiales, pero si individualidad presenta beneficios a la hora de ajustarse a distintos cuerpos hídricos.

La profundidad no suele superar los 60 cm y su lecho sirve como sustento y soporte para plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos. La función principal de la vegetación es

proporcionar superficies y soporte para la formación de películas bacterianas, facilitar la filtración y la absorción de componentes del agua residual a tratar y permitir la transferencia de oxígeno a la columna de agua en tratamiento.

Las islas flotantes son conocidas por ofrecer una adecuada combinación de factores físicos, químicos y biológicos para la eliminación de microorganismos patógenos. Los procesos físicos incluyen los mecanismos de filtración, exposición a la luz ultravioleta y la sedimentación.

Los factores químicos engloban la oxidación junto con la exposición a sustancias biocidas excretadas por algunas plantas y la absorción por parte de la materia orgánica.

Las islas flotantes son un sistema con la capacidad de depurar agua eliminando material orgánico (DBO5), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y reduciendo los niveles de fósforo. Los mecanismos son muy complejos entre los que destacan la filtración, oxidación bacteriana, precipitaciones químicas y sedimentaciones. (Pacheco & Bermúdez, 2017)

Las macrófitas flotantes son especies de plantas típicas de humedales naturales que no soportan sus raíces sobre un sustrato fijo sino que mantienen sus órganos asimiladores flotando sobre la superficie del agua. Han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio, a través de los diferentes procesos de fitoremediación. De acuerdo con los procesos que tienen lugar para la depuración de contaminantes con macrofitas flotantes se dan a través de tres mecanismos primarios:

- Eliminación de sólidos en suspensión gracias a los fenómenos de filtración y sedimentación de sólidos que tienen lugar entre el sustrato y las raíces.
- Incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado.
- Degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas; y en los detritos del fondo de la laguna.
- Eliminación de patógenos mediante la adsorción sobre partículas del sustrato, la toxicidad producida por las raíces de las plantas y la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

Durante la etapa de crecimiento, las macrofitas absorben e incorporan los nutrientes en su propia estructura a través de las raíces y funcionan como sustrato para los microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes a través de transformaciones químicas, incluyendo nitrificación y desnitrificación. (Fuster, 2016)

6.6.1. Ventajas de islas flotantes

La principal ventaja que ofrecen estos sistemas es la gran superficie de contacto que tienen sus raíces con el agua residual, ya que ésta las baña por completo, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia orgánica por medio de los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las raíces directamente. No obstante, la acumulación de bacterias en las raíces de las macrofitas, puede convertir la biomasa en una fuente de contaminación, en cuyo caso se requiere un manejo cuidadoso de la cosecha y el mantenimiento. (Fuster, 2016)

Al profundizar la isla flotante, se incrementa el volumen efectivo del sistema de tratamiento (comparado con los sistemas de humedales convencionales), alargando así la cantidad de tiempo que el agua pasa dentro del sistema. Para muchos contaminantes, particularmente aquellos que implican reacciones químicas o biológicas dependientes del tiempo, el tiempo de retención juega un papel importante en la determinación del nivel de tratamiento. En comparación con los estanques, las islas flotantes tienen la ventaja de la superficie adicional proporcionada por la malla flotante y la red de raíces para el establecimiento de microbios de crecimiento unidos (biofilms) que son responsables de muchos de los procesos de tratamiento deseables. La capacidad de las islas flotantes para operar a mayores profundidades de agua que los humedales convencionales pueden significar que son capaces de lograr un nivel de tratamiento más alto por unidad de superficie (mayor eficiencia superficial) para ciertos contaminantes. (Pacheco & Bermúdez, 2017)

6.7. Especificaciones técnicas de instalación y operación de las Islas Flotantes Artificiales

Para el diseño de la isla flotante se empleó dos componentes:

- 1) la estructura flotante
- 2) la vegetación (Peña & Candela, 2018)

6.7.1. Estructura

La estructura flotante está compuesta por un material reciclable y de bajo impacto ambiental el marco está constituido por tubos y codos PVC de 2,5 pulgadas, pegamento de tubo, malla de polícloruro de vinilo de 1.5cm de abertura, y correas de PVC, la estructura flotante tiene un área de 0,60 m². Para la incorporación de esta estructura flotante se le realizó en un cuerpo hídrico de 120 litros. (Aguar María Belén & Castillo Yoselin Alejandra, 2019).

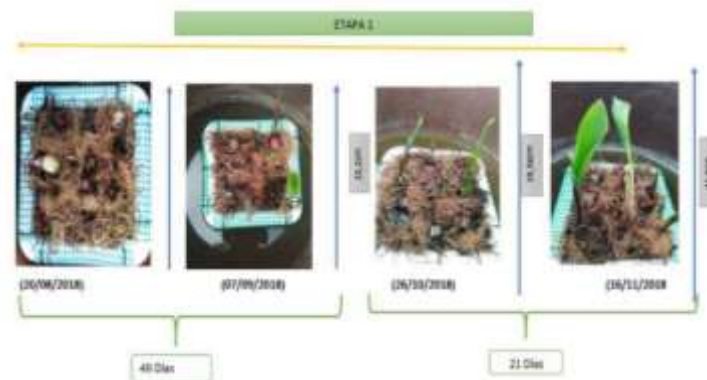
En cada una de las estructuras flotantes se encuentra formado por 12 especímenes de forma paralela, cada una de estas estructuras cuenta con las especies con las que nos ayudan con la remoción de contaminantes.

6.7.2. Vegetación

6.7.2.1. ACHIRA (*Canna indica*)

Para la adaptación de esta especie tubo dos etapas, la primera que es al proceso de adaptación y crecimiento de la planta en la cual en un periodo de 43 días, en este tiempo la planta alcanzo una altura de 22.2 cm.

Figura 8: Etapa de adaptación y crecimiento del Achira



Fuente: (Aguar María Belén & Castillo Yoselin Alejandra, 2019)

En la segunda etapa en la que se observó el desarrollo de la planta se pudo determinar el promedio de crecimiento de las planta de unos 6.8 cm por día, obteniendo una altura de 51.73 cm en un tiempo de tres meses.

Figura 9: Segunda etapa, desarrollo del Achira



Fuente: (Aguar María Belén & Castillo Yoselin Alejandra, 2019)

En el mismo tiempo de adaptación y crecimiento y desarrollo de la planta en crecimiento de la raíz es de unos 16.5 cm por mes, obteniendo una longitud total de 78 cm en cinco meses.

Figura 10: Crecimiento de raíz del Achira



Fuente: (Aguiar María Belén & Castillo Yoselin Alejandra, 2019)

6.7.2.2. Pasto guinea (*Panicum Maximum*)

En la etapa de crecimiento, en un tiempo estimado de tres meses la planta creció unos 3.3 cm.

Figura 11: Etapa de crecimiento del Pasto guinea



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

En la etapa de crecimiento y adaptación de esta planta tuvo un crecimiento o altura promedio de 82.4 cm en un tiempo de 47 días.

Figura 12: Etapa de crecimiento del Pasto guinea



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

En la etapa de crecimiento de las raíces en un tiempo de siete meses en crecimiento promedio fue de 29 cm.

Figura 13: Etapa de crecimiento de las raíces de Pasto guinea



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

6.7.2.3. Vetiver "*Vetiveria zizanioides*"

En la etapa de adaptación tuvo una duración de 181 días y a partir de estos días pasaron 24 días para que la plata empieza a retoñar y en este tiempo se notó nuevas cepas de la planta.

Figura 14: Etapa de adaptación y desarrollo del Vetiver



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

7. MARCO LEGAL

7.1. Plan de desarrollo toda una vida (2017 - 2021)

La Constitución de la República de Ecuador (2008) sirve de guía para la construcción del presente Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021), que busca cumplir con el mandato de “planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir”

La cohesión requiere de una gestión sostenible e integral de paisajes naturales y culturales. Es decir, es necesario fortalecer el ordenamiento territorial y la gestión del suelo, entendiendo que cada territorio es parte de un complejo sistema de interdependencias entre los asentamientos humanos, la movilidad humana interna e internacional, las dinámicas productivas, los recursos naturales, los servicios ambientales y procesos que se desarrollan en el interior de la corteza terrestre.

Los espacios de frontera, marino-costero, Galápagos y Amazonía, demandan de una atención especial como territorios estratégicos en el desarrollo del país. Por otro lado, la protección y conservación de las áreas de provisión de recursos hídricos deben ser una prioridad para la gestión pública, considerando que la cantidad y calidad del agua condicionan la vida en todas sus formas.

El Ecuador tiene problemas con la contaminación de los recursos hídricos por vertimiento de aguas residuales y la disposición final de residuos sólidos, agroquímicos y nutrientes, en

especial por los efectos de la extracción de recursos naturales no renovables. Por ello, es necesaria la generación de información sobre el estado de las fuentes hídricas, los balances hídricos, el control de la calidad; así como fortalecer el trabajo entre Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, para un manejo sustentable del agua, la cual debe ser tratada como sostiene la Constitución: como un derecho (CE, 2008, art. 12).

Intervenciones emblemáticas para el eje 1

5. Agua segura para todos

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable; en este sentido, esta intervención busca manejar y aprovechar de manera integral el recurso hídrico con una visión que supere las inequidades territoriales en acceso, calidad y cantidad, además de comprometer a todos los actores sociales involucrados en su cuidado y uso responsable. Agua Segura para todos procura desarrollar en la población una cultura adecuada para el cuidado del agua. Este es el paso más importante, ya que comprende la difusión imperativa de información sobre el manejo y el cuidado del recurso hídrico, además del desarrollo de estrategias para lograr sostenibilidad de las infraestructuras relacionadas con el manejo de agua. Por otro lado, esta intervención aporta a la consecución de soberanía alimentaria en el país y al crecimiento adecuado de la productividad de la agroindustria en todos sus niveles.

Esta intervención emblemática requiere los esfuerzos y acciones de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, el Ministerio de Ambiente, la Secretaría del Agua, el Ministerio de Salud Pública, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, las Juntas de Agua y Regantes, el Banco de Desarrollo, el Ministerio de Economía y Finanzas y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

El desarrollo productivo debe ser consecuente con el entorno, con la sustentabilidad ambiental, para lo que se debe considerar la recuperación, uso eficiente y conservación de la fertilidad del suelo, recursos hídricos, agrobiodiversidad y recursos naturales. Además, se deben considerar las relaciones campo-ciudad, con especial atención en la incidencia del desarrollo urbano en la disponibilidad de superficies productivas, y las necesidades de reconversión productiva que equilibren la vocación del suelo con su uso actual.

La contaminación del recurso hídrico por descargas urbanas y desechos sólidos constituye el principal problema ambiental de estos núcleos poblacionales, ya que, en su mayor parte, son desperdicios que no reciben un adecuado tratamiento.

Directrices y lineamientos territoriales

Lineamientos territoriales para cohesión territorial con sustentabilidad ambiental y gestión de riesgos

b) Gestión del hábitat para la sustentabilidad ambiental y la gestión integral de riesgos

b.3. Promover una gestión integral y corresponsable del patrimonio hídrico para precautelar su calidad, disponibilidad y uso adecuado, con acciones de recuperación, conservación y protección de las fuentes de agua, zonas de recarga, acuíferos y agua subterránea; considerando el acceso equitativo de agua para consumo, riego y producción. (Plan nacional Toda una Vida, 2017)

7.2. Constitución de la república del Ecuador

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*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 66 numeral 27, reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación y armonía con la naturaleza.

Art. 71.- La naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de los ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas.

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

Art. 399.- El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza. (Asamblea constituyente, 2011)

7.3. El derecho al agua (boletín no. 299)

Aunque el derecho al agua no está reconocido expresamente como un derecho humano independiente en los tratados internacionales, las normas internacionales de derechos humanos comprenden obligaciones específicas en relación con el acceso a agua potable.

Esas obligaciones exigen a los Estados que garanticen a todas las personas el acceso a una cantidad suficiente de agua potable para el uso personal y doméstico, que comprende el consumo, el saneamiento, el lavado de ropa, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica. También les exigen que aseguren progresivamente el acceso a servicios de saneamiento adecuados, como elemento fundamental de la dignidad humana y la vida privada, pero también que protejan la calidad de los suministros y los recursos de agua potable. (ONU, s. f.)

7.4. Código orgánico del ambiente

CAPITULO II DE LAS FACULTADES AMBIENTALES DE LOS GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS

Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental.

8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido

Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional:

10. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

LIBRO SEGUNDO DEL PATRIMONIO NATURAL TITULO I DE LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Art. 30.- Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:

7. Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua;

CAPITULO V CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública.

Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia. (Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf, 2018)

7.5. Ley orgánica de recursos hídricos

Art. 6.- De los Subprocesos.- Los subprocesos de la administración del servicio público del agua comprenden aquellas actividades relacionadas con la provisión de agua potable y saneamiento ambiental, en los términos indicados en el artículo 37 de la ley. A los efectos de lo mencionado en el artículo 7 de la Ley, se entiende por servicio público del agua el que prestan los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de suministro de agua potable y de tratamiento de aguas residuales. La iniciativa de la economía popular y solidaria o la iniciativa privada, podrán participar en dichos subprocesos siguiendo los parámetros constitucionales, cuando el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal no tenga las condiciones técnicas o financieras para hacerlo por sí mismo o a través de una empresa mixta en la que el Estado tenga la mayoría accionaria. Nota: Incisos primero sustituido y tercero reformado por art

Art. 45.- Secretaría del Agua y otras alianzas.- Cuando el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal no cuente con las condiciones técnicas o financieras, podrá solicitar a la Autoridad Unica del Agua lo siguiente: a) Formular un plan para ser ejecutado coordinadamente en relación con varios cantones y conseguir así la mejor economía de escala posible para la prestación de los servicios públicos, especialmente se podrá realizar esta actuación en relación al tratamiento de aguas residuales.

Art. 46.- En caso de que en el plazo fijado en los planes aprobados y presentados a la Autoridad Unica del Agua por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, éste no actúe, la Autoridad del Agua acudirá al Consejo Nacional de Competencias para que disponga la

intervención temporal en la gestión de la competencia por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal correspondiente y lo asuma el Estado Central a través de la Secretaría del Agua, pudiendo esta Cartera de Estado realizar lo siguiente:

a) Coordinar con otro u otros cantones y conseguir una mejor economía para la prestación del servicio público. Especialmente, se podrá realizar esta actuación en relación al tratamiento de aguas residuales.

b) Desarrollar temporalmente la competencia de provisión de los servicios de agua potable, alcantarillado o tratamiento de aguas residuales por sí misma o en asociación con una empresa mixta, de la economía popular y solidaria o del sector privado.

Art. 89.- Autorización del uso o aprovechamiento productivo de aguas residuales.- Se podrán otorgar autorizaciones para el uso o aprovechamiento productivo de aguas residuales tratadas, siempre y cuando éstas cumplan los parámetros de calidad establecidos por la ARCA con las entidades con competencia en el ámbito de tratamiento de aguas residuales en función del uso a que se pretendan destinar. En ningún caso se podrán destinar las aguas residuales para consumo humano. De conformidad con lo establecido en el artículo 38 de la Ley, la Autoridad de Demarcación Hidrográfica no expedirá autorización de uso y aprovechamiento productivo de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan los parámetros en la normativa para cada uso. (REGLAMENTO LEY RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2015)

7.6. Ley orgánica de salud

(Publicado en el Registro Oficial N° 423 del 22 de diciembre del 2006)

Art. 7 literal c).- toda persona, sin discriminación... tiene derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

Art. 95, del libro segundo de Salud y seguridad ambiental, establece que el Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva. (SALUD LEY ORGÁNICA DE SALUD, 2012)

7.7. Código orgánico integral penal

SECCIÓN SEGUNDA

Delitos contra los recursos naturales

Artículo 251.- Delitos contra el agua.- La persona que contraviniendo la normativa vigente, contamine, desee o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes. (CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL, 2014)

7.8. Acuerdo ministerial 061: reforma del libro vi del texto unificado de legislación

(Publicado mediante Registro oficial N° 316 edición especial del 04 de mayo de 2015)

Expedir los Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Artículo 1.- Expídase el Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua. (Rugel, 2015)

7.9. Acuerdo ministerial 097 a

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
- b) Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
- c) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
- d) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- e) Permisos de descarga;
- f) Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;
- g) Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua. (ACUERDO MINISTERIAL 097 A, 2015)

8. PREGUNTA CIENTÍFICA:

¿La propuesta de aplicación de las islas flotantes artificiales para la remediación de aguas residuales en las industrias cotopaxenses es una opción para la remediación de las aguas contaminadas que éstas generan?

9. METODOLOGÍAS

Para este trabajo, la metodología empleada se ha basado en el estudio crítico de la bibliografía existente, especialmente centrada en la descripción de los mecanismos de funcionamiento y los métodos de diseño de los humedales artificiales. En muchos casos se ha tratado del reporte de experiencias prácticas a escala real o de laboratorio.

- Revisión bibliográfica de sistemas de depuración mediante humedales artificiales.
- Análisis y revisión de los modelos de diseño.
- Identificación de los parámetros de diseño y sus factores de variabilidad.

9.1. Diagnóstico de manejo de aguas residuales de las industrias de Cotopaxi

Para poder ejecutar un diagnóstico de manejo de las aguas residuales de las industrias de Cotopaxi se realizó mediante compilación de información. Para la compilación de esta

información se tuvo acceso a encuestas realizadas anteriormente por compañeros el cual fue efectuado mediante un trabajo de campo para poder levantar la información. Una vez obtenida y recopilada la información de las empresas, se realizará gráficos o tablas referentes a las empresas.

9.2. Análisis de especificaciones técnicas de instalación de IFAS

Para las especificaciones técnicas para la instalación de las islas flotantes se realizará mediante revisión y recopilación de información bibliográfica. Des pues de haber realizado la recopilación de información se pudo observar que se debe realizar una laguna para cada una de las industrias Cotopaxenses. En cada una de estas industrias, las aguas evacuadas no tienen la misma contaminación y no se utilizara la misma macrofita para todas las industrias.

Una vez recopilada y revisada la información sistematizamos las especificaciones técnicas de instalación de cada una de las industrias Cotopaxenses. Con esta sistematización de la información se podrá realizar tablas, en las cuales se conocerán las dimensiones del lugar de instalación.

9.3. Propuesta de aplicación en industrias Cotopaxenses.

Obtenida la información necesaria en los puntos anteriores se formulara una propuesta de instalación para cada una de las industrias Cotopaxenses.

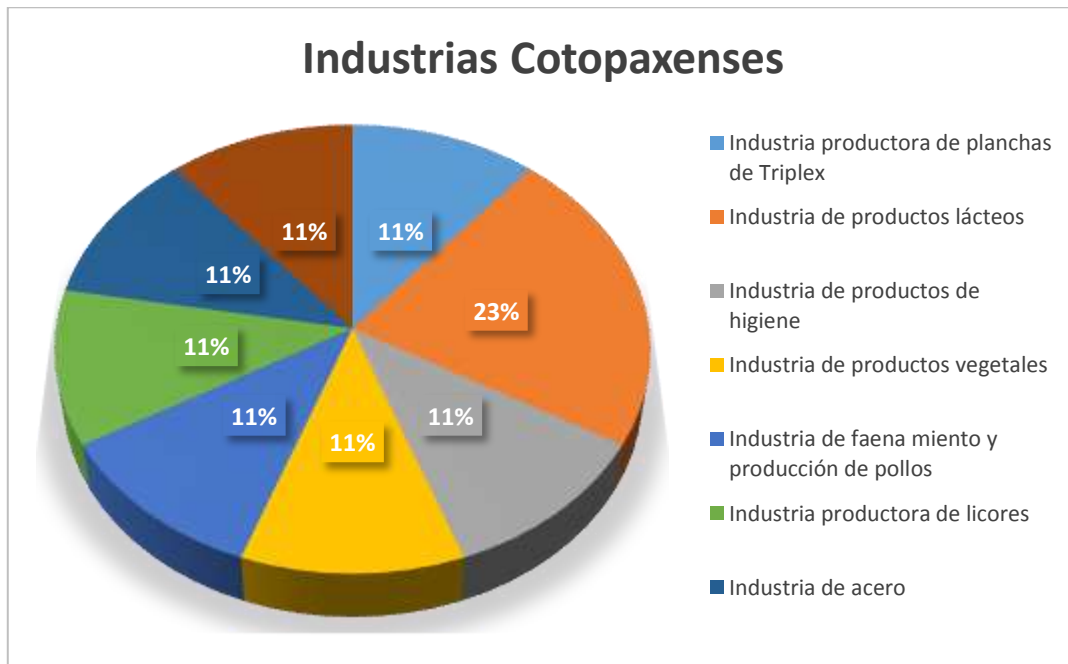
10. DISEÑO EXPERIMENTAL:

No aplica por el tipo de investigación.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

11.1. Diagnóstico de manejo de aguas residuales de las industrias de Cotopaxi

Grafico 1: Tipos de industrias



Elaborado por: Villarroel Juan.

En la provincia de Cotopaxi se establecieron las siguientes industrias. En las industrias establecidas en la (Grafico 1) se determinó que hay una industria productora de planchas Triplex, que representa en 11%, dos industrias que se dedican a la producción de productos lácteos que representa el 23%, una industria que se dedica a la producción de productos de higiene, que representa el 11%, una industria de productos vegetales, que representa el 11%, una industria que se dedica al faena miento y producción de pollos, que representa el 11%, una industria que se dedica a la producción de licores, que representa el 11%, una industria que se dedica a la producción de productos cárnicos y embutidos que representa 11%, y una industria que se dedica a la producción de materiales derivados de acero representa el 11%.

Grafico 2: Plantas de tratamiento



Elaborado por: Villarroel Juan.

De las 11 industrias Cotopaxenses, 9 industrias cuentan con una planta de tratamiento las cuales se encuentran en funcionamiento, esto representa en 82%, mientras que 2 industrias que representa el 2% no cuentan con una plata de tratamiento. En este 2% se encuentra la industria de faena miento y producción de pollo. Esta industria no utiliza gran cantidad de agua, es por esta razón que no cuenta con una planta de tratamiento.

11.1.1. Descripción de las plantas de tratamiento con las que cuentan las Industrias.

En la producción de planchas de triplex cuenta con una planta de tratamiento de aguas con tratamientos físico/químicos ya que estas aguas tiene alto contenido de materia orgánica. Además esta empresa recircula el agua ya utilizada en sus procesos.

La elaboración de productos lácteos cuenta con una planta de tratamiento la misma que trata unos 250 m³/d, esta planta de tratamiento de aguas residuales tiene tratamientos físico químicos con sustancias coagulantes como el poli cloruro de aluminio y tratamientos biológicos con bacterias aerobias diferenciadas, y el costo de mantenimiento de esta planta está por los 15000 dólares anuales.

En la industria dedicada a la producción de productos e implementos higiénicos tiene una planta de tratamiento la cual trata unos 2000m³/d y en sus Tratamientos físico químicos, además cuentan con tratamientos biológicos automatizados en base a biotransportadores, es la primera planta con tratamientos biológicos del país, el mantenimiento de esta plata se encuentra por un millón de dólares anuales.

En la industria de elaboración de productos vegetales cuenta con una planta de tratamiento de aguas con tratamientos primarios y secundarios, tratamientos físico/químicos. Además recircula el 1% del agua utilizada en sus procesos, por esta planta de tratamiento pasa una cantidad de 200m³/d, y su costo de mantenimiento esta por 10000 dólares anuales.

En la planta de faena miento y producción de pollos se pudo saber que no cuenta con una planta de tratamiento para poder evacuar sus aguas residuales.

En la producción de licores solo cuenta con permisos ambientales. Ya que su actividad no requiere de grandes cantidades de agua, es por esta razón que no cuenta con una planta de tratamiento.

Para la fabricación de maquinaria para la industria lechera: descremadoras, maquinaria para la elaboración de la leche (homogeneizadoras), para la transformación de la leche (mantequera, malaxadora y moldeadora), para hacer quesos, esta empresa tiene una planta de tratamiento de aguas con tratamientos físico/químicos y reutilizan el agua por recirculación.

En la industria dedicada a la producción derivados de acero consta que esta empresa tiene una planta de tratamiento de aguas, certificación y permisos ambientales al día, su planta cuenta con tratamientos físico/químicos y a través del tratamiento y recirculación de más del 99.95% es reciclada y reutilizada en esta planta se trata alrededor de 44000 m³/d, su mantenimiento esta por los 10000 dólares aproximadamente.

11.2. Especificaciones técnicas de aplicación de IFAS.

Para la industria productora de tablas triplex se instalará antes del sedimentador el cual tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 4: Dimensiones del sedimentador

Ancho	1,20 m
Altura	2,84 m

Fuente: (Navas Carlos, 2014)

Elaborado por: Villarroel Juan.

Para las industrias productoras de lácteos se la instalará antes del sedimentador primario el mismo que tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 5: Dimensiones del sedimentador primario

Ancho	0,99 m
Largo	2,97 m
Alto	1,50 m

Fuente: (Llanos Daniela, 2013)

Elaborado por: Villarroel Juan.

Para las industrias de curtiembre se instalará antes del cribado, este cribado tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 6: Dimensiones del cribado

Ancho	1,00 m
Largo	1,00 m
Alto	1,00 m

Fuente: (Lombeida Lenin, 2017)

Elaborado por: Villarroel Juan.

En la industria de fabricación de acero se instalará antes del depósito el cual se encuentra antes de la planta de tratamiento convencional, las dimensiones de este depósito son los siguientes:

Tabla 7: Dimensiones del depósito

Ancho	1,60 m
Altura	1,25 m

Fuente: (Gorostidia Lucia, 2013)

Elaborado por: Villarroel Juan.

En la industria productora de embutidos se instalara antes del tanque de almacenamiento el mismo que se encuentra al principio de la planta de tratamiento convencional con la que cuenta la industria, las dimensiones del tanque es el siguiente:

Tabla 8: Dimensiones del tanque de almacenamiento

diámetro	4,20 m
Altura	2,10 m

Fuente: (Jiménes Andrea, 2016) Elaborado por: Villarroel Juan.

11.3. Especificaciones técnicas en cada una de las industrias Cotopaxenses

En la industria productora de tablas triplex se implementará la macrofitas en flotación Vetiver ya que esta especie ayuda a la remoción de plomo, la cual es uno de los principales contaminantes en la industria maderera, la cual se colocará en una estructura flotante de 0.60 m² en las cuales se colocarán de 9 a 12 especies en cada una de ellas.

El humedal para el tratamiento de aguas con IFAS se implementará antes del tanque de sedimentación el cual tiene un área de 3.40 m² en la (tabla 5) se especifica las dimensiones del sedimentador: (Navas Carlos, 2014).

Conociendo el área de implementación de las macrofitas, se realizara la instalación de 5 o 6 estructuras flotante para el tratamiento de aguas residuales las cuales están contaminada principalmente por metales pesados

En la tabla 6 se observa los datos básicos obtenidos mediante encuestas realizadas anteriormente de la empresa, y en la figura 18 se mostrará la planta que se instalará.

Tabla 9: Industria maderera

Empresa	actividad	planta de tratamiento	cantidad de agua a tratar	procesos de planta de tratamiento
“Acosa”	Producción de planchas de triplex	Si	-	fisco/químicos

Elaborado por: Villarroel Juan.

Ilustración 1: Vetiver en estructura flotante



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

La industria láctea en sus descargas grises presenta una contaminación de carácter orgánico (DQO y DBO elevadas), con una elevada concentración de grasas y también de nitrógeno y fósforo, al igual que en el caso anterior se colocará una estructura flotante en el cual se coloca una estructura mixta de Achira y Pasto Guinea los cuales nos ayudarán con una mejor remoción de nitrógeno y fosforo, ya que cada una de estas especies son muy eficientes para la remoción de estos contaminantes, pero en conjunto son muy buenos la remoción.

Este humedal se implementará al inicio de la planta de tratamiento convencional, el en caso de la industria láctea se la realizará antes del sedimentador primario, el mismo que tiene un área de 2.99m^2 , (Llanos Daniela, 2013) revisar (tabla 6).

Conociendo el área de implementación de las macrofitas, se realizara la instalación de 5 estructuras flotante para el tratamiento de aguas residuales las cuales están contaminada principalmente por nitratos y fosfatos.

En la tabla 8 se observa los datos básicos obtenidos mediante encuesta de las empresas, y en la figura 19 las macrofitas con las que se tratara el efluente.

Tabla 10: Industria láctea

empresa	actividad	planta de tratamiento	Cantidad de agua a tratar	procesos de planta de tratamiento
Industria Láctea “Parmalat”	Producción de productos lácteos	Si	250m ³ /d	físico químicos con sustancias coagulantes como el poli cloruro de aluminio y tratamientos biológicos con bacterias aerobias diferenciadas
Industria “LA AVELINA”	Producción derivados lácteos	Si	250 m ³ /d	Tratamientos físico/químicos y biológicos

Elaborado por: Villarroel Juan.

Ilustración 2: Achira y Pasto Guinea en estructura flotante



Fuente: (Bravo Alex & Gutiérrez Erik, 2019)

Para las industrias de curtiembre se podrá utilizar el Achira ya que esta especie nos ayuda a la remoción de cromo, el cual es uno de los principales contaminantes que se produce en el tinturado de la piel, así también ayuda a la remoción de nitratos y fosfatos que estas aguas residuales pueden tener.

El humedal para la industria que se dedica a la curtiembre se instalará antes del proceso del cribado de la planta de tratamiento convencional en cual tiene un área de 1m^2 revisar la (tabla 7) para conocer sus dimensiones: (Lombeida Lenin, 2017)

Conociendo el área de implementación de las macrofitas, se realizara la instalación de 2 estructuras flotante para el tratamiento de aguas residuales las cuales están contaminada principalmente por nitratos, fosfatos y cromo.

Ilustración 3: Achira en estructura flotante



Fuente: (Aguilar & Estefanía, 2018)

La industria de fabricación de acero es una de las industrias que contamina con metales pesados, los mismos que al momento de ser evacuados y si no son tratados adecuadamente estas aguas afectan a la calidad de la Micro Cuenca del río Cutuchi (MRC), por esta razón las macrofitas adecuadas para esta industria son Achira y Vetiver los cuales son muy buenos removedores de metales pesados con Cromo y Plomo.

En la instalación de esta macrofita se realizara antes de un depósito donde se realizara la captación del efluente para su respectivo tratamiento, este depósito tendrá un área de 2.00m^2 , el cual las dimensiones se puede observar en la (tabla 8), (Gorostidia Lucia, 2013)

Conociendo el área de implementación de las macrofitas, se realizara la instalación de 4 estructuras flotante para el tratamiento de aguas residuales las cuales están contaminada principalmente por metales pesados.

En la tabla 11 se muestra datos básicos obtenidos mediante encuestas realizadas anteriormente de la industria productora de acero, y en la figura se muestra las especies que se implementarán para su tratamiento de aguas.

Tabla 11: Industria de acero

empresa	actividad	planta de tratamiento	cantidad de agua a tratar	procesos de planta de tratamiento
Industria "NOVACERO"	Producción derivados de acero	si	44000 m ³ /d	Tratamientos físico/químicos y a través del tratamiento y recirculación de más del 99.95% es reciclada y reutilizada

Elaborado por: Villarroel Juan.

Ilustración 4: Achira en estructura flotante



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Ilustración 5: Vetiver en estructura flotante



Fuente: (Aguilar & Estefanía, 2018)

En el Cotopaxi también existen varias empresas dedicadas al cambio de aceite, lavado de autos, etc., (lubricadoras) los cuales la mayoría se encuentran en casco urbano, estos cuentan con trampas de grasas, mas no con una planta de tratamiento ya que si implementación sería muy costosa para la cantidad de aguas residuales que ellos generan, el dato de aguas residuales que ellos generan es desconocido, para el tratamiento de estas aguas se propone la implementación del Pasto Guinea, esta macrofita es buena en la absorción de TPH.

En la figura 19 se muestra la especie que se implementará para la remoción de TPH

Ilustración 6: Pasto Guinea en estructura flotante



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

La industria productora de embutidos existe una cantidad de materia orgánica, grasas, aceites, detergentes, fosfatos y nitratos en su efluente, afectando así a la calidad de la Micro Cuenta del río Cutuchi, por esta razón las macrofitas adecuadas para esta industria son Achira y Vetiver. Figura 18.

La instalación de la IFA se realizara antes del tanque de almacenamiento el mismo que tiene un are de 27.70 m², las dimensiones se pueden observar en la (tabla 9), (Jiménes Andrea, 2016) Conociendo el área de implementación de las macrofitas, se realizara la instalación de 46 estructuras flotante para el tratamiento de aguas residuales las cuales ayudaran a la descontaminación del efluente.

11.4. Propuesta de aplicación en industrias cotopaxenses

ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES PARA LA REMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN INDUSTRIAS COTOPAXENSES

Introducción:

Las islas flotantes hacen parte de un tipo de humedales construidos, conocidos como Floating Treatment Wetlands (FTWs), y están conformados por una estructura flotante en donde las plantas acuáticas emergentes crecen enraizadas en la superficie. Los tallos de las plantas se desarrollan por encima del nivel del agua, mientras las raíces crecen en la columna de agua hacia el fondo del estanque favoreciendo los procesos de fitodepuración, al generar una superficie para el establecimiento de comunidades microbianas. La flotabilidad permite que la isla permanezca en la superficie, tolerando las fluctuaciones en la profundidad del agua. (Martelo & Lara Borrero, 2012). Estas estructuras flotantes se emplean en el mejoramiento de la calidad del agua, en el embellecimiento de cuerpos de agua, y en proyectos de conservación de fauna silvestre, generando hábitats para algunas especies de interés. Las plantas acuáticas o macrofitas, no han sido muy estudiadas a fondo como sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales. No obstante, es ampliamente conocida su destacada habilidad para la asimilación de nutrientes y la creación de condiciones favorables para la descomposición de materia orgánica, metales pesados, entre otros. Estas características hacen propicias a las macrofitas para su uso en sistemas de tratamientos de aguas residuales. Los tratamientos de aguas residuales que involucran macrofitas flotantes han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias toxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio.

Aspectos generales:

Las macrofitas flotantes comprenden un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se utilizara son: Achira (*Canna indica*), Pasto Guinea (*Panicum máximum*) y Vetiver (*Vetiveria zizanioides*).

Los procesos que tienen lugar para la depuración de contaminantes con macrofitas flotantes se dan a través de tres mecanismos primarios:

- Filtración y sedimentación de sólidos.
- Incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado.
- Degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas; y en los detritos del fondo de la laguna, dependiendo del diseño.

Durante la etapa de crecimiento, las macrofitas absorben e incorporan los nutrientes en su propia estructura y funcionan como sustrato para los microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes a través de transformaciones químicas, incluyendo nitrificación y desnitrificación. (G. Henry-Silva, A. Camargo, & M. Pezzato, 2008)

Estos sistemas de tratamiento (acuáticos) se basan en el mantenimiento de una cobertura vegetal de macrofitas flotantes sobre la lámina de agua, y se disponen a modo de estanques o canales en serie, debidamente aislados, en los que discurre el influente. Su diseño contempla la remoción periódica de las plantas. (J. Fernández, 2000)

La principal ventaja que ofrecen estos sistemas es la gran superficie de contacto que tienen sus raíces con el agua residual, ya que ésta les baña por completo, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia orgánica por medio de los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las propias raíces directamente. (Condori L & Delgadillo M., 2010)

Metodología:

Construcción de la matriz flotante

Selección de materiales:

La matriz flotante se construyó con materiales reciclables y de bajo impacto ambiental, el marco está constituido por tubos y codos PVC de 2,5 pulgadas, pegamento de tubo, malla de policloruro de vinilo de 1.5cm de abertura, y correas de PVC. Estos materiales han sido seleccionados por su durabilidad y disponibilidad en el medio.

Ilustración 7: Materiales para la matriz flotante



Fuente: (Bravo Alex & Gutiérrez Erik, 2019)

Ilustración 8: estructura flotante



Fuente: (Bravo Alex & Gutiérrez Erik, 2019)

Ensamblado de la estructura flotante:

Los procesos se deben repetir de acuerdo al número de matrices que se vayan a construir, para el objeto de estudio se ha construido un total de tres y se describe el procedimiento para una sola matriz.

- Se debe obtener 4 tubos de 30 cm de longitud y para las uniones se usan 4 codos 2,5 pulgadas.
- ensamblaje usando una pega de tubo y en las uniones exteriores se aplica una capa de silicón.
- Una vez que se haya secado se procede con la fijación de la malla de soporte que debe medir 47 cm en todos sus extremos.
- Finalmente se utiliza 12 correas de pvc para asegurar la malla al marco y se retira los excesos de materiales que sobresalgan de la matriz.
- La matriz flotante tiene un área de 0.60 m² y un perímetro 1 m.

Ilustración9: Ensamblado de la estructura flotante



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Implementación de sustrato:

La fibra de coco es uno de los tipos de sustrato que nunca antes había utilizado, hasta que comencé a interesarme por el huerto urbano. La fibra de coco mejora el desarrollo de las raíces y mantiene el equilibrio apropiado entre la capacidad de aireación y la retención de agua, evitando cualquier tipo de problemas derivados por el exceso de humedad. Por otro lado mejora la fertilidad y estructura del suelo, así como también la función fotosintética incrementando la clorofila.

Asimismo es rico en nutrientes asimilable por las plantas y cuenta con una alta proporción de vitaminas A y C y oligoelementos como el vanadio y el molibdeno que favorece la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno. También incluye manganeso, níquel, cobre, sodio, titanio y plomo.



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Manejo del sustrato:

La fibra de coco requiere de un manejo de elaboración que se detalla a continuación:

- La fibra se extrae de manera manual de la corteza del coco, la fibra debe quedar a manera de hilos.
- El lavado se lo realiza con abundante agua, la sal se debe ir incorporando de manera progresiva con la finalidad de eliminar los aminoácidos de la fibra.
- Se realiza un nuevo lavado que retire la sal
- Finalmente se seca la fibra en la estufa durante 2 horas a una temperatura de 120°C.

Ilustración10: Elaboración del sustrato



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Tabla 12: Materiales para la elaboración del sustrato

Sustrato	Materiales
Fibra de coco	Agua Bandeja de aluminio Estufa binder 2 kg de fibra de coco

Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Aplicaciones del sustrato en el sistema:

Los tres sustratos son combinados en la matriz flotante dispuestos en función de la morfología de las especies vegetativas.

Tabla 13: Características del sustrato

Sustrato	Función	Peso kg/ matriz flotante
Fibra de coco	Funciona como un aislante entre el agua y la planta lo que disminuye enfermedades y plagas	0,24

Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Determinación del porcentaje de remoción

Para determinar la eficiencia del sistema de islas flotantes con las especies en estudio, se analizan los datos y resultados de las concentraciones de nitratos, fosfatos y plomo obtenidos en cada tina, aplicando la siguiente ecuación del porcentaje de remoción.

$$\%R_N = \left(\frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) * 100\%$$

En donde:

$\%R_N$ = El porcentaje de remoción del contaminante.

C_0 = El valor de concentración del parámetro inicial.

C_1 = El valor de concentración del parámetro final. (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

Ejemplo:

$$\%R_N = \left(\frac{1.6 - 0.01}{1.6} \right) * 100\%$$

$$\%R_N = \left(\frac{1.59}{1.6} \right) * 100\%$$

$$\%R_N = (0.993) * 100\%$$

$$\%R_N = \mathbf{99.375}$$

En un agua superficial se encuentra con una concentración inicial de 1.6 mg/l de nitratos, el mismo que después de un mes con el sistema la concentración del mismo bajo a 0.01 mg/l. El porcentaje de esta remoción es de 99.37% de este contaminante.

Propuesta:

Para cada una de las empresas Cotopaxenses se realizara un análisis de sus aguas residuales. Este análisis ayudará a conocer más sobre la composición de estas aguas. Una vez realizado el análisis se podrá saber que especie de macrofita es apto para la remoción de los contaminantes existentes en las descargas de estas aguas.

Las estructuras en donde se colocaran las macrofitas, son realizadas con tubos pvc, las mismas que tendrán un área de 0.60 m² y un perímetro 1m. La elaboración de estructura se la detalla en la metodología. De igual se encuentra la formula con la que nos ayudará a conocer el porcentaje de remoción de nitratos y nitritos que existen las en las industrias.

Esta remoción de contaminantes se las realizará con las macrofitas en estudio las cuales son las siguientes: vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para la remoción de plomo, pasto guinea (*Panicum máximum*) para la remoción de TPH y ACHIRA (*Canna indica*) para cromo.

Estas especies se aplicaran antes de cada una de los procesos con los que cuentan las plantas de tratamientos convencionales, por ejemplo:

Para la industria productora de tablas triplex se instalará antes del sedimentador el cual tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 14: Dimensiones del sedimentador

Ancho	1,20 m
Altura	2,84 m

Fuente: (Navas Carlos, 2014)

Para las industrias productoras de lácteos se la instalará antes del sedimentador primario el mismo que tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 15: dimensiones del sedimentador primario

Ancho	0,99 m
Largo	2,97 m
Alto	1,50 m

Fuente: (Llanos Daniela, 2013)

Para las industrias de curtiembre se instalará antes del cribado, este cribado tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 16: dimensiones del cribado

Ancho	1,00 m
Largo	1,00 m
Alto	1,00 m

Fuente: (Lombeida Lenin, 2017)

En la industria de fabricación de acero se instalará antes del depósito el cual se encuentra antes de la planta de tratamiento convencional, las dimensiones de este depósito son los siguientes:

Tabla 17: dimensiones del depósito

Ancho	1,60 m
Altura	1,25 m

Fuente: (Gorostidia Lucia, 2013)

En la industria productora de embutidos se instalara antes del tanque de almacenamiento el mismo que se encuentra al principio de la planta de tratamiento convencional con la que cuenta la industria, las dimensiones del tanque es el siguiente:

Tabla 18: dimensiones del tanque de almacenamiento

diámetro	4,20 m
Altura	2,10 m

Fuente: (Jiménes Andrea, 2016)

Resultados:

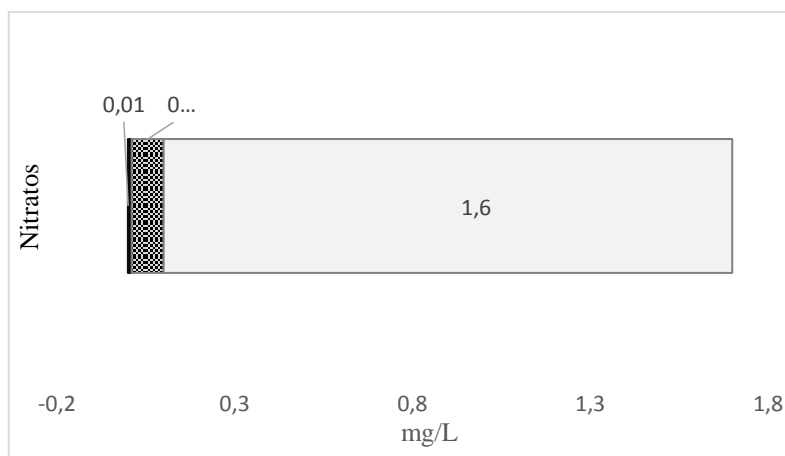
Los siguientes resultados fueron obtenidos de investigaciones pasadas, en las cuales se observó la cantidad de remoción de cada una de las especies en estudio. En estos resultados se muestran la cantidad y el porcentaje de nitratos, nitritos y algunos metales pesados que se eliminó de las aguas contaminadas.

Tabla 19: Concentraciones de nitratos mg/l.

Fecha	Concentración nitratos (mg/l)
MUESTRA INICIAL (26/10/2018)	1,6
(CON SISTEMA) (21/11/2018)	0,01
(SIN SISTEMA) (21/11/2018)	0,09

Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Grafico 3: Concentración inicial de nitratos



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

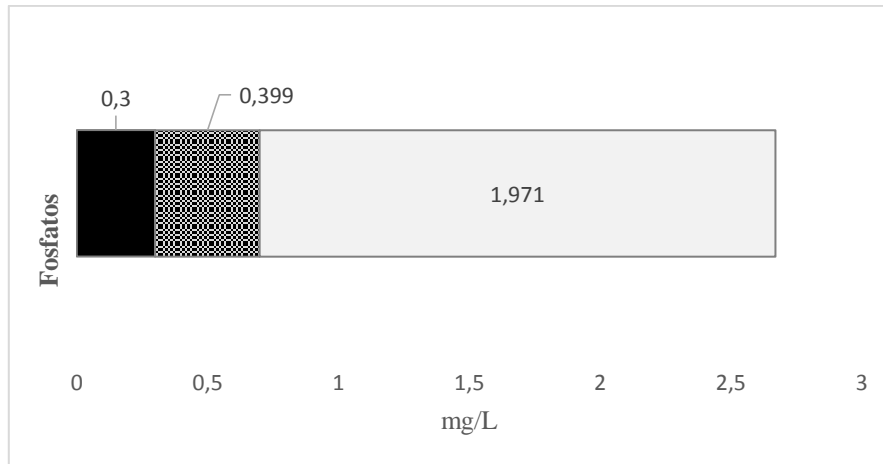
La concentración inicial de nitratos del río Cutuchi fue 1.6 mg/L (26/10/18), en un período de 26 días la concentración disminuyó a 0,01 mg/L con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento testigo (sin sistema) fue de 0,09 mg/L.

Tabla 20: Concentración inicial de fosfatos

Fecha	Concentración (mg/l)
(MUESTRA)	1,97
(CON ISLA)	0,3
(SIN ISLA)	0,399

Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Grafico 4: Concentración inicial de fosfatos



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

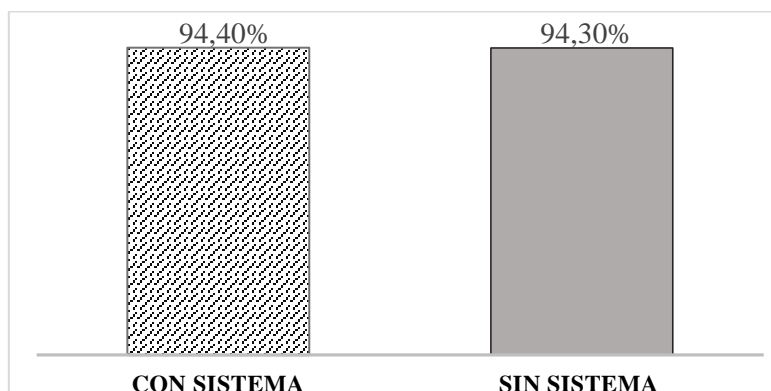
La concentración inicial de fosfatos del río Cutuchi fue 1.971 mg/L (26/10/18), en un período de 26 días la concentración disminuyó a 0.3 mg/l con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento testigo (sin sistema) fue de 0,399 mg/l.

Tabla 21: Porcentaje de absorción de nitratos

	PORCENTAJE ABSORCIÓN
CON SISTEMA	94,40%
SIN SISTEMA	94,30%

Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Grafico 5: Porcentaje de absorción de nitratos



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

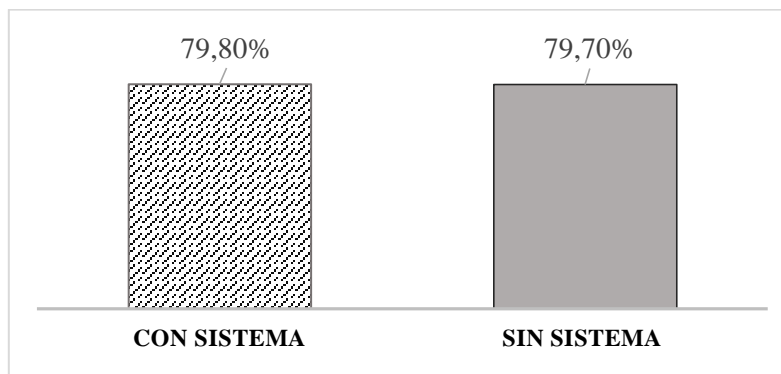
El porcentaje de absorción de nitratos fue 94,40 % con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento sin sistema (testigo) fue de 94,30 % (12/11/18).

Tabla 22: Porcentaje de absorción de fosfatos

	PORCENTAJE ABSORCIÓN
CON SISTEMA	79,80%
SIN SISTEMA	79,70%

Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Grafico 6: Porcentaje de absorción de fosfatos



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

El porcentaje de absorción de fosfatos fue 79,80 % con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento (testigo) fue de 79,70 % (12/11/18).

Evaluación de resultados de remoción y concentración en condiciones controladas.

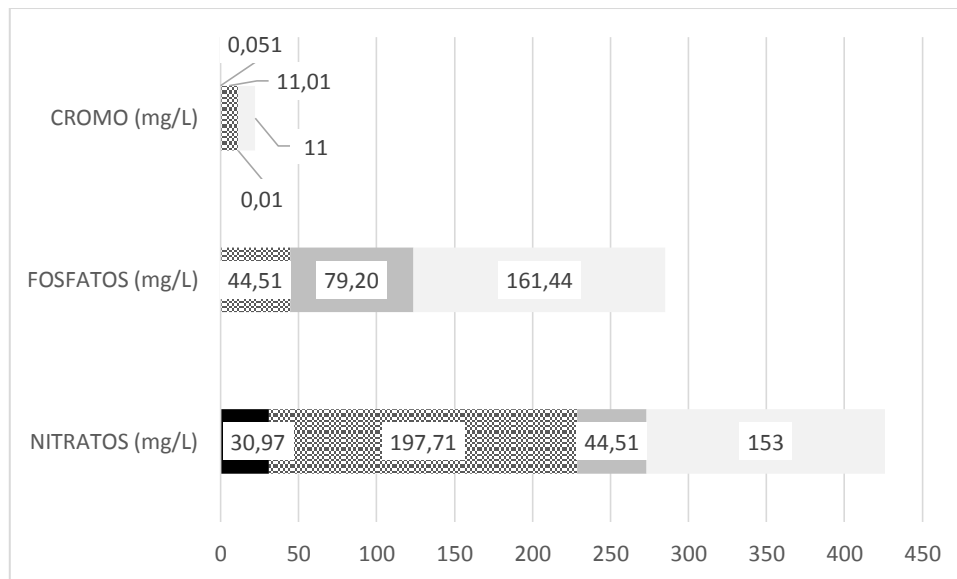
Tabla 23: Variación de concentraciones generales

FECHAS	NITRATOS (mg/L)	FOSFATOS (mg/L)	CROMO (mg/L)
27/12/2018	153,00	161,44	11
17/12/2018	44,51	79,20	0,01
17/12/2018	197,71	79,2	11,01
15/12/2018	30,97	44,51	0,051

Fuente:
(Herrera Viviana &

Sumba Daysi, 2019)

Gráfico 7: Variación de concentraciones generales



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

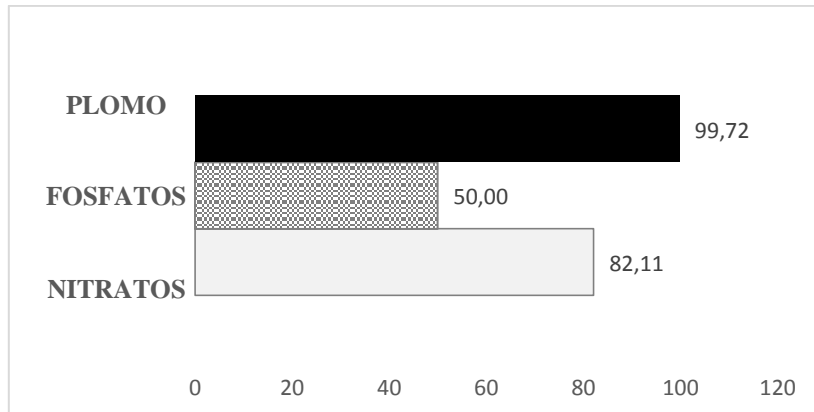
La concentración inicial de plomo, fosfatos y nitratos en condiciones controladas fue 11 mg/l, 161,44 mg/l y 153 mg/l respectivamente (27/11/18). En un período de 20 días la concentración de los parámetros evaluados disminuyó a 0,01 mg/l, 79,20 mg/l y 44,51 mg/L. En la fecha (17/12/2018) los resultados son 11,01 mg/l, 79,2 mg/l y 197,71 mg/l respectivamente. Posteriormente el siguiente periodo (15/01/19) se presentó una reducción de 0,051 mg/l, 44,51mg/l y 30,97 mg/l respectivamente.

Tabla 24: Porcentaje de remoción general

PROMEDIO PORCENTAJE	
NITRÓGENO	82,11
FOSFORO	50,00
CROMO	99,72

Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

Grafico 8: Porcentaje de remoción general



Fuente: (Herrera Viviana & Sumba Daysi, 2019)

El porcentaje de absorción de n y p y bio-acumulación de pb en condiciones controladas fue 99,72 % en plomo, 50 % de fosfatos y 82,11% de nitratos.

Concentración de nitratos

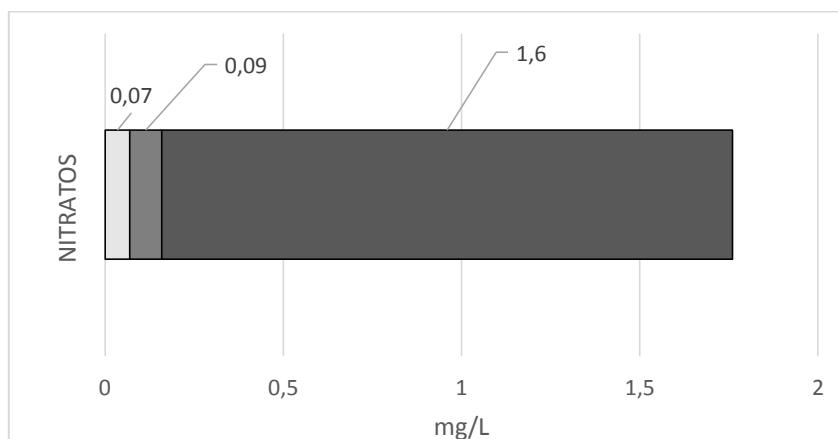
La concentración de nitratos y fosfatos fue analizada en los laboratorios del INAMHI, durante los periodos de muestreo establecido.

Tabla 25: Concentración inicial de nitratos.

CONCENTRACIONES	NITRATOS (mg/L)
CONCENTRACIÓN INICIAL	1.6
CON SISTEMA	0.07
SIN SISTEMA	0.09

Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

Grafico 9: Concentración de nitratos



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

En un periodo de 26 días la concentración disminuyo de 1.6 a 0.07 mg/L para el tratamiento con el sistema de IFAS. Sin embargo para la misma fecha sin el sistema de tratamiento (testigo) presento una concentración de Nitratos (0.09 mg/L).

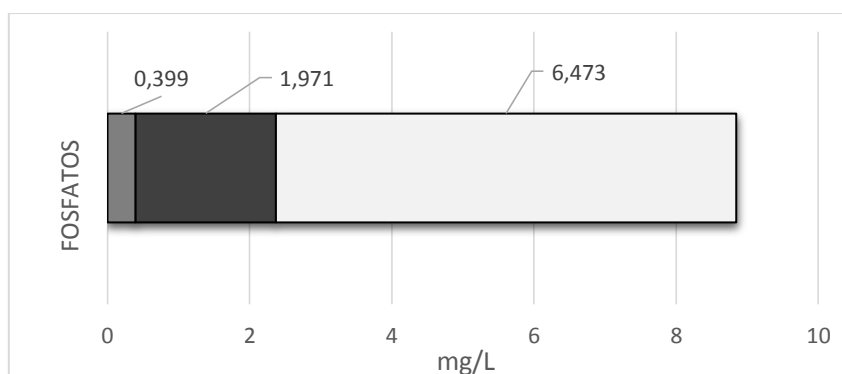
Concentración inicial de fosfatos

Tabla 26: Tabla: concentración inicial de fosfatos

CONCENTRACIONES	FOSFATOS (mg/L)
CONCENTRACIÓN INICIAL	1.971
SIN SISTEMA	0.399
CON SISTEMA	0.399

Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

Grafico 10: Concentración inicial de fosfatos



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

La concentración inicial de fosfatos del río Cutuchi fue 1.971 mg/L (26/10/18), en un período de 26 días con el sistema IFAs se presentó un aumento en la concentración de fosfatos (6.473 mg/L). Sin embargo para la misma fecha sin el sistema de tratamiento (testigo) la concentración disminuyó 0.399 mg/L

Porcentaje de Absorción de Nitratos

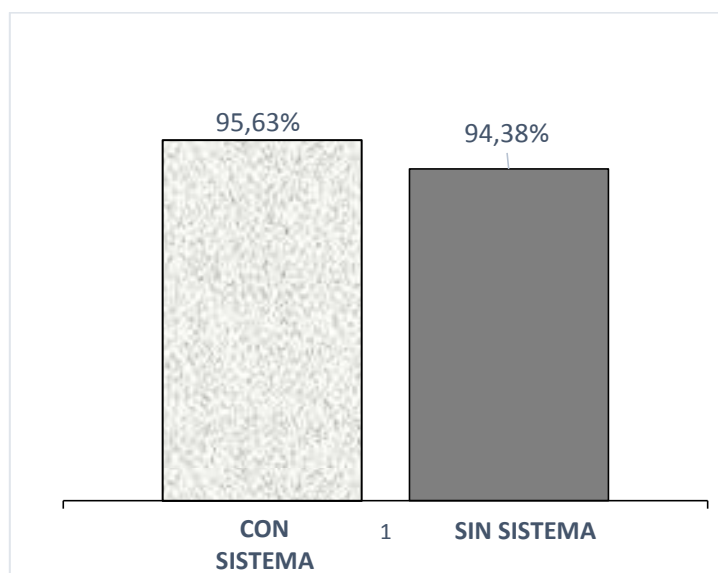
Comparación de los porcentajes de absorción de nitratos con el sistema y sin el sistema, luego de la simulación del derrame.

Tabla 27: Porcentaje de absorción de nitratos.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE NITRATOS	
CON SISTEMA	95.63%
SIN SISTEMA	94.38%

Fuente: INAMHI – LANCAS; **Elaborado por:** Autores (2019)

Grafico 11: Porcentaje de absorción de Nitratos



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

El porcentaje de absorción de nitratos del río Cutuchi fue 95.63% (12/11/18), para el tratamiento con sistema IFAs. Sin embargo para la misma fecha sin el tratamiento (testigo) se presentó un porcentaje de 94.38%.

Porcentajes de Remoción de Fosfatos

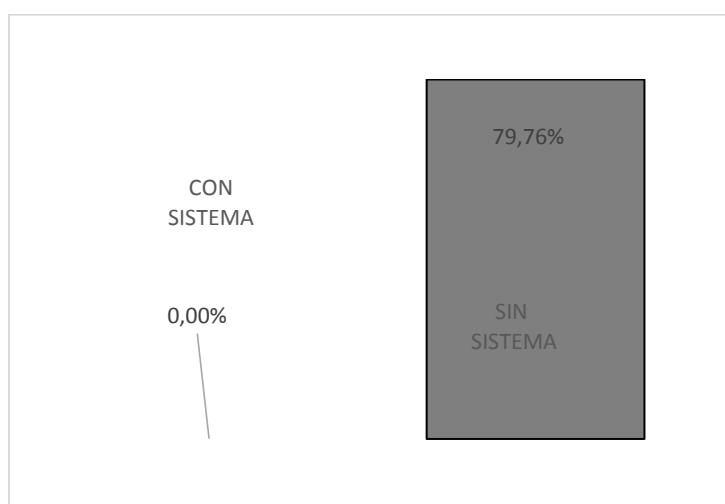
Comparación de los porcentajes de absorción de fosfatos con el sistema y sin el sistema, luego de la simulación del derrame.

Tabla 28: Porcentaje de absorción de fosfatos.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE FOSFATOS	
CON SISTEMA	0 %
SIN SISTEMA	79.76 %

Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

Gráfico 12: Porcentaje de absorción de fosfatos.



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

El porcentaje de absorción de fosfatos del río Cutuchi fue 0 % (12/11/18), para el tratamiento con sistema IFAS. Sin embargo para la misma fecha sin el sistema de tratamiento (testigo) se presentó un porcentaje de 79,76 %.

Concentraciones Iniciales de TPH

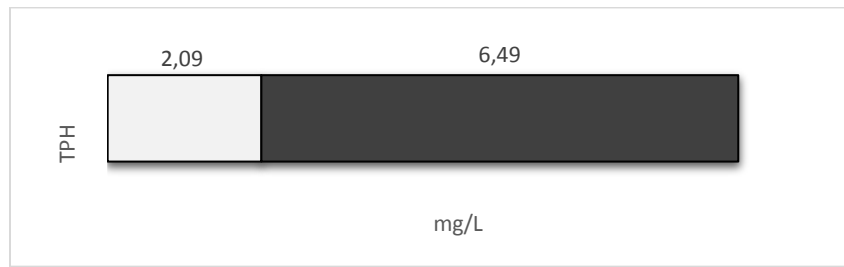
Análisis 1: concentración inicial de TPH en la primera muestra de agua recolectada.

Tabla 29: Concentraciones de TPH

CONCENTRACIONES	TPH (mg/L)
CONCENTRACIÓN INICIAL	6.49
CON SISTEMA	2.09

Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

Grafico 13: Remoción de TPH en el primer análisis



Fuente: (ALMACHE & SINCHIGUANO, 2019)

La concentración inicial de TPH del Río Cutuchi en condiciones controladas fue 6.49 mg/L respectivamente (27/11/18). En un período de 20 días la concentración de los parámetros evaluados disminuyó 2.09 mg/L.

Bibliografía:

- ALMACHE, L., & SINCHIGUANO, L. (2019). "Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (*Panicum máximum*) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi" (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medio Ambiente.). Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Bravo Alex, & Gutiérrez Erik. (2019). "ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (*Canna indica*) Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*), COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE NITRATOS, FOSFATOS Y CROMO DE AGUA PROCEDENTE DEL RÍO CUTUCHI." (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medio Ambiente). Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Condori L, & Delgadillo M. (2010). Planta de tratamiento de aguas residuales con macrofitas para comunidades cercanas al lago titicaca. *Journal Boliviano de Ciencias*.
- G. Henry-Silva, A. Camargo, & M. Pezzato. (2008). Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. (1).
- Gorostidia Lucia. (2013). Planta de depuración de aguas residuales procedentes del galvanizado (Grado en tecnologías industriales, Universidad de Cantabria). Recuperado de <file:///D:/Downloads/350041.pdf>
- Herrera Viviana, & Sumba Daysi. (2019). Islas Flotantes Artificiales con vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) como alternativa para la remoción de nitratos, fosfatos y plomo en agua procedente del río Cutuchi (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera en Medio Ambiente). Universidad Técnica de Cotopaxi.
- J. Fernández. (2000). Filtros de macrofitas en flotación. *Manual de fitodepuración*.

- Jiménes Andrea. (2016). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales proveniente de una Ffábrica de embutidos (Proyecto previo a la obtencion del titulo de ingeniería química, escuela politecnica nacional). Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14587/1/CD-6787.pdf>
- Llanos Daniela. (2013). «diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de productos lacteos “pillaro” ubicada en el canton Pillaro -Tungurahua» (Tesis de grado previo la obtención del titulo de ingeniería en bitecnología ambiental, escolea superior politécnica de chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2636/1/236T0068.pdf>
- Lombeida Lenin. (2017). Diseño de una planta de tratamiento de aguas investigación para optar por el Tiltulo profecional de Químico, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>
- Martelo, J., & Lara Borrero, J. A. (2012). Floating macrophytes on the wastewater treatment: A state of the art review. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243.
- Navas Carlos. (2014). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL EFLUENTE PROVENIENTE DEL TANQUE 220 DE LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A., MEDIANTE LA COMBINACION DE PROCESOS DE SEDIMENTACION, ELECTROCOAGULACIÓN Y OZONIFICACIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero químico, escuela politecnica nacional). Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7365/1/CD-5514.pdf>

12. CONCLUSIONES

Las industrias Cotopaxenses son las principales contaminantes de la Microcuenca del río Cutuchi por su alta cantidad de aguas residuales que evacuan diariamente, muchas de estas con metales pesados como, plomo, cromo, y otras con sustancias que alteran la calidad del cauce.

Alrededor del 19% de las industrias evaluadas en Cotopaxi no cuentan con una planta de tratamiento por su alto costo de construcción. Las IFAS podrán ser una alternativa económica para pequeñas industrias, especialmente para la remoción de TPH.

La propuesta de implementación de las IFAS, es un sistema que no genera gastos altos en construcción, implementación y mantenimiento.

Para cada una de las industrias se implementará una estructura flotante pero con diferentes especies de macrofitas, ya que no todas las descargas de las industrias tienen la misma composición en sus aguas, y no todas tienen la misma de cantidad de agua del efluente.

13. RECOMENDACIONES

Realizar una implementación en campo para poder realizar investigaciones en la industria y así poder favorecer tanto a la empresa como a la institución, con esto lograr fortalecer los lazos para nuevas investigaciones.

Instalar el sistema IFA en diferentes industrias y realizar los respectivos análisis de calidad del agua, para evaluar su eficiencia.

14. BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO MINISTERIAL 097 A. , 387 § (2015).

Aguas residuales industriales características. (2017, junio 17). Recuperado 22 de mayo de 2019, de Grupo Vento BLOG website:
<http://evaporadoresindustriales.grupovento.com/aguas-residuales-industriales-caracteristicas/>

Aguiar María Belén, & Castillo Yoselin Alejandra. (2019). *“ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON LA ESPECIE ACHIRA (Canna indica) COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCION DE CROMO Y COLIFORMES FECALES EN AGUA PROCEDENTE DEL RIO CUTUCHI* (Universidad Tecnica de Cotopaxi). Recuperado de https://drive.google.com/drive/folders/13m_SYfrbIdBHn-9mEFz-_F6YcPWUPm-W

Aguilar, C., & Estefanía, A. (2018). *Efectos de la utilización de las TIC en el nivel de productividad de las empresas del sector industrial, reguladas por la Superintendencia de Compañías provincia de Cotopaxi, 2012-2016*. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15189>

ALMACHE, L., & SINCHIGUANO, L. (2019). *“Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (Panicum máximum) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi”* (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medio Ambiente.). Universidad Técnica de Cotopaxi.

Andres. (2008, diciembre 16). Definición de Humedal Artificial o Humedal Construido. Recuperado 20 de mayo de 2019, de Proyecto Humedales Artificiales website:
<http://proyectohumedalesartificiales.blogspot.com/2008/12/definicin-de-humedal-artificial-o.html>

Asamblea constituyente. *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. , (2011).*

Bravo Alex, & Gutiérrez Erik. (2019). *“ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (Canna indica) Y PASTO GUINEA (Panicum maximum), COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE NITRATOS, FOSFATOS Y CROMO DE AGUA*

PROCEDENTE DEL RÍO CUTUCHI.” (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medio Ambiente). Universidad Técnica de Cotopaxi.

Caracteristicas.pdf. (s. f.). Recuperado de

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL. , 180 § (2014).

Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf. , Pub. L. No. Oficio No. T.4700-SGJ-17-0182, 983 93 (2018).

Composición de las Aguas Residuales – Estructplan. (s. f.). Recuperado 22 de mayo de 2019, de <https://estrucplan.com.ar/articulos/composicion-de-las-aguas-residuales/>

Condorchem Envitech. (s. f.). Tratamiento de aguas residuales industriales. Recuperado 21 de mayo de 2019, de Condorchem Envitech website:

<https://condorchem.com/es/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales/>

Condori L, & Delgadillo M. (2010). Planta de tratamiento de aguas residuales con macrofitas para comunidades cercanas al lago titicaca. *Journal Boliviano de Ciencias.*

Culqui Nora. (2015). *Diseño e implementación de una planta piloto para el tratamiento de efluente líquido generados en los laboratorios del departamento de metalurgia extractiva* (Proyecto previo a la obtención del título de ingeniería química, escuela politecnica nacional). Recuperado de

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10559/1/CD-6246.pdf>

Economía. - Cotopaxi—Latacunga. (s. f.). Recuperado 21 de mayo de 2019, de

<https://sites.google.com/site/cotopaxicity/economia>

El Comercio. (2015, septiembre 6). La agricultura e industria abarcan el 59% de la economía de Cotopaxi. Recuperado 21 de mayo de 2019, de

<https://www.elcomercio.com/actualidad/agricultura-industria-provincia-cotopaxi-manufactura.html>

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2018, enero 6). Características de las aguas residuales de fuentes industriales. Recuperado 22 de mayo de 2019, de Definiciones FYN

ingeniería en agua website: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/las-aguas-residuales-caracter-industrial-demanda-complejidad/>

Fuster, J. L. S. (2016). *Estudio de aplicabilidad de humedales artificiales para la mejora de la calidad de las aguas en los meandros abandonados del río Segura*, (Universitat Politècnica de València). Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70818/01_Estudio%20de%20aplicabilidad%20de%20humedales%20artificiales%20para%20la%20mejora%20de%20la%20calidad%20de%20las%20aguas%20en%20los%20meandros%20abandonados%20del%20r%C3%ADo%20Segura.pdf?sequence=1

G. Henry-Silva, A. Camargo, & M. Pezzato. (2008). *Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients*. (1).

GARCÍA, M. E., & LÓPEZ, J. A. P. (s. f.). *AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN*. 22.

Gorostidia Lucia. (2013). *Planta de depuración de aguas residuales procedentes del galvanizado* (Grado en tecnologías industriales, Universidad de Cantabria). Recuperado de <file:///D:/Downloads/350041.pdf>

Herrera Viviana, & Sumba Daysi. (2019). *Islas Flotantes Artificiales con vetiver (Vetiveria Zizanioides) como alternativa para la remoción de nitratos, fosfatos y plomo en agua procedente del río Cutuchi* (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera en Medio Ambiente). Universidad Técnica de Cotopaxi.

Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales. Conceptos e historia. | El Agua. (s. f.). Recuperado 20 de mayo de 2019, de <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/05/16/131891>

Impactos ambientales/Fabricación de hierro y acero—Wikilibros. (s. f.). Recuperado 25 de julio de 2019, de https://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Fabricaci%C3%B3n_de_hierro_y_acero#Control_de_la_calidad_del_agua

Industria del vidrio. (s. f.). 19.

J. A. PÉREZ LÓPEZ, M. E. G. (s. f.). *AGUAS RESIDUALES*. 22.

J. Fernández. (2000). Filtros de macrofitas en flotación. *Manual de fitodepuración*.

Jesús Fernández. (2007). *Manual de fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación*. pp. 80-89.

Jiménes Andrea. (2016). *Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales proveniente de una Fábrica de embutidos* (Proyecto previo a la obtención del título de ingeniería química, escuela politécnica nacional). Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14587/1/CD-6787.pdf>

La contaminación de la industria del cemento. (s. f.). Recuperado 7 de julio de 2019, de Webscolar website: <http://www.webscolar.com/la-contaminacion-de-la-industria-del-cemento>

Llanos Daniela. (2013). «*diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de productos lácteos “Pillaro” ubicada en el cantón Pillaro -Tungurahua*» (Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniería en biotecnología ambiental, escuela superior politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/2636/1/236T0068.pdf>

Lombeida Lenin. (2017). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre* (Trabajo de investigación para optar por el título profesional de Químico, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>

María Dolores Curt Fernández de la Mora. (s. f.). Fitodepuración en humedales. Conceptos generales. Recuperado 20 de mayo de 2019, de Manual de fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación website: <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%205.pdf>

María Elena Pérez López. (2009, octubre). “Selección de plantas acuáticas para establecer humedales en el estado de Durango”. Recuperado 20 de mayo de 2019, de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/597/1/Tesis%20Ma.%20Elena%20P%C3%A9rez%20L%C3%B3pez.pdf>

- Martelo, J., & Lara Borrero, J. A. (2012a). Floating macrophytes on the wastewater treatment: A state of the art review. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243.
- Martelo, J., & Lara Borrero, J. L. B. (2012b). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: Una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.8.15.11>
- Merino, L. M. (2002). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno: Fundamentos y casos prácticos*. IGME.
- Métodos naturales de tratamiento de aguas residuales*. (s. f.). Recuperado de http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_3.pdf
- Navas Carlos. (2014). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL EFLUENTE PROVENIENTE DEL TANQUE 220 DE LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A., MEDIANTE LA COMBINACION DE PROCESOS DE SEDIMENTACION, ELECTROCOAGULACIÓN Y OZONIFICACIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA* (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero químico, escuela politecnica nacional). Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7365/1/CD-5514.pdf>
- ONU. El derecho al agua. , Boletín No. 299 §.
- Orellana, I. J. A. (2005). *CARACTERÍSTICAS DE LOS LIQUIDOS RESIDUALES*. (2005), 9.
- Ortiz Segundo. (2011). *“IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA FÁBRICA DE EMBUTIDOS CATALÁN - PARMA, PARA MEJORAMIENTO CONTINUO EN SUS PROCESOS Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL* (TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO). Recuperado de <file:///D:/Downloads/MSc.15.pdf>
- Pacheco, A. G. C., & Bermúdez, E. M. L. (2017). *"USO DE ISLAS FLOTANTES PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES* (Obtención del Título de: INGENIERO QUIMICO, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL). Recuperado

de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/41277/D-CD102666.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

PATÍÑO, S. R., & TAUTA, D. F. (2014, diciembre). Origen y Características de las aguas residuales—PTAR-Uniminuto. Recuperado 22 de mayo de 2019, de <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>

Peña, L. M., & Candela, C. L. (2018). Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuáticas en el Jardín Botánico de Bogotá. *Gestión y Ambiente*, 11.

Plan nacional Toda una Vida. , (2017).

Prado, D. (2013). *Valoracion de impactos ambientales generados en la industria lactea y carnica en la ciudad de cuenca* (Trabajo de grado previo a la obtencion del titulo de ingeniero en alimentos). universidad del Azuay, cuenca.

REGLAMENTO LEY RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. , 650 483 § (2015).

Román, M. G. (2010). *Bloque III. Tratamientos específicos de vertidos industriales – Parte I.* 28.

Rugel, L. S. *REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA.* , Pub. L. No. 316, 80 (2015).

Saavedra-Castillo, B. (s. f.). *APLICACIÓN DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN COMO AYUDA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA LAGUNA UDEP.*

SALUD LEY ORGÁNICA DE SALUD. , 423 § (2012).

Tayupanda, S. (2010). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales del proceso de pelambre para su reutilización, curtiembre pieles «puma»* (Tesis de grado). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. (2014, septiembre 19). Recuperado 25 de julio de 2019, de Ingeniería ambiental para el sector industrial website: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>

Vilca, N. (s. f.). *IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO*. Recuperado de https://www.academia.edu/6309540/IMPACTO_AMBIENTAL_DE_LA_INDUSTRIA_DEL_CEMENTO

Yedra David. (2009). *Plan de Acción, Para el Incremento de la Eficiencia del Sistema de Tratamiento de los Residuales Generados en la Industria Arboriente S.A.* (Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título en Ingeniería Ambiental). Universidad Estatal Amazonica, Puyo.

15. ANEXOS

ANEXO 1: registro fotográfico



ANEXO 2: Curriculum Vitae del Tutor

INFORMACIÓN PERSONAL

MSc. Kalina Fonseca, docente de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador



KALINA MARCELA FONSECA LARGO, MSc

Ecología & aprovechamiento de recursos naturales

CONTACTO

Universidad Técnica de Cotopaxi, sede Salache, parroquia Eloy Alfaro, Barrio Salache Bajo
Email: kalina.fonseca@utc.edu.ec

Tel: 0996267102

FORMACIÓN PROFESIONAL

Master en Ecología y Aprovechamiento de los Recursos Naturales;
Russian State Hydrometeorological University; 2016-10-11

RECONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

Ganadora del primer puesto del "2do Concurso Nacional de Investigación Agroeconómica" (Categoría pregrado), realizado por el MAGAP, Ecuador.

EXPERIENCIA INVESTIGATIVA

PONENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES

Evento: I Congreso Internacional de Investigación Científica de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Tema: Evaluación Espacio – Temporal de la Calidad del Agua de la Microcuenca del Río Cutuchi

Fecha: 22-24 de Noviembre de 2017

Evento: Primera Convención Científica Internacional de la UTM 2017

Tema: Comparación de métodos de interpolación para la estimación comparación de métodos de interpolación para la estimación de temperatura del reservorio CEASA

Fecha: 18-20 de Octubre de 2017

Evento: Primeras jornadas Ciencias Naturales y Matematicas ESPOL

Tema: Islas Flotantes Artificiales: Una alternativa ecotecnológica para el tratamiento de aguas contaminadas

Fecha: 25/09/2017

Evento: 21st Century Watershed Technology Conference and Workshop Tema 1: Pronósticos de contaminación del río Pacayacu, Ecuador.

Tema 2: Pronósticos de inundación Lugar: Ecuador

Fecha: 05 de Diciembre de 2016

Evento: Encuentro de investigadores juveniles Rusia

Tema: Evaluación de la contaminación de las aguas superficiales como resultado de la explotación petrolera en la cuenca del río Pacayacu, Ecuador

Lugar: Universidad Estatal de San Petersburgo, Rusia Fecha: 14 de Junio de 2016

RECONOCIMIENTOS ACADÉMICOS

Diploma rojo, reconocimiento simbólico a la mejor egresada de la maestría en Rusia. Becada del gobierno de Ecuador para estudios de posgrado en Rusia



VILLARROEL GUAYASAMIN JUAN PABLO

INFORMACIÓN PERSONAL

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Ambato, 24 de octubre de 1994.

ESTADO CIVIL: Soltero

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1850330364

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 0999707748 - (03)2510067

CORREO ELECTRÓNICO: juan.villarroel4@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

NIVEL PRIMARIO: Escuela “Abdón Calderon” y “La Salle”

NIVEL SECUNDARIO: Colegio Tirso de Molina, San Alfonso y Latino Americano

NIVEL SUPERIOR: Universidad Técnica De Cotopaxi

TALLERES Y CURSOS:

- Taller de Calidad Ambiental del Agua y Meteorología GADPC-INAMHI.
- III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible-Ecuador 2017.
- Curso – Taller “Gestión de riesgos naturales en América Latina y el Caribe”
- Congreso Internacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales “Un nuevo reto para la conservación ambiental”
- Seminario Nacional del Cóndor Andino.
- Seminario Internacional de Fiscalización, Seguimiento y Control Ambiental.

ANEXO 4: AVAL DE TRADUCCIÓN



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de: **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**, de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES, VILLARROEL GUAYASAMIN JUAN PABLO**, cuyo título versa **“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES PARA LA REMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019.”** Lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Julio 2019

Atentamente,

Lic. Ana Jaqueline Guamani Aymacaña

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C 180323918-3



Latacunga - Ecuador

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe. Tel: (003) 2252346 - 2252307 - 2252205