



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“BIOFILTRO CON ENEAS (*Typha Spp.*) PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMESTICAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA  
COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN, ATE- 2018”**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:**

**INGRID KATHERYNE BALVIN SAAVEDRA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL**

**LIMA – PERÚ**

**MAYO 2019**

**DEDICATORIA**

A mi familia y en especial a mi madre quien es la que me empuja a cumplir con mis metas propuestas.

La autora

**AGRADECIMIENTO**

A Dios, por brindarme salud y sabiduría.

A mi familia, por ser mi impulso.

A las autoridades de la INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN-ATE por permitirme realizar la investigación en su prestigiosa institución.

A la Universidad por brindarme los conocimientos esenciales para el desarrollo de mi carrera.

La autora

## INDICE

	N°
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

<b>1.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.1. Problema General.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2. Problema Especifico.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1. Objetivo General.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2. Objetivo Especifico.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. IMPORTANCIA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO- CONCEPTUAL

<b>2.1.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL</b> .....	19
	2.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
<b>2.2.</b>	<b>MARCO LEGAL</b> .....	23
	2.2.1. LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE N° 28611.....	23
	2.1.1. DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES	23
<b>2.3.</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....	25
	2.3.1. BIOFILTROS.....	25
	2.3.2. HUMEDAL ARTIFICIAL.....	25
	2.3.3. pH.....	25
	2.3.4. SST.....	25
	2.3.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).....	25
	2.3.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO).....	26
	2.3.7. DISPOSICION FINAL.....	26
	2.3.8. EFICIENCIA DE TRATAMIENTO.....	26
	2.3.9. EFLUENTE.....	26
	2.3.10. FILTRACION.....	26
	2.3.11. GRADO DE TRATAMIENTO.....	26
	2.3.12. MANEJO DE AGUAS RESIDUALES.....	26
	2.3.13. REUSO DE AGUAS RESIDUALES.....	26

2.3.14. SOLIDOS DISUELTOS.....	26
2.3.15. SOLIDOS SEDIMENTABLES.....	27
2.3.16. TRAMIENTO CONJUNTO.....	27
2.3.17. TRATAMIENTO PRIMARIO.....	27
2.3.18. TRATAMIENTO QUIMICO.....	27
2.3.19. TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	27
2.3.20. TRATAMIENTO TERCARIO.....	28
2.3.21. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES (VMA).....	28
2.3.22. VERTIMIENTO.....	28
<b>2.4. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>28</b>
2.4.1. BIOFILTRO CON ENEAS ( <i>Typha Spp.</i> ).....	28
2.4.2. TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	31

## CAPITULO III

### FUNDAMENTOS METODOLOGICOS

<b>3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	42
3.1.1. Método.....	42
3.1.2. Tipo.....	42
3.1.3. Nivel.....	42
<b>3.2. DISEÑO.....</b>	42
<b>3.3. VARIABLES.....</b>	43
3.3.1. BIOFILTRO CON ENEAS ( <i>Typha Spp.</i> ).....	43
3.3.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	43
<b>3.4. HIPÓTESIS.....</b>	43
3.4.1. Hipótesis General.....	43
3.4.2. Hipótesis Especificas.....	44
<b>3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	44
3.5.1. Población.....	44
3.5.2. Muestra.....	44
<b>3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ACOPIO DE INFORMACIÓN.....</b>	44
3.6.1. Técnicas.....	44
3.6.2. Instrumentos.....	44
3.6.3. Validez y Confiabilidad.....	45
3.6.4. Procedimiento y Análisis de la Información.....	45
3.6.4.1. Metodología de Trabajo.....	45
3.6.4.2. Metodología de Análisis de Datos.....	47
3.6.5. Contraste o Comprobación de la hipótesis.....	47

3.6.6. Cronograma de Realización de Investigación.....	62
--	----

## CAPITULO IV

### ORGANIZACIÓN, PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1	Resultados.....	49
4.2	Discusión de Resultados.....	60
4.3	Análisis Económico.....	61
4.4	Contrastación de hipótesis.....	63
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	64
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	66
	<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS</b> .....	67
	<b>ANEXOS</b> .....	70
	<b>ANEXO 1:</b> Matriz De Operacionalización de Variables y de Consistencia de la Investigación	71
	<b>ANEXO 2:</b> Evidencias fotográficas.....	75
	<b>ANEXO 3:</b> Figuras de los diferentes procesos de biofiltracion.....	83
	<b>ANEXO 4:</b> Fichas de Registro de Datos de Laboratorio.....	86
	<b>ANEXO 5:</b> NORMATIVA DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, D <sup>I</sup> SUPREMO QUE APRUEBA LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES	87
	<b>ANEXO 6:</b> Certificado de trabajo del proyecto en la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018	88
	<b>ANEXO 7:</b> Plano de la implementación del Sistema de Biofiltro.....	89
	<b>ANEXO 8:</b> Procedimientos y Análisis de la Información.....	90

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Estructura de un Biofiltro de Flujo Horizontal	29
<b>Figura N° 2:</b> (De la izquierda a la derecha) las Aneas, los Juncos, y Césped Común de Caña.	30
<b>Figura N° 3:</b> Procedimiento y Análisis de la Información ( Ver ANEXO N°8)	46
<b>Figura N° 4:</b> Evolución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	51
<b>Figura N° 5:</b> Evolución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	52
<b>Figura N° 6:</b> Evolución de Sólidos Totales en Suspensión (SST), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	54
<b>Figura N° 7:</b> Evolución de Coliformes Termotolerantes (CTT), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	55
<b>Figura N° 8:</b> Evolución de pH, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	57
<b>Figura N° 9:</b> Evolución de la Temperatura, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	58
<b>Figura N° 10:</b> Humedal de Flujo Superficial	84
<b>Figura N° 11:</b> Humedal Artificial de Flujo Sub Superficial Horizontal	84
<b>Figura N° 12:</b> Humedal de Flujo Sub Superficial Horizontal	85
<b>Figura N° 13:</b> Humedal de Flujo Sub Superficial Vertical	85

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Resultado de Laboratorio de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	49
<b>Tabla N° 2:</b> Resultado de Laboratorio del DBO de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate 2018	50
<b>Tabla N° 3:</b> Resultado de Laboratorio del DQO de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate 2018	52
<b>Tabla N° 4:</b> Resultado de Laboratorio de los Solidos Totales en Suspensión de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate 2018	53
<b>Tabla N° 5:</b> Resultado de Laboratorio de Suspensión Coliformes Termotolerantes (CTT) de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate 2018	55
<b>Tabla N° 6:</b> Resultado de Laboratorio de pH de las aguas residuales de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	56
<b>Tabla N° 7:</b> Resultado de Laboratorio de Temperatura de las aguas residuales de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018	58
<b>Tabla N° 8:</b> Materiales	61
<b>Tabla N° 9:</b> Servicios	62
<b>Tabla N° 10:</b> Presupuesto	62
<b>Tabla N° 11:</b> Contrastación de Hipótesis VS Resultados	63

## RESUMEN

El presente informe propone la implementación de un Biofiltro con Eneas (*Typha Spp.*) para el tratamiento de aguas residuales en la INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN, ATE- 2018, Dicha institución no cuenta

con un tratamiento de aguas residuales por lo cual es derivada a una fosa séptica para luego filtrarse al subsuelo para luego ser recolectadas nuevamente mediante bombeo para así nuevamente sean utilizadas como agua para consumo humano, poniendo en riesgo la salud física e integridad de los alumnos y docentes. Esta situación problemática dio paso a la idea de un Biofiltro con eneas (*Typha Spp.*) para el tratamiento de aguas residuales en la INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN, ATE- 2018, fue la opción más indicada para resolver este problema que acosa a la institución hoy en día. El diseño de la investigación es descriptiva, no probabilística por conveniencia, con una población que está constituida de 1500 litros de agua residual generada durante el día, teniendo como muestra 750 litros de agua residual en los cuales se realizará un pre y post análisis para medir el grado de contaminación y la efectividad del Biofiltro con Eneas, una vez que el agua residual disminuya su grado de contaminación se utilizará para el regadío de biohuertos en la institución.

La investigación realizada permitió concluir que el sistema de humedales probado puede ser utilizado como un complemento en la descontaminación de aguas residuales de tipo doméstico, luego de que éstas sean tratadas por métodos convencionales.

**Palabras Claves:** Biofiltro con Eneas - Tratamiento de Aguas Residuales

La autora

## ABSTRACT

This report proposes the implementation of a Biofilter with Aeneas (*Typha* spp.) For the treatment of wastewater in the school “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN” , ATE-2018, This institution does not have a wastewater treatment for which it is derived to a septic tank to then filter to the subsoil and then be collected again by pumping to be used again as water for human consumption, putting at risk the physical health and integrity of students and teachers. This problematic situation gave way to the idea of a Biofilter with Eneas (*Typha Spp.*) For the treatment of wastewater in the school “COLLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN, ATE-2018”, was the most indicated option to solve this problem that harasses the institution today. The research design is descriptive, not probabilistic for convenience, with a population that is made up of 1500 liters of wastewater generated during the day, having 750 liters of wastewater as sample, in which a pre and post analysis will be carried out. To measure the degree of contamination and the effectiveness of the Biofilter with Aeneas, once the wastewater decreases its degree of contamination, it will be used for the irrigation of vegetable gardens in the institution.

The investigation made it possible to conclude that the tested wetland system can be used as a complement in the decontamination of domestic wastewater, after these are treated by conventional methods.

**Keywords:** Biofilter with Eneas - Wastewater Treatment

The autor

## INTRODUCCIÓN

Los Biofiltros son sistemas de Fito depuración de aguas residuales. Mencionado sistema se basa en desarrollar un cultivo de macrófitas las cuales están enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. El accionar de las macrófitas posibilita una serie de complejas interacciones tanto físicas, químicas y biológicas mediante los cuales el agua residual afluyente es depurada en forma progresiva y lenta. El tratamiento de aguas residuales para depuración se realiza a través sistemas que posee tres partes vitales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución (Fernández et al., 2004).

Un humedal artificial (Wetland) es un “sistema complejo de medio saturado, diseñado y construido por el hombre, con vegetación sumergida y emergente y vida animal acuática que simula un humedal natural para el uso y beneficio humano. Existen dos tipos de humedales, los de flujo superficial y Subsuperficial”. Los humedales de flujo Subsuperficial (HFS) se diseñan y cimientan para que el agua fluya mediante la zona radicular del vegetal y de esta manera, no presentan una superficie independiente de flujo.

Metacalf and Eddy (1991), aseguran que, “este sistema consiste en una excavación que contiene un lecho de material filtrante que generalmente es grava, el cual soporta el crecimiento de la vegetación emergente. En esencia, un humedal de flujo subsuperficial se clasifica como un sistema de tratamiento de película fija”

Stearman (2003) afirma “estos sistemas purifican el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química. Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización”. Logran así reemplazar el tratamiento secundario aún, bajo ciertas circunstancias, al terciario y primario de las aguas residuales. La manera en que funcionan los humedales artificiales sientan sus bases en tres principios fundamentales: “la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales”, además de servir como material de filtración. Sistemáticamente, estos elementos

que depuran las aguas residuales por medio de humedales artificiales eliminan materiales que están disueltos y suspendidos en el agua de residuo (Reed en Kolb, 1998), degradando la materia orgánica hasta mineralizarla y así, constituir organismos nuevos (Hu en Kolb, 1998). Son tres funciones básicas que poseen los humedales, los cuales les ofrecen un atractivo potencial para poder tratar las aguas residuales: “fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento” (Lara, 1999).

En este trabajo se instaló un Biofiltro con Eneas a través del cual se hizo circular agua residual. Se midió la carga orgánica por medio del parámetro de la DQO y DBQ, así como nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, los cuales fueron analizados y extraídos de la fosa séptica. Asimismo, se calculó el tiempo de retención hidráulico y la eficiencia de remoción global del sistema.

La autora

## Capítulo I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.

Cuerva E. y Rivadeneira F. (2013), manifiesta que “se puede hacer en aguas residuales domesticas según su investigación denominada Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Mediante un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con Vegetación Herbácea, comenta que las concentraciones de los contaminantes del Agua Residual antes de ser tratadas superaban los límites permitidos por los organismos de control para la descarga de agua residual a un cuerpo de agua dulce”.

“Las mismas que al ser vertidas de manera directa contaminaron de forma indiscriminada el recurso agua, suelo y afectó la flora y fauna del sitio, pero una vez tratada los humedales artificiales tiene niveles inferiores de contaminantes a los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce y puede ser considerada agua para uso agrícola clase III según los parámetros DQO, aluminio, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, exceptuando los niveles de DBO5 y Coliformes totales que superan estos límites, entonces el diseño construido para reducir los niveles de contaminación del agua residual, logra depurar más de 6 m<sup>3</sup> de agua residual al día de manera eficiente, y podría soportar una población aproximada de 100 habitantes, contribuyendo a reducir el impacto ecológico que genera la descarga de agua residual sin tratamiento a un cuerpo de agua dulce.”

Debido a los escasos de plantas de tratamientos de aguas residuales y el inadecuado tratamiento es que surge la necesidad de crear tratamientos alternativos para tratar dichas aguas. Los humedales artificiales son considerados como sistemas atractivos de tratamiento de aguas residuales y son en particular, viables económicamente; además de una gran capacidad para la eliminación de agentes contaminantes, según Sanabria (2010) son “reconocidos como sistemas adecuados para la depuración de DBO5, SS y nitrógeno, para los cuales se obtienen rendimientos

superiores al 80%, siendo también eficientes en la remoción de metales, trazas orgánicas y patógenos”.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Es posible que la implementación de un Biofiltro con Eneas (*Typha spp*), permita el tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

- A. ¿Cuál es la relación específica entre los Parametros Fisicoquímicos de las aguas residuales y los Biofiltros con Eneas (*Typha spp*) en la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018?
  
- B. ¿De qué manera influye la estructura de sistema de biofiltros con Eneas en el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.3.1. Objetivo general.**

Demostrar que un Biofiltro con Eneas, permitirá el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- A. Identificar la relación existente entre los Parametros Fisicoquímicos de las aguas residuales y los Biofiltros con Eneas (*Typha spp.*) en la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018.

- B. Determinar la influencia que existe entre la estructura de sistema de biofiltros con Eneas en el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

Este estudio es justificado por tener características de las cuales se describen a continuación:

- El estudio se constituye en un proyecto innovador en el contexto de la Institución Educativa, ya que es la primera vez que un proyecto de esta magnitud se realiza en esta zona. Ecológicamente podemos afirmar que la implementación del proyecto se consolida en la forma de recuperación entrópica más estable y eficiente, que permite disminuir la contaminación del subsuelo.
- En el campo de la salud el presente estudio contribuye a prevenir y disminuir enfermedades en la comunidad educativa y demás población, la cual presenta una seria problemática al no contar con procesos de tratamiento de aguas. Tecnológicamente la reutilización de las aguas para el regadío de sembrío de hortalizas en la Institución, demanda la implementación de equipos artesanales que garanticen un tratamiento adecuado de las aguas residuales generadas en la institución.

En el campo científico el estudio aporta nuevos conocimientos basados en la línea de investigación que propone nuestra universidad, así mismo la recuperación y mitigación natural local generando inquietud y curiosidad por explorar nuevos conocimientos; cómo podemos ver la implementación de un infiltro puede aportar grandes beneficios tanto en el ámbito de la salud, en lo social, tecnológico, ecológico y científico, llegando a ser un estudio trascendental que puede servir de base para la realización de investigaciones futuras.

### **1.5. IMPORTANCIA.**

En el campo científico el estudio aporta nuevos conocimientos basados en la línea de investigación que propone nuestra universidad, así mismo la recuperación y mitigación natural local generando inquietud y curiosidad por explorar nuevos conocimientos; cómo podemos ver la implementación de un infiltro puede aportar grandes beneficios tanto en el ámbito de la salud, en lo social, tecnológico, ecológico y científico, llegando a ser un estudio trascendental que puede servir de base para la realización de investigaciones futuras.

### **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Definitivamente una de las grandes limitaciones de la investigación fue el financiamiento lo cual se realizó con recursos propios lo que demoró la ejecución del proyecto y también los trámites y el convencer tanto a las autoridades de la Institución Educativa en cuestión como a los directivos de la UGEL N° 6 de la implementación del proyecto.

## Capítulo II

### MARCO TEÓRICO- CONCEPTUAL

#### 2.1. MARCO REFERENCIAL.

##### 2.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

- **Ñique (2000)** afirma que “las especies de plantas que se introducen para crear un humedal dependen del tipo de humedal que se desea establecer. En este sentido, el clima, salinidad, profundidad y régimen de uso son los factores que van a definir las especies que serán introducidas. Dentro de estas especies las más utilizadas en los humedales artificiales son las plantas macrófitas emergentes, subemergentes y flotantes, ya que son capaces de soportar variaciones en el nivel de agua y, además, poseen la cualidad de poder reproducirse en condiciones con bajos niveles de oxígeno disuelto”. La función de mayor relevancia de las macrófitas en referencia con el proceso de tratamiento de las aguas de residuo es el efecto físico que ellas provocan.

Las macrófitas fijan la superficie del lecho, suministrando buenas condiciones para la filtración, la transferencia de oxígeno mediante las raíces y rizomas, absorción de nutrientes y degradan contaminantes por asimilación directa en sus tejidos.

En los sistemas de tratamiento poco profundos se ubican las plantas acuáticas flotantes y sumergidas. Los sistemas estudiados a profundidad son aquellos que usan la planta Jacinto de agua o también la lenteja de agua.

- **Roston et al. (2001)**, Estudiaron el comportamiento de las macrófitas *Typha Sp* y *Eleocharis Sp* en un sistema natural de depuración de aguas residuales con evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales de alta tasa en la locación petrolera de caño gandul universidad nacional de Colombia-sede Bogotá, mostraron en los dos primeros años de funcionamiento una reducción entre el 90% a 97% de SS y entre 60% a 85% de DQO, para unos caudales de 200 l/d. Cuando el caudal fue aumentando a

400 l/d hubo una reducción entre el 73 al 97% de SS y entre 67 a 97% en DQO (Celis et al., 2005).

- **Mitch y Gosselik (2001)** señalan que “todas clases de plantas actúan sobre los contaminantes de la misma manera. Todas plantas pueden utilizar los nutrientes y BOD en las aguas negras y grises hasta cierto punto. Sin embargo, relativamente pocas plantas prosperan en las aguas negras o grises que tiene altas niveles de nutrientes y BOD, que son típicos de los humedales construidos”. Hay un número limitado de plantas que son utilizadas de manera normal para humedales de biofiltración de las aguas servidas, muchas de los cuales pueden ser ubicadas en humedales naturales.
- **FERNÁNDEZ et al (2005)** menciona que existen “tres líneas de desarrollo tecnológico de humedales artificiales, cuyo modo de actuación, aun basándose en los mismos principios biológicos, es diferente. Se trata de los denominados humedales de flujo superficial, humedales de flujo Subsuperficial y humedales con plantas flotando sobre la superficie del agua”. En estos últimos se emplean plantas que son flotantes por naturaleza como el Jacinto de agua o la lenteja de agua; asimismo, especies emergentes a las cuales se les hace flotar como se presenta en los filtros de macrófitas en flotación. Los humedales de flujo superficial son aquellos en donde el flujo de agua es horizontal superficial. El agua discurre por la superficie del canal o estanque, el cual tiene una capa de agua poco profunda (normalmente 30cm), pudiendo llegar a medir más de un metro. Este tipo de sistemas tiene un aspecto similar a un humedal natural. Su diseño tiene paredes ataludadas (con material impermeable), canales de entrada y salida del agua, estructuras de control de flujo y espacios alternados con y sin vegetación acuática. Al igual que en los humedales naturales, existe una integración de espacios entre la lámina de agua visible y otros cubiertos totalmente por vegetación, dominando generalmente la presencia de macrófitas emergentes enraizadas al sustrato que se encuentra en el fondo del humedal artificial (FERNÁNDEZ et al, 2005). En este tipo de sistemas el sustrato al que están fijadas las plantas tiene una baja conductividad, no permitiendo un flujo considerable a través de la zona radicular. Por tal motivo, la eliminación de los contaminantes se va a realizar por reacciones

dadas en el agua y en la zona superior del sustrato, limitando fuertemente su capacidad de eliminación. En los humedales de flujo sub-superficial, el flujo del agua es horizontal de tipo sub-superficial, pues el agua discurre por debajo del sistema. Del mismo modo que los humedales de flujo superficial, se diseñan con paredes impermeabilizadas, canales de entrada y salida, y dispositivos de control de flujo. Pero realmente, lo que define a este tipo de humedales es que el agua circula por un medio inerte compuesto por arena o grava de diferente grosor, lo que va a servir de base para la vegetación. El diseño del lecho se instala de un modo que permita que el agua residual circule por la zona radicular de las macrófitas, pudiéndose mover el agua tanto horizontal como verticalmente. En estos humedales la lámina de agua no se encuentra visible, por esa razón también se les denomina de manera opcional lechos vegetados sumergidos (FERNÁNDEZ et al, 2005).

- **García, J. y Corzo, A. (2008)** manifiestan que “generalmente se alimentan de forma continua con agua residual pre tratada y el tratamiento ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente, depurándose las aguas en su tránsito a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente implantada”. Este sistema es el más parecido, en relación al funcionamiento y apariencia a los humedales naturales, debido a que cuentan con una combinación de superficies de aguas abiertas, vegetación emergente, variaciones de profundidad de la columna de agua y otras características típicas de los sistemas naturales. La forma, tamaño y detalles constructivos de las celdas dependerán de las características de la ubicación geográfica y del efluente a tratar.
- **Rolim (2000)** asegura que “los Biofiltros están constituidos básicamente por cuatro elementos: agua residual, que son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso”; mientras que Lara, B. (1999) manifiesta que “el sustrato, que está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el

Biofiltro debido al crecimiento biológico”; además de vegetación, cuyo papel está determinado fundamentalmente por las raíces y rizomas enterrados.

- **Para Russell (1999)** “las actividades humanas han dado y siguen dando origen a varios tipos de humedales de interés para algunas especies vegetales y animales. Las graveras y otro tipo de excavaciones abandonadas, restauradas o poco alteradas, albergan distintos tipos de hábitats” También el autor manifiesta que “las aguas residuales generadas por los habitantes de una población, recolectadas mediante redes de alcantarillado sanitario, contienen sólidos gruesos (plástico y otros), arena, tierra y otros contaminantes disueltos. Para eliminarlos, un sistema de tratamiento de biofiltro abarca las siguientes etapas”:
  - Pre tratamiento conformado por una rejilla de retención de sólidos gruesos y un desarenador de limpieza manual, el cual podría también cumplir la función de trampa de grasa mediante la instalación de un baffle al final de la unidad. Normalmente se construyen dos desarenadores en paralelo para permitir el mantenimiento.
  - Tratamiento primario tiene el propósito de retener la mayor fracción de los sólidos suspendidos, mediante un tanque de sedimentación que puede ser un tanque séptico de tres cámaras o un tanque Imhoff. Cuando estos tanques se cierran, puede instalarse un filtro de biogás para eliminar los olores desagradables.
  - Tratamiento secundario está conformado por un Biofiltro de flujo horizontal, cuyo propósito es remover los contaminantes aún presentes en las aguas residuales”
  - Pila de secado de lodos los lodos generados en las diferentes etapas del sistema (desarenado, tanque Imhoff) son recolectados y trasladados a esta pila, donde permanecen al menos cuatro meses para permitir su estabilización.

## **2.2. MARCO LEGAL.**

El trabajo de investigación está enmarcado dentro del ámbito agua residuales no domésticos. Existen aspectos legales que deben tomarse en cuenta para no transgredir las leyes nacionales, por lo que se hace referencia a aquellas leyes que tienen relación con el tema.

### **2.2.1 LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE N° 28611**

**En el artículo 31**, Estándares de calidad Ambiental (ECAS) como medidas que establece la concentración o grados de elementos, sustancia o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua o suelo en su condición de cuerpo receptor que no presente riesgo para la salud en las personas ni al ambiente.

### **2.2.2 DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES**

**Artículo 1°.** - Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipalidades (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

**Artículo 2°.** - Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permitan la depuración de aguas residuales domésticas o municipales.

- Límite máximo permisible (LMP): Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos, que caracterizan a una emisión, que la ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar

humano o al ambiente. Su Decreto es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental. - Protocolo de monitoreo: Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en función a los programas de monitoreo.

**Artículo 3°.** - Cumplimiento de los límites máximos permisibles de efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la siguiente norma entraran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobado por el siguiente Decreto Supremo, no serán aplicados a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3 Los titulares de las PTAR que se encuentran en operación a la dación del presente Decreto Supremo y no cuenten con certificación ambiental, tendrán plazo no mayor de dos años (02), contados a partir de la publicación del siguiente Decreto Supremo, para presentar en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de PTAR que se encuentran en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenta con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres años (03), contando con la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL.

### 2.3.1. BIOFILTROS. - son sistemas de Fito depuración de aguas residuales.

Mencionado sistema se basa en desarrollar un cultivo de macrófitas las cuales están enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. El accionar de las macrófitas posibilita una serie de complejas de interacciones tanto físicas, químicas y biológicas mediante los cuales el agua residual afluyente es depurada en forma progresiva y lenta. El tratamiento de aguas residuales para depuración se realiza a través sistemas que posee tres partes vitales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución (Fernández et al., 2004).

**2.3.2. HUMEDAL ARTICIAL.** - es un “sistema complejo de medio saturado, diseñado y construido por el hombre, con vegetación sumergida y emergente y vida animal acuática que simula un humedal natural para el uso y beneficio humano. Existen dos tipos de humedales, los de flujo superficial y Subsuperficial”. Los humedales de flujo Subsuperficial (HFS) se diseñan y cimientan para que el agua fluya mediante la zona radicular del vegetal y de esta manera, no presentan una superficie independiente de flujo. (Fernández et al., 2004).

**2.3.3. pH.** - Escala de medida entre 1 – 14 según el grado de acidez o alcalinidad en una solución acuosa. (Orozco C.2010).

**2.3.4. SST.** - Sólidos suspendidos totales partículas que se encuentra en suspensión no decantable (Orozco C.2010).

**2.3.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).**- Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C). (NORMA OS. 090, 2006)

**2.3.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO).**- Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua

residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio. (NORMA OS. 090, 2006).

- 2.3.7. DISPOSICIÓN FINAL.-** Disposición del efluente o del lodo tratado de una planta de tratamiento. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.8. EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO. -** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.9. EFLUENTE.-** Líquido que sale de un proceso de tratamiento. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.10. FILTRACIÓN.-** Consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso, normalmente de arena, en el cual actúan una serie de mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de la suspensión (agua más partículas) y del medio poroso. (Vargas, 2004).
- 2.3.11. GRADO DE TRATAMIENTO.-** Eficiencia de remoción de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor o las normas de reúso. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.12. MANEJO DE AGUAS RESIDUALES.-** Conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia en relación a las aguas residuales. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.13. REUSO DE AGUAS RESIDUALES.-** Utilización de aguas residuales debidamente tratadas para un propósito específico. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.14. SÓLIDOS DISUELTOS.-** Se consideran aquellos que pasan a través de la membrana de filtración. (NORMA OS. 090, 2006).

- 2.3.15. SÓLIDOS SEDIMENTABLES.-** Son aquellos que precipitan bajo acción de la gravedad. La determinación se realiza generalmente en un cono Imhoff dejando la muestra en reposo durante una hora. El resultado se reporta en ml/L.
- 2.3.16. TRATAMIENTO CONJUNTO.-** Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales en la misma planta. Sirve para dimensionar un sistema de remoción (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.17. TRATAMIENTO PRIMARIO.-** Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.18. TRATAMIENTO QUÍMICO.-** Aplicación de compuestos químicos en las aguas residuales para obtener un resultado deseado; comprende los procesos de precipitación, coagulación, floculación, acondicionamiento de lodos, desinfección, etc. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.19. TRATAMIENTO SECUNDARIO.-** Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión. (NORMA OS. 090, 2006).
- 2.3.20. TRATAMIENTO Terciario.-** Proceso de tratamiento fisicoquímico o biológico para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros como:
- remoción de sólidos en suspensión (microcribado, clarificación química, filtración, etc.);
  - remoción de complejos orgánicos disueltos (adsorción, oxidación química, etc.);
  - remoción de compuestos inorgánicos disueltos (destilación, electrodiálisis, intercambio iónico, ósmosis inversa, precipitación química, etc.);
  - remoción de nutrientes (nitrificación-denitrificación, desgasificación del amoníaco, precipitación química, asimilación, etc.). (NORMA OS. 090, 2006).

**2.3.21. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA).**- Es aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente No doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido en sus parámetros aprobados causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales. ( D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, 2009).

**2.3.22. VERTIMIENTO.**- Es cualquier descarga final de un elemento, sustancia o compuesto, que esté contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios, aguas negras o servidas, a un cuerpo de agua (Castañeda, 2008).

## **2.4. MARCO TEÓRICO.**

### **2.4.1. BIOFILTRO CON ENEAS (*Typha Spp.*)**

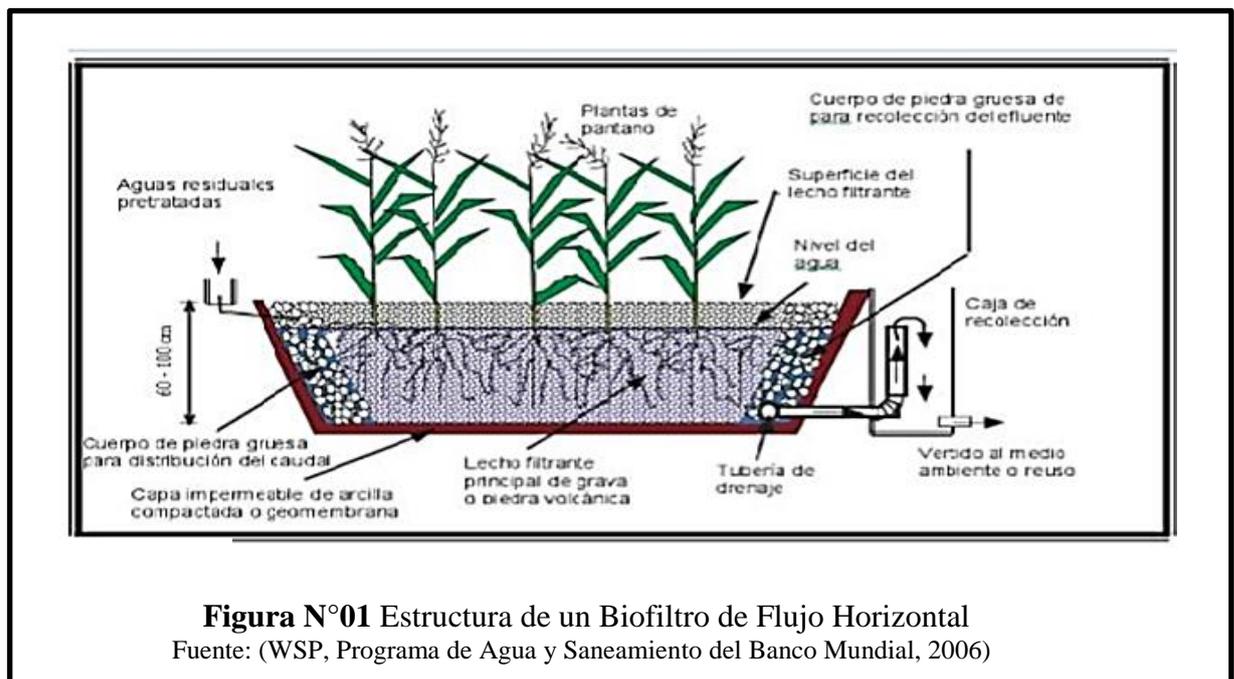
“El tratamiento de las aguas residuales por Biofiltros se basa en los principios de los sistemas naturales, ya que se acercan a lo que ocurre en la naturaleza, por lo que, a pesar de la intervención del hombre, se han catalogado como "sistemas naturales de tratamiento". Por tal motivo, esta tecnología resulta altamente atractiva para ser aplicada en el tratamiento de aguas residuales por su versatilidad y rentabilidad económica.

Los componentes de un Biofiltro son las plantas, el sustrato y la población microbiana. Las plantas pueden ser de diferentes especies y hábitos de enraizamiento y entre sus principales funciones se encuentra la absorción de nutrimentos, la relación simbiótica que se establece con los microorganismos, el suministro de oxígeno y la filtración de partículas (Brix et al. 2001).

Si bien la capa de tierra bajo el agua es anaeróbica, las raíces de las plantas liberan oxígeno en el área que rodea a los vellos radiculares, creando un entorno adecuado para actividades químicas y biológicas complejas. La eficiencia del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre también depende de la buena distribución de agua en la entrada. Las aguas residuales pueden hacer su ingreso en el

humedal haciendo uso de represas o también abriendo hoyos en un tubo de distribución para permitirle ingresar en intervalos regulares.

“Un biofiltro de flujo horizontal consta de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, con un relleno de material grueso (5 a 10 cm de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). La fracción principal del lecho filtrante, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 0.5 a 15 mm de diámetro”.



Las plantas ubicadas en humedales naturales próximas al área seleccionada para el humedal construido son muy provechosas ya que están adaptadas al clima local. Si estas plantas no pueden adquirirse localmente, cualquier planta de humedal puede estar utilizada para tal fin.

“Las Eneas (*Typha Spp.*) Son fuerte, fácil de propagar, y capaz de producir una biomasa anual grande. Típicamente quitan cantidades grandes del nitrato y del fosfato. Juncos (*Schoenoplectus Spp.*, *Scirpus Spp.*) crecen en grupos y crecen bien en agua que tiene una profundidad de 5 cm a 3 m. Estas plantas agresivas logran una eliminación alta de contaminantes. Céspedes de caña (*Phragmites australis*, *Phragmites communis*) son plantas altas con raíces profundas, que permiten más oxígeno a alcanzar la zona de raíz que las dos plantas descritos previamente.”



**Figura N°02** (De la izquierda a la derecha) las Eneas, los Juncos, y Césped Común de Caña.

También es importante mencionar la función que cumplen los microorganismos la cual es de amenguar aeróbicamente (en presencia de oxígeno) y anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno) la materia orgánica contaminante comprendida en las aguas residuales, con lo cual la putrescibilidad en el Biofiltro se reduce en forma significativa. Los sólidos orgánicos suspendidos asociados con las aguas residuales entrantes se acumulan, pero son retenidos dentro del lecho filtrante por un largo tiempo y los constituyentes orgánicos son mineralizados por las bacterias. Los microorganismos también permiten la remoción de nitrógeno mediante el mecanismo de nitrificación– desnitrificación.”

Por otra parte, la impermeabilización de la celda tiene como propósito asegurar la contención de las aguas al interior de las celdas evitando de esta manera infiltraciones que puedan impurificar las aguas subterráneas. Ésta se realiza en los taludes de la zona de entrada y de salida de los laterales y del fondo de la celda. Esto dependerá de las condiciones locales y para ello puede ser suficiente una adecuada compactación del terreno. En otros casos es preciso realizar aportaciones de arcilla o utilizar geo membranas.

#### **2.4.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

Cooper (1996) manifiesta que “cuando el agua llega a una estación depuradora, pasa por una serie de tratamientos que extraen los contaminantes del agua y reducen su peligro para la salud pública. El número y tipo de tratamientos dependen de las características del agua contaminada y de su destino final”.

Los cambios en los niveles de agua afectan la hidráulica, el tiempo de residencia, la difusión de oxígeno atmosférico en la fase de agua y la cubierta vegetal. Cambios significativos en los niveles de agua deben ser investigados de inmediato, ya que puede ser debido a fugas, obstrucción de las salidas, drenaje de aguas pluviales u otras causas (EPA, 2000).

Es uno de los tratamientos más tradicionales, no solamente en el caso de aguas con restos en comunidades urbanas o rurales, sino también en buena parte de las aguas industriales.

En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además, tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas. Atendiendo a cual es dicho aceptor de electrones distinguimos tres casos:

**Sistemas aerobios:** La presencia de  $O_2$  hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.

**Sistemas anaerobios:** En este caso el aceptor de electrones puede ser el  $CO_2$  o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, Metano ( $CH_4$ ). La utilización de este sistema tiene, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible.

Sistemas anóxicos: Se denominan así los sistemas en los que la ausencia de  $O_2$  y la presencia de  $NO_3^-$  hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en  $N_2$ , elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

En el Proceso de remoción físico los Biofiltros son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado. El agua superficial se mueve muy lentamente a través de los Biofiltros, debido al flujo laminar característico y la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas flotantes. La sedimentación de los sólidos suspendidos se promueve por la baja velocidad de flujo y por el hecho de que el flujo es con frecuencia laminar en los humedales artificiales. Las esteras de plantas en los Biofiltros pueden servir como trampas de sedimentos, pero su rol primario es la remoción de sólidos suspendidos para limitar la re-suspensión de material particulado.

La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos es proporcional a la velocidad de particulado fijo y la longitud de los Biofiltros. Para propósitos prácticos, la sedimentación es usualmente considerada como un proceso irreversible, resultando en acumulación de sólidos y contaminantes asociados sobre la superficie del suelo de los humedales artificiales. Sin embargo, la re-suspensión de sedimento puede resultar en la exportación de sólidos suspendidos y reducir algo más bajo la eficiencia de remoción (Benefield, L.D. & Randall, C.W., 1980).

La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los Biofiltros es la captación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de los Biofiltros. Sin embargo, muchas especies de plantas de los Biofiltros son capaces de captar, e incluso acumular significativamente metales tóxicos, como cadmio y plomo.

La velocidad de remoción de contaminante por las plantas varía extensamente, dependiendo de la velocidad de crecimiento de la planta y de la concentración del contaminante en tejido de planta. Las plantas leñosas, es decir, árboles y arbustos,

proporcionan un almacenamiento a largo plazo de contaminantes, comparado con las plantas herbáceas. Sin embargo, la velocidad de captación de la contaminante unidad de área de tierra es, a menudo, mucho más alta para las plantas herbáceas, o los macrophytes, tales como cattail.

Las algas pueden también proporcionar una cantidad significativa de nutrientes captados, pero son más susceptibles a los efectos tóxicos de metales pesados. El almacenaje de alimentos en algas es relativamente a corto plazo, debido al rápido ciclo de rotación (corto ciclo de vida) de algas. Las bacterias y otros microorganismos en el suelo también proveen, captan y almacenan nutrientes a corto plazo, y algunos otros contaminantes. (Benefield, L.D. & Randall, C.W., 1980).

El proceso químico más importante de la remoción de suelos de los Biofiltros es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes. (Benefield, L.D. & Randall, C.W., 1980).

Muchas transformaciones de los nutrientes y del carbono orgánico en humedales son debidas al metabolismo microbiano y están directamente relacionadas con el crecimiento de los microorganismos. Éstos incluyen principalmente bacterias, hongos y protozoarios. (Mena et al., 2008).

Los microorganismos utilizan los nutrientes y el carbono tanto como emisor de energía como para la formación de biomasa microbiana nueva. La velocidad de crecimiento de esta nueva biomasa dependerá tanto de las condiciones ambientales como de la disponibilidad del substrato. La energía es obtenida por la oxidación de compuestos reducidos (dador de electrones) con un oxidante (aceptor de electrones) a través de la cadena respiratoria (Mena et al., 2008).

La mayoría de los procesos son llevados a cabo por bacterias heterótrofas y autótrofas. La degradación aerobia de materia orgánica alcanza mayor energía por unidad de masa de donador de electrones que la nitrificación o cualquier otra degradación orgánica (Mena et al., 2008). Las comunidades de microbios se ajustan a los cambios en el agua que les llega y pueden esparcirse prontamente cuando se tiene energía necesaria.

Mena (2008) menciona “cuando las condiciones medioambientales no son convenientes muchos microorganismos se inactivan, además, la comunidad microbiana de un humedal puede ser afectada por sustancias tóxicas como pesticidas y metales pesados, y debe tenerse cuidado para prevenir que tales sustancias se introduzcan en las cadenas tróficas en concentraciones perjudiciales”

Las biopelículas son conglomerados de grupos complejos de microorganismos donde predominan las bacterias heterótrofas, impartiendo al conjunto adhesión gracias a la producción de polímeros extracelulares, principalmente polisacáridos. Las biopelículas están siempre presentes en superficies expuestas al contacto con el agua como ríos, lagos, mar, sistemas de aguas subterráneas, membranas en los sistemas digestivos de animales, sistemas de distribución de agua, canales de aguas residuales, etc. Las biopelículas se relacionan particularmente con sistemas acuáticos con altos contenidos de nutrientes, especialmente en aguas residuales (Pérez et al., 2006).

Una de las principales características de las biopelículas es su heterogeneidad, lo que las hace organizaciones únicas que pueden estar conformadas por bacterias, hongos y protozoos. Los microorganismos al ser variados dentro de esta organización presentan diferentes microambientes de pH, tensión de oxígeno, concentración de iones, carbono y nitrógeno (Betancourth et al., 2004).

La hidrodinámica juega un papel muy importante para el desarrollo de la biopelículas, ya que estas organizaciones requieren de una interface líquido sólido donde la velocidad del flujo que la atraviesa influye en el desprendimiento físico de los microorganismos. Poseen un sistema de canales que les permiten el transporte de nutrientes y desechos; esto resulta de vital importancia cuando se piensa en modificar el ambiente que prive a los microorganismos de las moléculas necesarias para su desarrollo (Betancourth et al., 2004).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)** La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismo para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Cuando se refiere a la DBO

necesaria para oxidar todo el material orgánico carbonáceo biodegradable, se denomina demanda bioquímica última del oxígeno carbonácea (DBOUC). En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20 °C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg/L (Romero, 2004)”

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Romero, 2004).

La mayor parte de las aguas usadas para acueductos contiene DBO estándar menor de 7 mg/L. Es un parámetro necesario en la evaluación de aguas residuales, de los procesos de tratamiento y de los 10 efectos de contaminación. No se usa como parámetro de control en aguas potables (Romero, 2004).

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente para oxidar la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente oxidante fuerte, por lo general bicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata (Romero, 2002). Compuestos inorgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros pueden causar resultados erróneos de DQO. La interferencia de mercurio se elimina agregando sulfato mercuríco para formar  $HgCl_2$  (Romero, 2004).

Según Romero (2004), “El Nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Las formas de interés en aguas residuales son las de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno en forma de nitritos y nitratos. Todas son formas interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno”. Se nombra NTK nitrógeno total Kendal, al nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal. Los datos del nitrógeno son importantes para realizar la evaluación de la trazabilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos; un agua residual insuficiente de 11 nitrógenos puede necesitar de la adición de nitrógeno

para su conveniente descomposición. En otros casos, cuando se exige control de eutrofización de las fuentes receptoras, la remoción de nitrógeno en el agua residual, puede ser una condición del tratamiento.

Gas de baja solubilidad en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. La solubilidad del oxígeno atmosférico en el agua dulce oscila entre 7 mg/L a 35 °C y 14,6 mg/L a 0 °C para presión de una atmósfera. La baja disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) limita la capacidad auto purificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su disposición en ríos y embalses, La concentración de saturación de OD es función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la salinidad del agua. La determinación de OD es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua.

En general, todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0,5 mg/L. El suministro de oxígeno y la concentración de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de mayor importancia en el diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales. La cantidad de oxígeno que se transfiere al agua residual, en un tanque de aireación de un proceso de lodos activados, debe ser suficiente para satisfacer la demanda microbiana existente en el sistema de tratamiento y mantener un residual de OD generalmente del orden de 2 mg/L. En aguas naturales, para evitar efectos perjudiciales sobre la vida acuática se recomienda emplear concentraciones mayores de 4 mg/L (Romero, 2004).

Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrógeno. Aguas residuales en concentraciones adversas del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, porque predomina el HOCl ; a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica (NH<sub>3</sub>), la cual es toxica, pero también removible mediante arrastre con aire, especialmente a pH de 10,5 a 11,5.

El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5. Para descarga de efluentes de tratamiento secundario se estipula un pH de 6,0 a 9,0; para procesos biológicos de nitrificación se recomiendan valores de pH de 7,2 a 9,0 y para desnitrificación de 6,5 a 7,5 (Romero, 2004).

El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período de 48 horas a 35 °C (o 37 °C). El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la secreción diaria por habitante varía entre 125x 10<sup>9</sup> y 400 x 10<sup>9</sup>. Su presencia en el agua se considera un índice ocurente de la ocurrencia de polución fecal y por lo tanto, de contaminación con microorganismos patógenos.

Afirma Romero (2002) que “en aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de 10<sup>6</sup> /1. La *Escherichia coli* es la bacteria indicadora por excelencia del grupo coliforme fecal, debido a su presencia permanente en la flora intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente; es gram negativa, facultativa anaerobia, de forma bacilar, de 0,5 a 2 µm de 15 tamaños. La mayoría de los miembros de la especie E. coli son comensalitas inocuos, pero algunas cepas son patógenas. La E. Coli patógena causa diarrea, especialmente en niños y en viajeros”.

Existe una gran presión sobre los recursos hídricos a nivel mundial. Según la UNESCO el 69% del agua dulce disponible en el planeta se destina a la agricultura, representa el 23% a la industria y el 8% al consumo doméstico. Diversos aspectos como la mala distribución temporal y espacial o la degradación determinan la actual situación que se resume en un gran desequilibrio entre la oferta existente y la creciente demanda de agua. En países en desarrollo como el nuestro, enfrentaremos una mayor competencia por el acceso al agua en las próximas décadas, debido al crecimiento demográfico, nuevos hábitos de vida y el desarrollo urbano e industrial sin una adecuada planificación. Es decir que se prevé un aumento en la demanda hacia las limitadas fuentes de agua. Así, la búsqueda de fuentes alternativas de agua, sobre todo

para la agricultura, sector que demanda un mayor porcentaje, resulta de gran importancia. UNESCO (2003).

Se pueden definir según (Rodríguez A., Letón P., Rosal R., Dorado M., Villar S. y Sanz J., 2006) distintos tipos de agua residual como aguas residuales urbanas las cuales se les denomina las aguas residuales domésticas, o la mezcla de estas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial, aguas residuales domésticas a las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas (Rodríguez A., et al., 2006) y aguas residuales industriales a todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domesticas ni aguas de escorrentía pluvial(Rodríguez A., et al., 2006).

“Por otra parte, la disposición final de las aguas residuales producidas por las diferentes actividades humanas (principalmente usos domésticos e industriales) representa un problema cuya magnitud está en constante incremento y que se ve agravado cuando se trata de grandes urbes. Encarar este problema plantea un dilema crucial, ya que por un lado, el agua residual se constituye en una fuente alternativa importante para el riego de los cultivos, pero por otro lado, su uso para este fin, sin un adecuado tratamiento, puede constituirse a su vez en un problema mayor, por todos los riesgos que esto supone. En efecto, se han registrado a nivel mundial, muchos casos de brotes de enfermedades, casos de intoxicaciones masivas y se ha propiciado la degradación de diversos cuerpos de agua. (UNESCO, 2003).”

En 2002, las enfermedades diarreicas y el paludismo acabaron con la vida de 3.100.000 seres humanos aproximadamente. 90% de los fallecidos eran niños menores de cinco años. La UNESCO (2014) publicó “se ha estimado que cada año se podría salvar la vida de 1.600.000 personas, si se les ofreciera la posibilidad de acceder a abastecimientos de agua potable e instalaciones sanitarias e higiénicas”

Una de las principales causas de la contaminación de los diferentes cuerpos de agua es la cantidad de nutrientes y materia orgánica que son vertidos en ellos como resultado de las diferentes actividades antropogénicas. El exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, genera un deterioro del recurso hídrico y en

general de los ecosistemas acuáticos debido a la afectación de la calidad fisicoquímica del agua. (Sandoval J., Peña M., 2007).

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha priorizado las acciones la fiscalización ambiental en el manejo de aguas residuales a nivel nacional, situación que involucra principalmente a los gobiernos locales (provinciales y distritales) competentes en dicha materia, debido a la problemática ambiental generada por un déficit en la cobertura y calidad de los servicios de manejo de aguas residuales a nivel nacional. Uno de los principales problemas en el manejo de aguas residuales es la insuficiente cobertura del servicio de alcantarillado. Así, 50 empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) cubren solo al 69,6% de la población urbana en el Perú. Además, existe un déficit en el tratamiento de estas aguas, una práctica vital para evitar la contaminación de ecosistemas y la generación de focos infecciosos que afecten la salud de las personas.

Dicha contaminación es generada principalmente por las aguas residuales que no reciben un tratamiento adecuado dado que en la mayoría de los casos se necesitan sistemas de tratamiento eficientes para el manejo de las aguas residuales que requieren inversiones sustanciales de capital que las comunidades no están en capacidad de pagar. La investigación y desarrollo en el campo de los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales ha sido llevada a cabo principalmente en países con estaciones como Europa y estados unidos. En países tropicales como Colombia, la selección y aplicación de parámetros de diseño de humedales construidos se ha efectuado sin tomar en cuenta las particularidades medioambientales de la región y la caracterización misma del tipo de residuos a tratar (Sandoval J., y Peña M., 2007).

En el Perú, el sector saneamiento, pertenece al sector público. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS, es la encargada de regular, supervisar y fiscalizar el mercado de servicios de agua potable. El Estado promueve la participación del sector privado mediante procesos de concesión a nivel nacional, enmarcado en la Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley N° 26338 y su Reglamento.

En el Perú la sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente, lo cual origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles (LMP), y no se cumplan con los estándares de calidad ambiental (ECA). Esto genera problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población.

La disposición de aguas residuales sin tratamiento alguno y las aguas residuales tratadas inadecuadamente contaminan los cuerpos de agua natural. A su vez, por infiltración en el subsuelo contaminan las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como para la flora y fauna del lugar (OEFA, 2014).

Actualmente, de los 2.2 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de aguas residuales diarias que pasan por las redes de alcantarillado en el Perú, solo el 32% reciben tratamiento antes de ser vertido a los cuerpos de agua natural (mar, ríos, lagos, quebradas). En el caso de Lima, que genera 1.2 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales en los sistemas de alcantarillado, solo el 20% recibe tratamiento. Las aguas hervidas, son altamente dañosas para las personas se encuentran rodeadas de las mismas, más aun si se trata de menores. Como se sabe, todo territorio contiene un fin socio-económico, el cual busca un beneficio dentro de la sociedad en su conjunto, esto justifica la explotación de los recursos dentro de los territorios de cada Estado. Las zonas rurales, suelen encontrarse áreas sin utilizar, y la mayoría de los casos se les da un uso agrícola, para esto, nivelan de a pocos el territorio que utilizan, dejando pequeños montículos de tierra en la zona menos provechosa del mismo territorio que están empleando, a las que llaman “huacas”. Estas huacas, son empleadas para construir casas, colegios, y así se van convirtiendo en centros poblados hasta convertirse en grandes ciudades.

La Institución Educativa “Huaycán” tiene su origen en el centro educativo 1236 “Alfonso Barrantes Lingán” mérito a la RD N°0975-91 del 23 de octubre de 1999, la USE N° 06 mediante la RD N°929-99 del 13 de mayo autorizó el funcionamiento e independización del nuevo centro educativo “Huaycán”. Después de haber culminado la primera etapa de la construcción del nuevo local escolar en un área de 10 000 metros cuadrados, absorbiendo toda la población escolar de la 1236 así como el personal docente y administrativo.

Sin embargo, esta zona, no cuenta con servicio de agua potable constante, existe un pozo que brinda agua al colegio. Esta situación, genera que las aguas se filtren nuevamente al interior de la corteza terrestre, originando tal vez, la filtración en alguna beta de agua, la cual puede ser la beta de consumo de agua de los pobladores de la misma zona, que cuentan con un pozo al mismo nivel para su agua potable.

La gestión de residuos generados en zonas rurales, no está sujeta a una legislación medioambiental. Las aguas no se escapan a esta realidad. Depurar estas aguas ya sea para su vertido o para su reutilización es un imperativo para mejorar la calidad de vida del campesino.

## Capítulo III

### FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 3.1.1. Método.

El presente trabajo de investigación se caracteriza por poseer un diseño No experimental, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” y la investigación es longitudinal porque recolectan datos en distintos momentos o periodos para realizar inferencias respecto al cambio, sus determinantes y derivaciones.

##### 3.1.2. Tipo.

La investigación será aplicada, es decir, el propósito es la resolución de dificultades prácticas inmediatas en orden a transformar las condiciones del acto productivo y a elevar la calidad del producto (Hernández , R.& Fernández , C & Baptista , P, 2010).

##### 3.1.3. Nivel.

El presente estudio es No experimental–Longitudinal

#### 3.2 DISEÑO.

Se utilizará una estadística descriptiva en el cual se utilizó el software Excel 2013 de Microsoft Office para realizar el análisis estadístico de ajuste de los datos a un modelo matemático que pronostico los parámetros de contaminación a través del tiempo utilizando el Eneas como método de tratamiento de aguas residuales.

### **3.3 VARIABLES.**

#### **3.3.1 BIOFILTRO CON ENEAS (*Typha Spp.*)**

Los Biofiltros son sistemas de Fito depuración de aguas residuales. el sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. (Fernández, 2004).

Son filtros que utilizaran materiales orgánicos como eneas, donde el efluente, aguas servidas o residuos líquidos orgánicos, es rociado en la superficie del biofiltro y escurre por el medio filtrante quedando retenida la materia orgánica, la cual es consumida por la actividad microbiológica, oxidándola y degradándola a través de proceso de remoción físicos, Químicos y biológicos.

#### **3.3.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

Los tratamientos biológicos de aguas residuales constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes.

### **3.4 HIPÓTESIS.**

#### **3.4.1 Hipótesis General.**

La implementación de un Biofiltro con Eneas (*Typha Spp*) permite el tratamiento de aguas residuales en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018

### 3.4.2 Hipótesis Específicos.

- A. la relación específica entre los parámetros Fisicoquímicos de las aguas residuales y los Biofiltros con Enea (*Typha Spp.*) en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018 es significativa.
- B. La influencia que existe entre la estructura de sistema de biofiltros con Eneas en el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018 es significativa.

## 3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.

### 3.5.1 Población.

La población de estudio está conformada por 1500 litros de agua residual generada en la institución educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate.

### 3.5.2 Muestra.

Constituida por 750 litros de agua residual la cual será tratada por el Biofiltro y los 750 litros los cuales serán almacenados en una poza para previo tratamiento.

## 3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ACOPIO DE INFORMACIÓN.

### 3.6.1 Técnicas.

- La técnica del análisis documental: Análisis de documentos utilizados para acopiar y procesar información necesaria en fichas resumen relacionado al tema que se investiga.
- La técnica de la Observación de campo: Por medio de la cual, se observará y analizará el desarrollo.

### 3.6.2 Instrumentos.

- Fichaje:
  - ✓ Fichas de registro o localización (Bibliográficas, Hemerográficas e internet)
  - ✓ Fichas de documentación (textuales, resumen, comentario)

- Guía de observación: La observación puede utilizarse como un instrumento en diversas circunstancias, la cual consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta manifiesta. (VER ANEXO N° 4 del presente trabajo)

### 3.6.3 Validez y Confiabilidad

- Para obtener la validez del presente trabajo se procedió a validarlo por revisión bibliográfica relacionada y el seguimiento que se hizo al presente trabajo en el curso de Proyecto de Investigación III en la etapa de formación en la facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
- En lo que respecta la confiabilidad se propone una confiabilidad a juicio de expertos por los catedráticos que siguieron y monitorearon la presente investigación.

## 3.6.4 PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

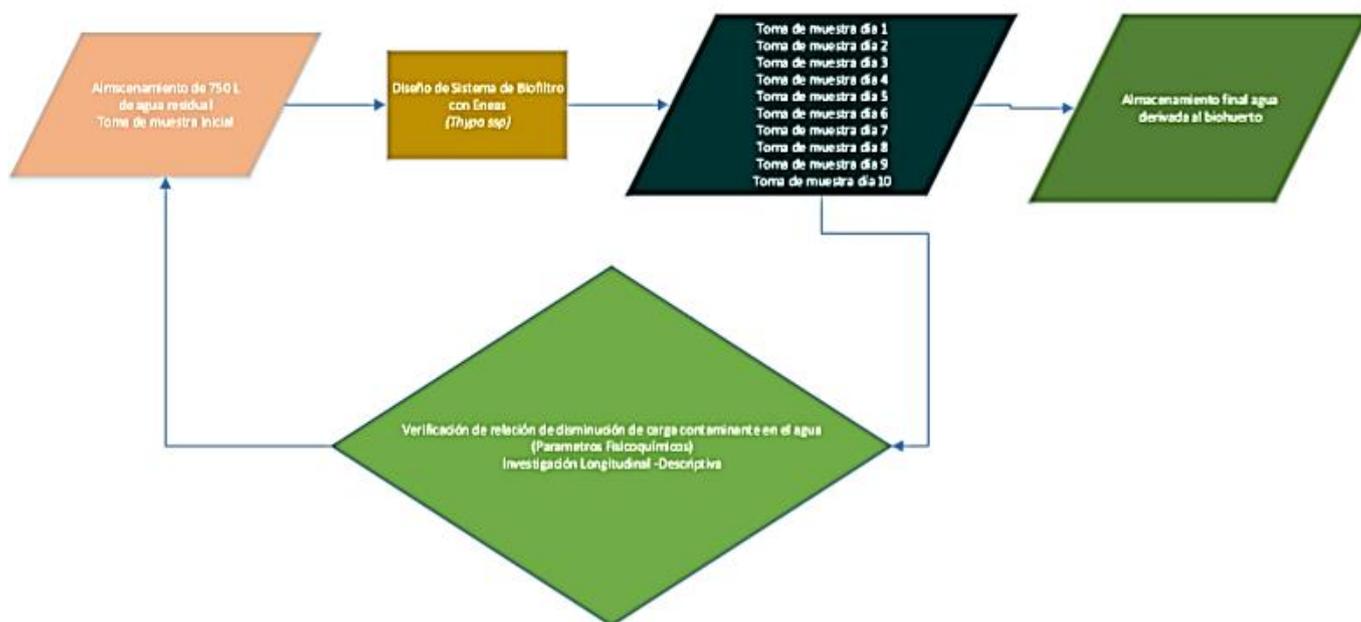
### 3.6.4.1. Metodología de trabajo

- **Para la toma de muestra**: se procedió a tomar muestra del agua residual de institución educativa lugar de estudio para luego aplicar el tratamiento con el biofiltro.
- **Para el traslado y almacenamiento de muestra**: Las muestras fueron trasladadas y tomadas por especialista del laboratorio MINLAB que este certificado para hacer estos tipos de análisis (tanto la muestra inicial sin tratamiento como las diferentes tomas realizadas post tratamiento).
- **Diseño del Sistema de Biofiltros**: Se procedio a diseñar un sistema de biofiltro para un volumen fijo de 750 litros, la cual pasara por las membras semipermeables con cubierta de Eneas (*Typha spp*) por el tiempo de diez días, cada día se tomo muestras del agua y se comparó con la muestra inicial. Se escogió a la Enea

( *Typha Spp*) por ser la macrofitas mas adaptable las condiciones ambientales de la Institución Educativa, esto quiere decir que se implementó un tratamiento de fito depuración de aguas residuales

- El agua almacenada se usará para cultivar algunas verduras propias en la implementación de un biohuerto en la In Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate.

**Figura N° 03** Procedimiento y Análisis de la Información (ver ANEXO N° 8 para mejor visualizacion)



### Procedimiento y Análisis de la Información

Fuente: Elaboración Propia

#### **3.6.4.2. Metodología de análisis de datos**

Se utilizará una estadística descriptiva en el cual se utilizó el software Excel 2013 de Microsoft Office para realizar el análisis estadístico de ajuste de los datos a un modelo matemático que pronostico los parámetros de contaminación a través del tiempo utilizando el Eneas como método de tratamiento de aguas residuales.

#### **3.6.4. Contraste o Comprobación de la hipótesis.**

Previa a la comparación de los resultados finales con las hipótesis planteadas, se realizará la comparación de los resultados del análisis estadístico descriptivo longitudinal para comparar las variaciones de las concentraciones de los principales parametros fisicoquímicos que reflejan disminución de la contaminación en el agua en el tiempo de la aplicación del tratamiento

### 3.6.5. Cronograma de Realización de la Investigación.

ACTIVIDADES	Enero - Febrero 2017	Febr. - Marzo 2017	Marz – Abril 2017	Abril – May 2017	Mayo - Junio 2017	Junio – julio 2017
Planteamiento del Problema						
Adecuación del Título						
Revisión Bibliográfica						
Elaboración de matriz de consistencia						
Recopilación de Información						
Redacción de proyecto						
Presentación de Proyecto						
Obtención de Insumos						
Toma y análisis de Muestras (análisis en laboratorio acreditado) *						
Interpretación de Resultados						
Presentación Final del Proyecto						
Sustentación Final						

\* si bien es cierto la investigación demoro en desarrollar 7 meses se tuvo por cuestiones de permisos con la UGEL N° 6 y adecuar la Institucion Educactiva un periodo de pruebas de analisis antes y despues del tratamiento solo de 10 dias

Fuente: Elaboración propio

## CAPITULO IV

### ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados

Se analizó primeramente la calidad de las aguas residuales obtenidas básicamente de los servicios higiénicos de la Institución Educativa obteniendo los siguientes resultados:

**TABLA N° 01: Resultado de Laboratorio de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018**

Parametros	Unidades	Metodos	Pre-Analysis	LMP
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Filtracion por membrana	10485.3	10000
DBO	mg/L	Volumetrico	845.3	100
DQO	mg/L	Volumetrico	1325.1	200
pH	Unidade	pH-metodo	7.38	6.5-8.5
Solidos Totales en Suspension *	mL/L (mg/L)	Cono IMHOFF	3.3 (3300)	150 (150000)
Temperatura	°C	Electrometrico	27.8	35

\* Los Solidos Totales en Suspension para su mejor compresion estan expresados en mL/L y mg/L siendo el factor de conversion 1000

Fuente: Lab MINLAB (Elaboración Propia)

En la **Tabla N° 01** se puede evidenciar que el agua residual de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate., tiene alto contenido de contaminantes que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles (LMP) , estos expresados en los indicadores fisicoquímicos de DBO y DQO, encontrados dentro del Decreto supremo, presentado por el MINAM, sin embargo, se aprecia que la temperatura , los Sólidos totales por suspensión y el pH se encuentran dentro del rango permitido, porque lo que no son factores determinantes dentro de la investigación.

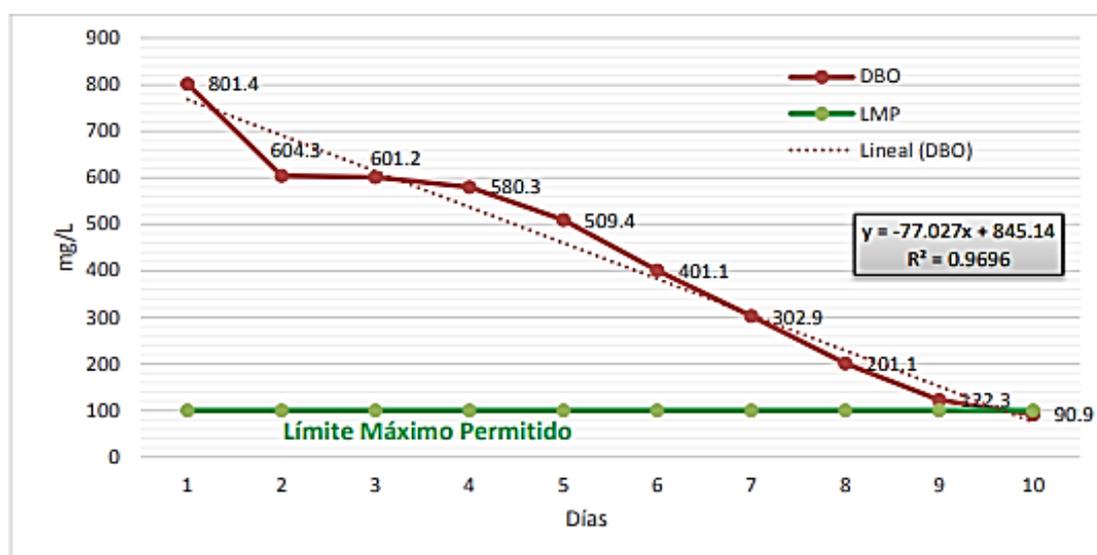
Seguidamente las aguas residuales fueron recirculando al biofiltro para la mejora de la calidad del agua esto se analizó en diez días diferentes como se muestra en los ANEXOS respectivos (ANEXO N° 4) obteniendo los siguientes resultados:

**TABLA N° 02:** Resultado de Laboratorio del DBO de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate 2018

Días	DBO (mg/L)	LMP(mg/L)
1	801.4	100
2	604.3	100
3	601.2	100
4	580.3	100
5	509.4	100
6	401.1	100
7	302.9	100
8	201.1	100
9	122.3	100
10	90.9	100

Fuente: Lab. MINLAB (Elaboración Propia)

Básicamente en la DBO se observó:



**Figura N° 4:** Evolución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018 (Elaboración Propia)

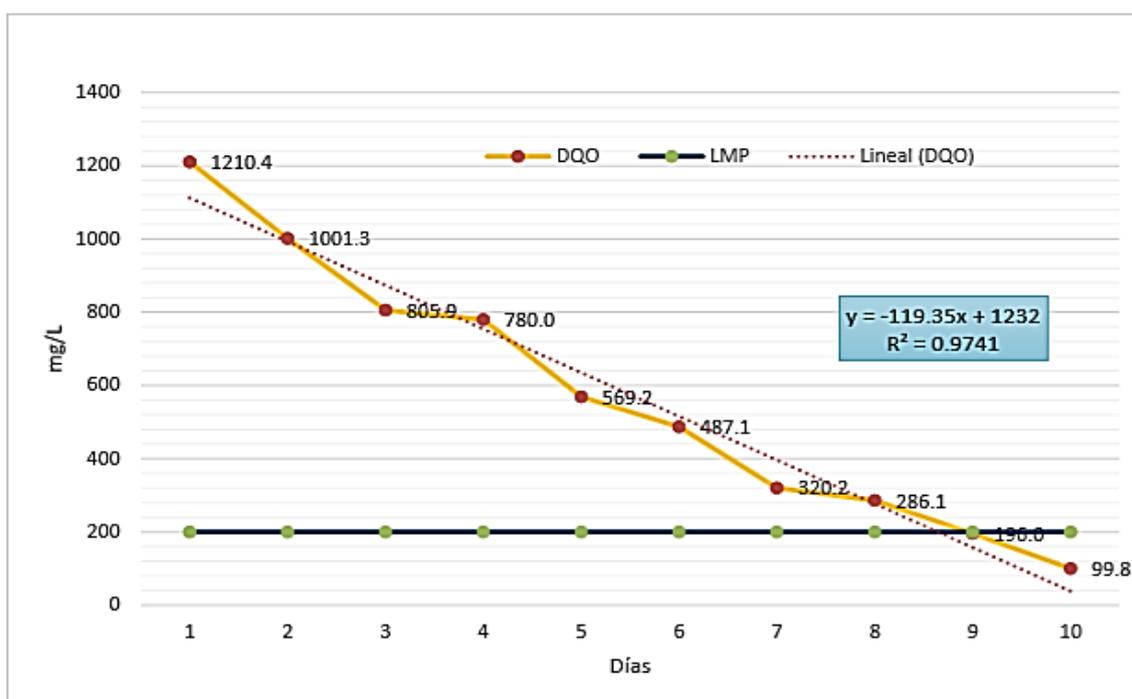
En el **Figura N° 4**, se observa la disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de los 10 días, llegando a 90,9 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 100 mg/L. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la DBO es una recta lineal de pendiente negativa:  $Y = -77,027X + 845,14$  ( $R^2 = 0,9696$ ), que nos asegura que después de los 10 días de tratamiento del agua residual ya podemos tener la DBO dentro de los límites permitidos para el uso de regadío

**TABLA N° 03:** Resultado de Laboratorio del DQO de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto

Días	DQO (mg/L)	LMP(mg/L)
1	1210.4	200
2	1001.3	200
3	805.9	200
4	780	200
5	569.2	200
6	487.1	200
7	320.2	200
8	286.1	200
9	196	200
10	99.8	200

Fuente: Lab.MINLAB (Elaboración Propia)

Básicamente en la DQO se observó:



**Figura N°5:** Evolución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018 (Elaboración Propia)

En la **Figura N° 5**, se aprecia la disminución de la Demanda Química de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de los 10 días, llegando a 99,8 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 200 mg/L. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la DQO es una recta lineal de pendiente negativa:  $Y = -119,35X + 1232$  ( $R^2 = 0,9741$ ), que nos asevera que después de la 9na semana de tratamiento del agua residual ya podemos tener la DQO dentro de los límites permitidos para el uso de regadío. (VER ANEXO 6)

**TABLA N° 04:** Resultado de Laboratorio de los Solidos Totales en Suspensión de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate 2018

Días	SST (mL/L)	LMP(mL/L)
1	3.1	150
2	3.01	150
3	3	150
4	2.3	150
5	2.02	150
6	2	150
7	1	150
8	0	150
9	0	150
10	0	150

Fuente: Lab.MINLAB (Elaboración Propia)

De lo cual se observó:



**Figura N<sup>a</sup> 6:** Evolución de Sólidos Totales en Suspensión (SST), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018 (Elaboración Propia).

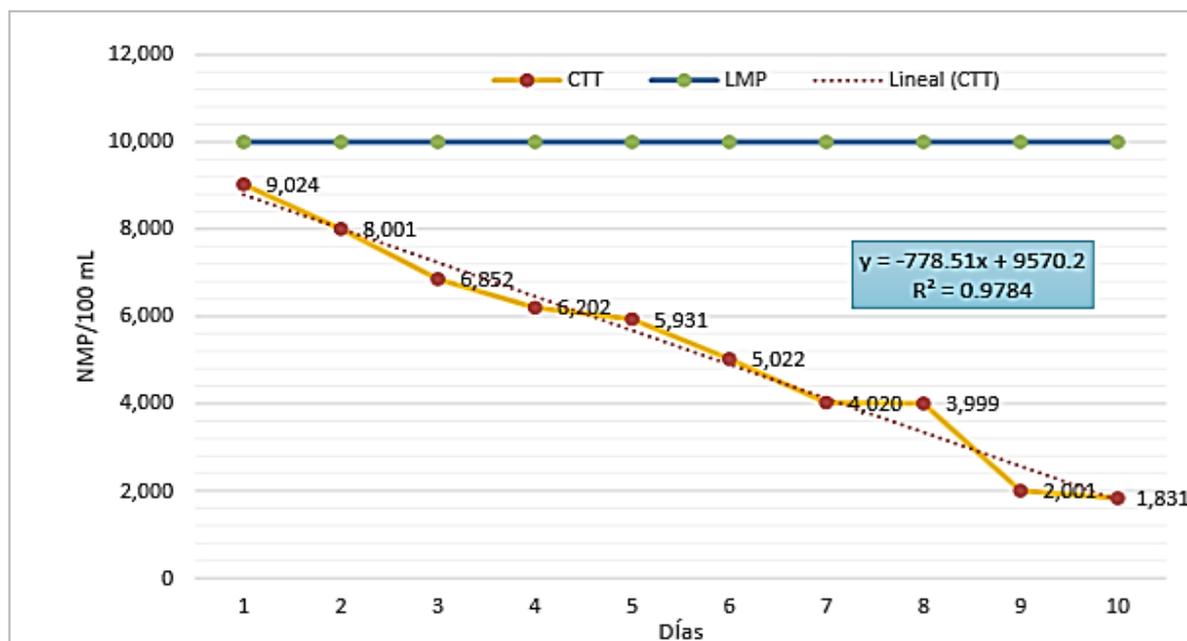
En el **Figura N<sup>a</sup> 6**, se evalúa la disminución de Sólidos Totales en Suspensión en ml/L, a pesar que el agua residual que inicia con 3,2 ml/L está muy por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 150 ml/L. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la disminución de los SST es una recta lineal de pendiente negativa:  $Y = -0,4115X + 3,906$  ( $R^2 = 0,9283$ ).

**TABLA N° 05:** Resultado de Laboratorio de Suspensión Coliformes Termotolerantes (CTT) de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate 2018

Días	CTT (NMP/100 mL)	LMP(NMP/100 mL)
1	9035	10000
2	8001	10000
3	6851	10000
4	6202	10000
5	5931	10000
6	5022	10000
7	4020	10000
8	3999	10000
9	2001	10000
10	1831	10000

Fuente: Lab MINLAB (Elaboración Propia)

De lo cual se observó:



**Figura N°7:** Evolución de Coliformes Termotolerantes (CTT), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018 (Elaboración Propia).

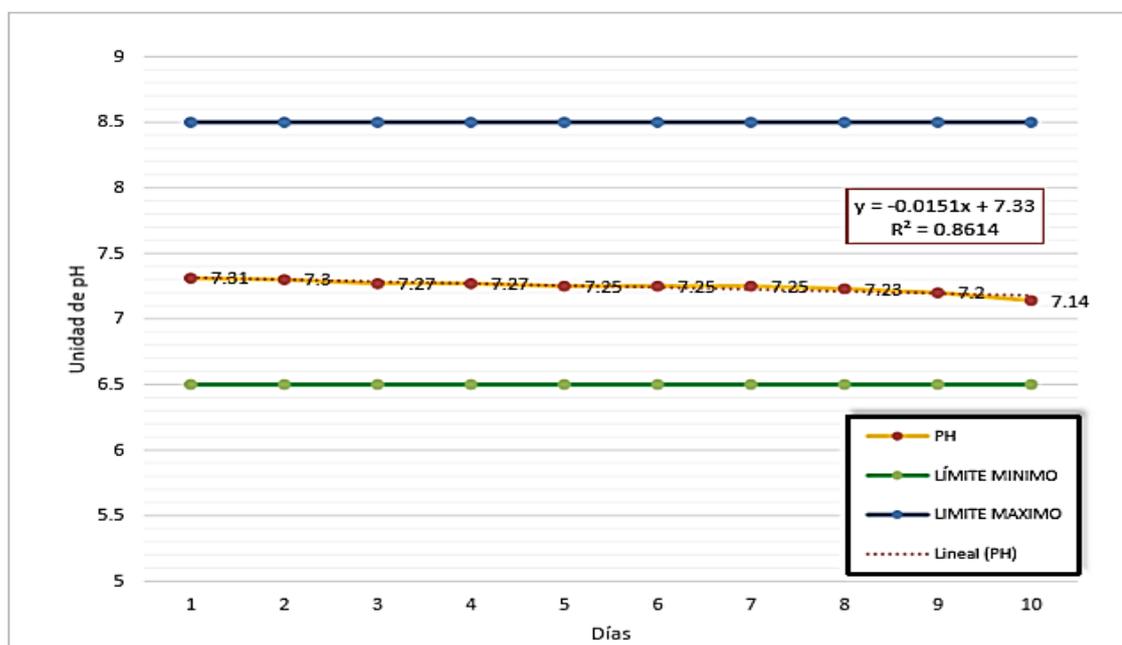
En el **Figura N° 7**, se observa la disminución de Coliformes Termotolerantes (CTT) en NMP/100 ml, a pesar que el agua residual que inicia con 9024 ml/L está ya por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 10000 NMP/100 ml. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la disminución de los CTT es una recta lineal de pendiente negativa:  $Y = -778,51X + 9570,2$  ( $R^2 = 0,9784$ ).

**TABLA N° 06:** Resultado de Laboratorio de pH de las aguas residuales de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018

Dias	pH (Unidad)	LMP min(Unidad)	LMP max (Unidad)
1	7.31	6.5	8.5
2	7.3	6.5	8.5
3	7.27	6.5	8.5
4	7.27	6.5	8.5
5	7.25	6.5	8.5
6	7.25	6.5	8.5
7	7.25	6.5	8.5
8	7.23	6.5	8.5
9	7.2	6.5	8.5
10	7.14	6.5	8.5

Fuente: Lab MINLAB (Elaboración Propia)

De lo cual se observó:



**Figura N°8:** Evolución de pH, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018 (Elaboración Propia).

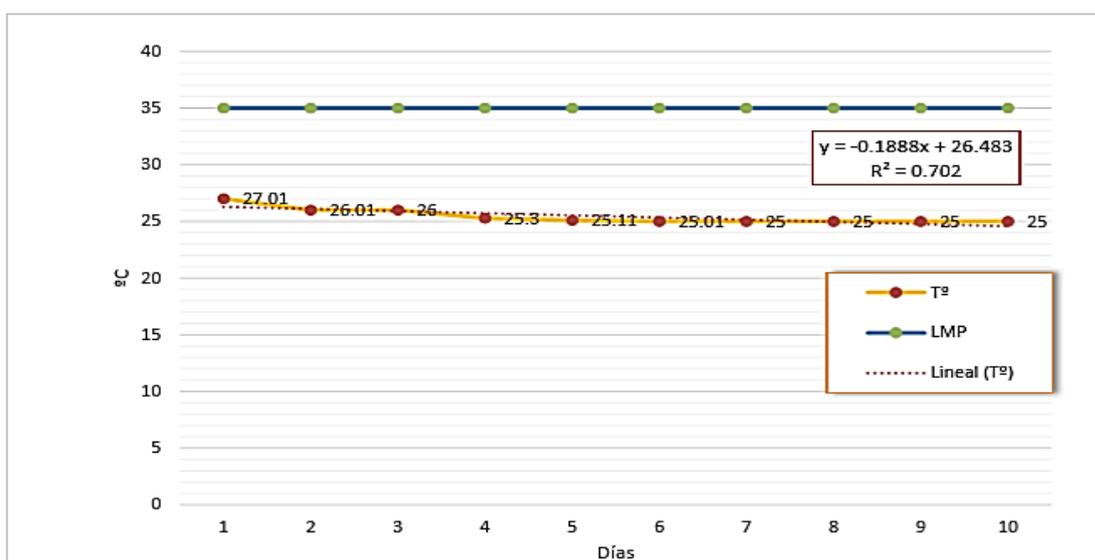
En el **Figura N° 8**, se registra una disminución casi imperceptible de pH en unidades el agua residual que inicia con 7,31 unidades está ya por debajo dentro de los Límites Permitidos por el MINAM que son de 6,5 a 8,5 unidades. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la disminución del PH es una recta lineal de pendiente negativa muy tenue:  $Y = -0,0151X + 7,33$  ( $R^2 = 0,8614$ ).

**TABLA N° 07:** Resultado de Laboratorio de Temperatura de las aguas residuales de 10 días de tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018

Días	Temperatura (° C)	LMP (° C)
1	27.01	35
2	26.01	35
3	26	35
4	25.3	35
5	25.11	35
6	25.01	35
7	25	35
8	25	35
9	25	35
10	25	35

Fuente: Lab MINLAB (Elaboración Propia)

De lo cual se observó:



**Figura N°9:** Evolución de la Temperatura, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate-2018 (Elaboración Propia).

En el **Figura N° 9**, se explora la variación de la temperatura en °C el agua residual que inicia con 27,01 °C ya se encuentra debajo del Límite Permitido por el MINAM que es de 35 °C. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la temperatura semanal es una recta lineal de pendiente negativa muy tenue:  $Y = 0,1888X + 7,326,4833$  ( $R^2 = 0,0702$ ).

## 4.2 Discusión de Resultados

- Del mismo modo que la investigación de MIRANDA (2000), la presente investigación lleva a la conclusión que los Biofiltros correctamente diseñados y construidos, pueden depurar las aguas municipales, rurales, industriales y las de lluvia, y son especialmente eficaces en la eliminación de contaminantes del agua, como son sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, hidrocarburos y metales. Son considerados como tecnología efectiva y segura para poder tratar el agua y garantizar la circulación de la misma, esto si se mantienen y operan de manera adecuada. Dentro de las características físico químicas del efluente luego del tratamiento se tiende a mejorar significativas en cuanto a pH 7.7, DQO 1234 mg/L y conductividad 37.6 ms y esto corresponde al tercer tratamiento.
- Así mismo FERNÁNDEZ et al (2005) menciona que, desde el punto de vista ecológico, Los humedales tienen un papel importante como depuradoras naturales, ya que contribuyen con el mantenimiento de la calidad de aguas superficiales y subterráneas. Opinándose lo mismo del biofiltro con eneas utilizado en la Institución Educativa Colegio Nacional Mixto Huaycan, Ate.
- Tomando en cuenta la investigación de Ñique (2000) donde afirma que las especies de plantas que se introducen para crear un humedal dependen del tipo de humedal que se desea establecer. En este sentido, el clima, salinidad, profundidad y régimen de uso son los factores que van a definir las especies que serán introducidas. Dentro de estas especies las más utilizadas en los humedales artificiales son las plantas macrófitas emergentes, subemergentes y flotantes, ya que son capaces de soportar variaciones en el nivel de agua y, además, poseen la cualidad de poder reproducirse en condiciones con bajos niveles de oxígeno disuelto. En nuestra investigación se utilizaron las Macrófitas *Typha spp* (Eneas) las cuales crecen en la localidad y están adaptadas al clima, tipo de suelo, profundidad y cantidades de agua dependiendo el caudal que exista en su hábitat.
- El uso de las macrófitas elegidas para la investigación, en este caso las eneas (*Typhaspp*), confirma lo realizado por ROSTON et al. (2001) Quienes estudiaron el comportamiento de las macrófitas *Typha Spp* y *Eleochari Spp*, en un sistema natural de depuración de aguas residuales con evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales mostraron en los dos primeros años de funcionamiento una reducción entre el 90% a 97% de SS y entre 60% a 85% de DQO, para unos caudales de 200 l/d. Cuando el caudal fue aumentando a 400 l/d

hubo una reducción entre el 73 al 97% de SS y entre 67 a 97% en DQO, demostrándose en ambas investigaciones que estas plantas son efectivas para la remoción de materia orgánica y contaminantes del agua residual.

- Teniendo en cuenta la investigación de Mara (2000), las aguas residuales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso. Los Contaminantes a evaluar son los que se contempla en el DS 003-2010 que aprueba los límites máximos permisibles (LMP). Se empleó en nuestra investigación una red de alcantarillado para conducir las aguas residuales hacia el humedal así mismo los decretos supremos que aprueban los LMP.
- La disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de las 10 días, llegó a 90,9 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 100 mg/L. La disminución de la Demanda Química de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de los 10 días, llegó a 99,8 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 200 mg/L. Los demás parámetros que indican la contaminación de las aguas residuales tales como Coliformes termotolerantes, Sólidos totales en suspensión, PH y Temperatura, se mantuvieron siempre dentro de los límites permitidos por el MINAM para uso como agua de regadío.

### 4.3. Análisis económico

**Tabla N° 8 Materiales**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO ( SOLES)	SUB TOTAL (SOLES)
1	CD	1.00	1.00
1 MILLAR	PAPEL A4	12.00	12.00
1	MEMORIA USB HP	21.00	21.00
1	LAPTOP ACER	1200.00	1200.00
1	CAMARA	369.00	369.00
SUBTOTAL (SOLES)			1603.00

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 9 Servicios

DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (SOLES)
LUZ	50.00
INTERNET	35.00
IMPRESIÓN	20.00
TRANSPORTE	90.00
TELEFONIA	40.00
ANALISIS EN LABORATIOS CERTIFICADOS	2500.00
<b>SUB TOTAL (SOLES)</b>	<b>2735.00</b>

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 10 Presupuesto

	SUB TOTAL (SOLES)
MATERIALES	1603.00
SERTVICIOS	2735.00
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>4338.00</b>

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.4. Contrastación de Hipótesis

En la Tabla N° 11 – Contrastación de Hipótesis VS Resultados se detalla la veracidad de las hipótesis formuladas.

**Tabla N° 11 - Contrastación de Hipótesis VS Resultados**

HIPÓTESIS PRINCIPAL	RESULTADOS
<p><b>La implementación de un Biofiltro con Eneas (<i>Typha Spp</i>) permite el tratamiento de aguas residuales en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018</b></p>	<p>Los resultados obtenidos muestran que los biofiltros con Eneas permiten el tratamiento de aguas residuales en la Institución Educativa en mención disminuyendo parametros significativamente con es el caso de la DBO y DQO entre otros parametros fisicoquímicos</p>
HIPÓTESIS SECUNDARIAS	
<p><b>La relación específica entre los parámetros Fisicoquímicos de las aguas residuales y los Biofiltros con Enea (<i>Typha Spp.</i>) en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018 es significativa.</b></p>	<p>Se evidencia una relación significativa entre los parametros fisicoquimicos de las aguas residuales de la Institucion Educativa y los biofiltros con Eneas debido a que, los mencionados biofiltros disminuyen las concentraciones de dichos parametros como el DBO ,DQO ,SST , entre otros asegurando la mejora en su calidad ,teniendo mayor éxito en la eliminación de microorganismos termo tolerantes como lo evidencia</p>
<p><b>La influencia que existe entre la estructura de sistema de biofiltros con Eneas en el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018 es significativa.</b></p>	<p>Para obtener una buena depuración de contaminates del agua residual de la Institución Educativa en mención se debe asegurar la estructura y el funcionamiento de los biofiltros para que la depuración del agua sea eficiente</p>

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- 1°. Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica que se realizó, se pudo concluir que una de las mayores dificultades de las pequeñas comunidades es que los gobiernos no tienen como prioridad los tratamientos de aguas residuales en pequeñas comunidades, lo que hace que se presenten problemas de salubridad y enfermedades que afectan la salud pública de la población, en especial la más vulnerable como lo es los niños y los ancianos. Se buscan tratamiento con un elevado costo de mantenimiento que no alcanzan a dar solución a la verdadera problemática de dicha comunidad.
- 2°. Un Biofiltro con Eneas es una forma de solución limpia y económica para el rehusó de las aguas residuales en la actividad de regadío. Este sistema es de bajo Costo de instalación, operación y mantenimientos bajos. Fácil diseño y construcción.
- 3°. Los Biofiltros son muy efectivos en la remoción de la DBO, la DQO, los SST, los metales y algunos compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles es también posible, pero se requiere un tiempo de retención mucho mayor.
- 4°. La *Typha Spp* (Eneas) demostró tener una efectividad satisfactoria en el tratamiento del agua residual en la Institución Educativa Colegio Nacional Mixto Huaycan, Ate, Según los resultados obtenidos y comparados con los Límites Máximos Permisibles se consideran que son significativos.
- 5°. Los valores obtenidos del tratamiento del agua residual mediante *Typha Spp* (Eneas o Aneas), son estimaciones realizadas en función a una pequeña planta piloto. Sin embargo, estos datos pueden ser utilizados en futuros proyectos como valores comparativos o de referencia.
- 6°. Los resultados iniciales y finales producto de los tratamientos fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles, resultando que los valores obtenidos de DBO y DQO para ambos humedales están muy por encima de lo permitido al inicio y al ser tratados por 10 días con el biofiltro con eneas disminuyen estando por debajo o cerca de los LMP. De todas maneras, se concluye que se debe tomar más tiempo para que los resultados puedan ser mucho mejores.

- 7°. Esta es una técnica viable para las pequeñas comunidades vulnerables las cuales carecen de personal especializado para el mantenimiento de los humedales artificiales.
- 8°. Después del tratamiento de las aguas residuales por 10 días con un Biofiltro con eneas y un análisis de DBO y DBQ se concluye que es viable para la remoción de contaminación, así como la disminución de DBO Y DQO tomando en cuenta los LMP.
- 9°. Se reutilizo el agua residual tratada para el regadío de biohuertos en la Institución Educativa Colegio Nacional Mixto Huaycan, Ate

## RECOMENDACIONES

- 1°. Los Biofiltros deben ser evaluados de manera periódica para controlar las condiciones generales del mismo, y así poder notar cambios significativos que puedan ser desfavorables para el tratamiento como la aparición de vegetación indeseable, por lo que la vegetación que se implante debe ser homogénea.
- 2°. Así mismo tomar en cuenta una característica del medio, es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos.
- 3°. Instalar mallas de protección para reducir o evitar la introducción de materiales sólidos en el biofiltro que está tratando las aguas residuales, de acuerdo al espacio donde ha sido instalado.
- 4°. Se debe tener en cuenta la disponibilidad del suelo, así como también el ambiente de dicha localidad y que tipo de vegetación podría ser cultivada en los biohuertos.
- 5°. Para que el proyecto de un Biofiltro con Eneas para el tratamiento de aguas residuales se desarrolle en forma exitosa, se deberá llevar una inspección para evitar algún problema existente tanto en el desarrollo del sistema así como en un futuro luego de estar instalado el biofiltro con eneas.
- 6°. Se invita a los gobiernos locales e instituciones privadas, para que realicen esfuerzos para el diseño e implementación de Biofiltros en las zonas vulnerables, teniendo en cuenta factores más importantes como las condiciones climatológicas, tipos de materiales de la misma zona que puedan tomarse en cuenta para el lecho filtrante, las facilidades para que puedan administrar, operar y realizar el mantenimiento de las plantas brindándoles una capacitación para que comprendan los procesos del sistema, los beneficios para la salud de tratar convenientemente las aguas residuales; así como estimar los costos que generan la implementación que a decir, son muy bajos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. **ÁLVAREZ, J. & BÉCARES, E. (2005)** El papel de la vegetación en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales en Memoria del Encuentro Internacional en Fito depuración, Lorca, España
2. **BENEFIELD, L. & RANDALL, C. (1980)** Biological process design for wastewater treatment. Englewood: Pretice – Hall,
3. **BETANCOURTH M. & BOTERO J. & RIVERA, S. (2004).** Biopelícula: Una comunidad microscópica en desarrollo. Universidad del Valle. Cali. Colombia, vol 35, pp 34-39.
4. **AGÜERO, P.( 2000)** Agua Potable para poblaciones Rurales. Lima: Ser.
5. **ARIAS, O. (2004).** Estudio de la biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya. Departamentd'EnginyeriaHidràulica.
6. **BECARES, E. (2004)** Función de la vegetación y procesos de diseño de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y flujo superficial. En: GARCÍA, J, MORATÓ, J y BAYONA, J. (Ed.), Nuevos criterio para el diseño y operación de humedales construidos (1ª Edición), pp. 51-62. Barcelona, España: CEPET,
7. **BIOFILTRO, (2010).** Obtenido de Biofiltro: <http://www.biofiltro.cl/historia.html> [En Línea] [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2015.]
8. **FERNANDEZ, J. (2004).** Manual de Fitodepuración.Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2004
9. **FERRER POLO, & SECO TORRECILLAS A. (2008)** Tratamiento biológicos de aguas residuales.Valencia: Alfaomega.
10. **GARCÍA, J. & CORZO, A. (2008)** Depuración con humedales construidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial.

11. **HAMMER, D. & BASTIAN, R. (1989)** Wetlands ecosystems: natural water purifiers. Chelsea: Lewis Publishers.
12. **HERNANDEZ, R. & FERNANDEZ, C., & BAPTISTA, M. (2014)**. Metodología de la Investigación. México: McGRAW-HILL.
13. **KADLEC & BASTIACENS, & URBAN. (1993)** Hydrological design of free water surface treatment wetlands. Chelsea: Lewis.
14. **LARA B, J. (1999)** Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Barcelona: Instituto Catalan de Tecnología,
15. **MARSILLI, A. (diciembre de 2005)**. [En Línea] [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2015.] Tierra amor. Obtenido de Tierra amor: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>
16. **MITCH , W. & GOSSELINK , J. . (2001)**. Wetlands. Journal of the American Water Resources Association, 37, 2. 2018 , octubre 20, De National Wetlands Research Center Base de datos
17. **ÑIQUE, A. (2000)**. Humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales. Disponible en: [http://www.Geocities.com/sociedadpga/publicaciones/anoInro1/humedales\\_tratamiento\\_aguas .htm](http://www.Geocities.com/sociedadpga/publicaciones/anoInro1/humedales_tratamiento_aguas .htm). [Recuperado: 12 de marzo de 2010].
18. **ROLIM, S. (2000)** Sistemas de Lagunas de estabilización. Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas. Bogotá: Mcgraw hill,
19. **ROSTON, D. & VALENTIM, M. & MAZZOLA, M. (2001)**. Uso de litos cultivados como alternativa de pos tratamiento de reactor anaerobio. En: IV Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción Chillan, Chile.
20. **RUSSELL, R. (1999)** Natural systems for waste management and treatment wetlands. New York: McGraw Hill.
21. **ARENAS, S. & NUNCIRA A. (2010)** Evaluación De Humedales Artificiales Para El Tratamiento De Aguas Residuales Del Sector Industrial Avícola. Tesis de especialista de Ingeniería Ambiental no publicada, UIS, Bucaramanga, Colombia,

22. **ARIAS, S. & BETANCUR, F. & GÓMEZ, G. & SALAZAR, J. & HERNÁNDEZ, M. (2010).** Fito remediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Técnico*, 74, 12-22.
23. **DELGADILLO, O. & CAMACHO, A. & PÉREZ, L. & ANDRADE, M. (2010).** Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba, Bolivia, 2010.

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1: Matriz De Operacionalización de Variables y de Consistencia de la Investigación**

“BIOFILTRO CON ENEAS ( <i>Typha spp.</i> ) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN, ATE- 2018”	
Título tentativo	
BALVIN SAAVEDRA, Ingrid Katheryne	
Apellidos y nombres	
e-mail	Celular
<b>Situación problemática:</b>	
<p>Una problemática ambiental que se genera es no contar con un tratamiento de aguas residuales por lo cual las aguas residuales de la institución educativa en mención es derivada a una fosa séptica para luego filtrarse al subsuelo para luego ser recolectadas nuevamente mediante bombeo para así nuevamente sean utilizadas como agua para consumo humano, poniendo en riesgo la salud física e integridad de los alumnos y docentes. Esta situación problemática dio paso a la idea de un Biofiltro con eneas (<i>Typha Spp.</i>) para el tratamiento de aguas residuales en la INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN, ATE- 2018, fue la opción más indicada para resolver este problema que acosa a la institución hoy en día</p>	
<b>Problema de investigación</b>	
¿Es posible que la implementación de un Biofiltro con Eneas ( <i>Typha Spp</i> ), permita el tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018?	
<b>Justificación de la investigación</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el campo de la salud el presente estudio contribuye a prevenir y disminuir enfermedades en la comunidad educativa y demás población, la cual presenta una seria problemática al no contar con procesos de tratamiento de aguas. Tecnológicamente la reutilización de las aguas para el regadío de sembrío de hortalizas en la Institución, demanda la implementación de equipos artesanales que garanticen un tratamiento adecuado de las aguas residuales generadas en la institución.</li> <li>• En el campo científico el estudio aporta nuevos conocimientos basados en la línea de investigación que propone nuestra universidad, así mismo la recuperación y mitigación natural local generando inquietud y curiosidad por explorar nuevos conocimientos; cómo podemos ver la implementación de un infiltro puede aportar grandes beneficios tanto en el ámbito de la salud, en lo social, tecnológico, ecológico y científico, llegando a ser un estudio trascendental que puede servir de base para la realización de investigaciones futuras.</li> </ul>	

	Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Ítems
General	¿Es posible que la implementación de un Biofiltro con Eneas ( <i>Typha Spp</i> ), permita el tratamiento de las aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE-2018?	Demostrar que un Biofiltro con Eneas, permitirá el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018	La implementación de un Biofiltro con Eneas ( <i>Typha spp</i> ) permite el tratamiento de aguas residuales en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018	X: BIOFILTRO CON ENEAS ( <i>Typha Spp.</i> ) (variable independiente)	Estructura del sistema	Recogida / recolección	Generales	7
						tratamiento	Generales	9
						evacuación de las aguas residuales	Generales	8
						Fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica	Generales	3
						Logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento	Generales	3
				Y: : TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE (Variable Dependiente)	Parametros Físicoquímicos	Medición de pH	escala	6
						Medición de sólidos totales en suspensión	mL/L	5
						Medición de demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	2
						Medición de demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	1
						Parametros Microbiológico	Presencia de Coliformes termo tolerantes	NMP/100 mL

		<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>
<b>Específicos</b>	1	¿Cuál es la relación específica entre los Parámetros Fisicoquímicos de las aguas residuales y los Biofiltros con Eneas ( <i>Typha Spp</i> ) en la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018?	Identificar la relación existente entre los Parámetros Fisicoquímicos de las aguas residuales y los Biofiltros con Eneas ( <i>Typha Spp.</i> ) en la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018.	la relación específica entre los parámetros Fisicoquímicos de las aguas residuales y los Biofiltros con Enea ( <i>Typha Spp.</i> ) en la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018 es significativa.
	2	¿De qué manera influye la estructura de sistema de biofiltros con Eneas en el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018?	Determinar la influencia que existe entre la estructura de sistema de biofiltros con Eneas en el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018.	La influencia que existe entre la estructura de sistema de biofiltros con Eneas en el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa colegio nacional mixto Huaycan, Ate- 2018 es significativa.

## **ANEXO 2: Evidencias fotográficas**

**PANEL FOTOGRAFICO N° 1**

Institución  
Educativa  
Institución  
Educativa  
“COLEGIO  
NACIONAL MIXTO  
HUAYCAN”, ATE-  
donde se realizó el  
proyecto de Biofiltro  
con eneas para el  
tratamiento de  
aguas residuales.

**PANEL FOTOGRAFICO N° 2**

Se observa a los  
alumnos de la  
institución bebiendo  
y lavándose con el  
agua estancada

**PANEL FOTOGRAFICO N° 3**

La disposición del terreno destinado para el proyecto, así también conjuntamente con los alumnos se realizan las medidas respectivas para la instalación de los cilindros.

**PANEL FOTOGRAFICO N° 4**

Colaboración de los alumnos de la institución Educativa

**PANEL FOTOGRAFICO N° 5**

Se observa el corte de los cilindros los cuales serán dos recipientes que serán la base del biofiltro con enneas, para luego implementar los siguientes componentes

**PANEL FOTOGRAFICO N° 6**

Instalación de tubos y espacios por los cuales se recibirá el agua residual para el tratamiento

**PANEL FOTOGRAFICO N° 7**

Se observa dos entradas en la parte superior por las cuales ingresará el agua residual sin tratar y así mismo dos salidas por la cual saldrá el agua residual tratada, es una parte de lo que será el biofiltro con eneas para su debida instalación en el terreno.

**PANEL FOTOGRAFICO N° 8**

Se observa la implementación de la grava y eneas las cuales son la principal fuente purificadora de las aguas residuales en la institución..

**PANEL FOTOGRAFICO N° 9**

Se observa el monitoreo realizado para el debido funcionamiento del biofiltro con eneas durante los días siguientes, así también se puede ver los cilindros donde se almacenará el agua residual tratada por el biofiltro con eneas para su utilización de áreas verdes..

**PANEL FOTOGRAFICO N° 10**

Se observa a los alumnos comprometidos con el proyecto siempre observando que todo vaya como lo planeado..

**PANEL FOTOGRAFICO N° 11**

Se observa el agua residual ingresando a el biofiltro con eneas para su debido tratamiento.

**PANEL FOTOGRAFICO N° 12**

Terreno disponible para áreas verdes.

**PANEL FOTOGRAFICO N° 13**

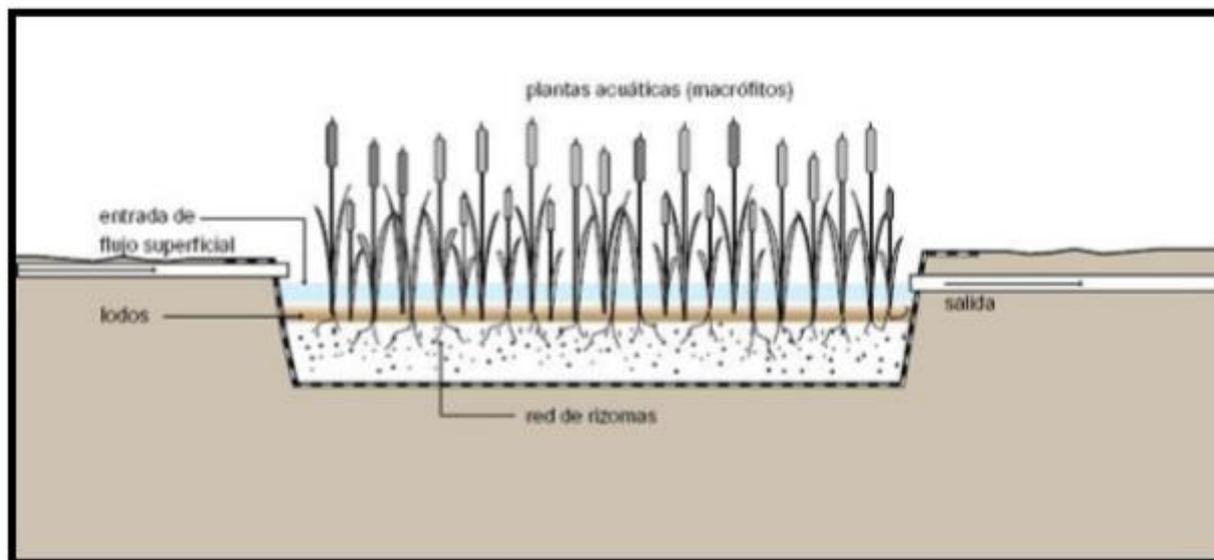
Terreno disponible para áreas verdes.

**PANEL FOTOGRAFICO N° 14**

Se observa diferentes espacios de terreno

## **ANEXO 3: Figuras de los diferentes procesos de biofiltración**

Figura N°10 : Humedal de Flujo Superficial



Fuente: Alianza por el agua, 2011

Figura N°11 : Humedal Artificial de Flujo Sub Superficial Horizontal

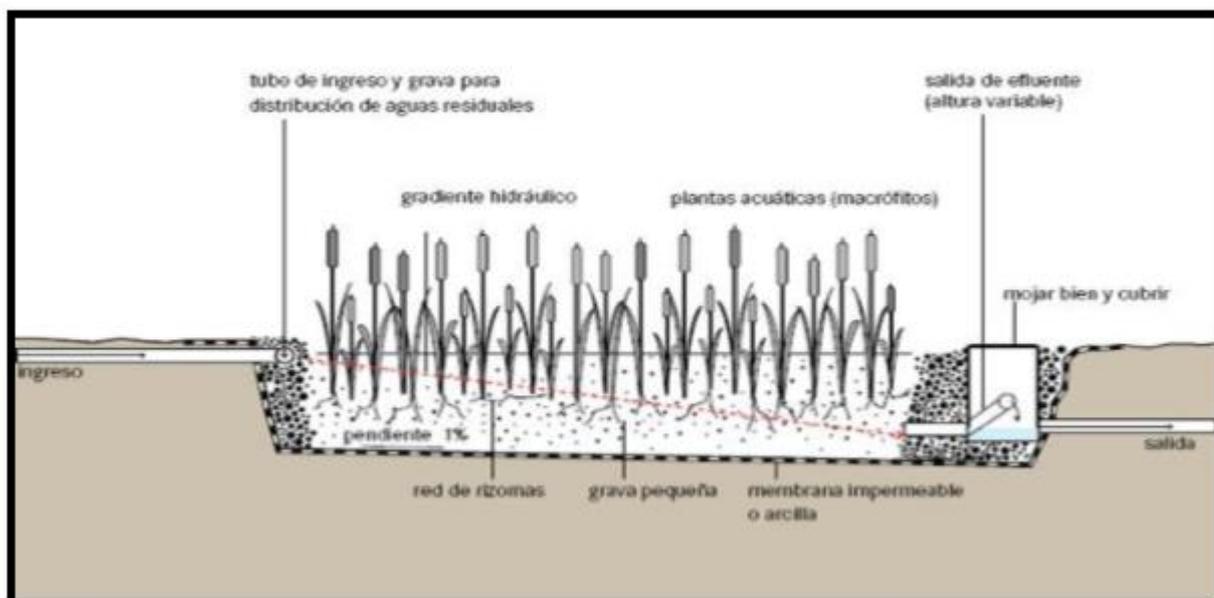
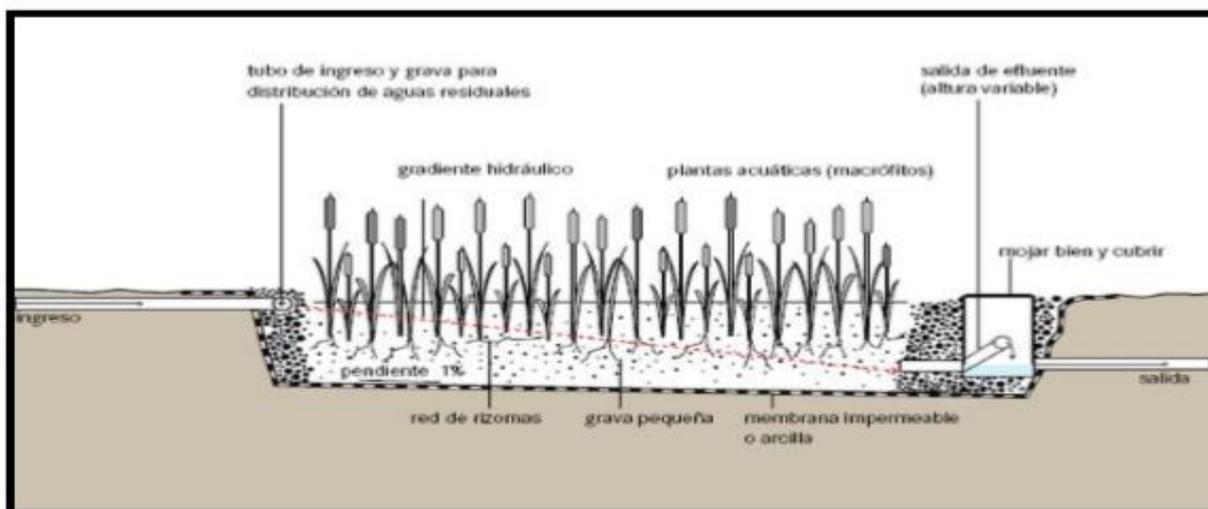
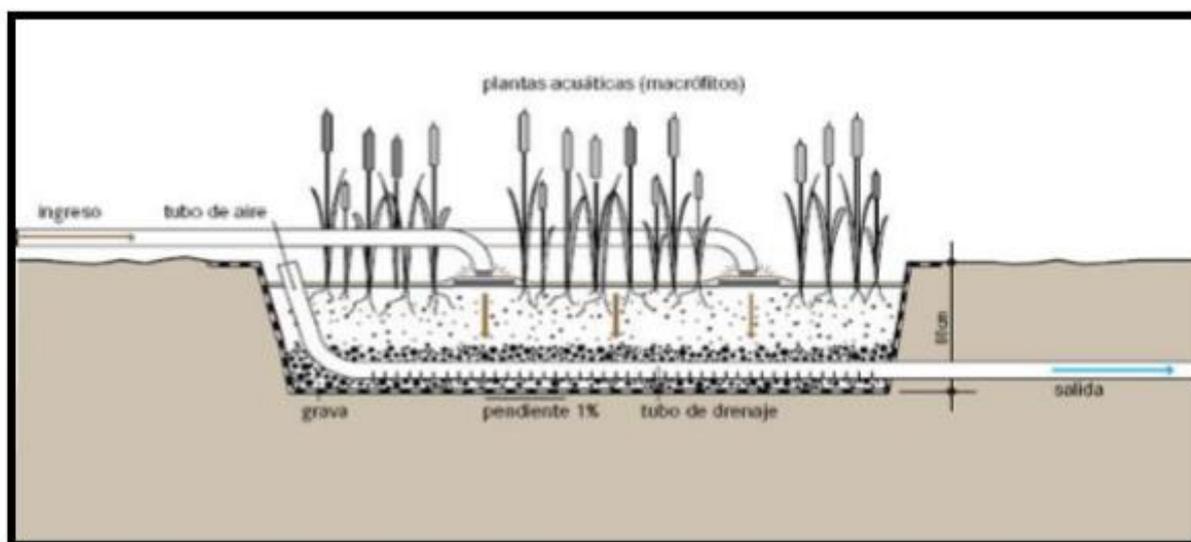


Figura N°12: Humedal de Flujo Sub Superficial Horizontal



Fuente: Alianza por el agua, 2011

Figura N°13 : Humedal de Flujo Sub Superficial Vertical



Fuente: Alianza por el agua, 2011

## **ANEXO 4: Ficha de Registro de Datos de Laboratorio**

**ANEXO 5: DECRETO SUPREMO N° 003-2010-  
MINAM, DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA  
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS  
EFLUENTES DE PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS O MUNICIPALES**

**ANEXO 6: Certificado de trabajo del proyecto en la  
Institución Educativa “COLEGIO NACIONAL  
MIXTO HUAYCAN”, ATE- 2018**

## **ANEXO 7: Plano de la implementación del Sistema de Biofiltro**

## **ANEXO 8: Procedimiento y Análisis de la Información**